



Организация Объединенных Наций

**Доклад Научного комитета
Организации Объединенных
Наций по действию атомной
радиации**

**Пятьдесят шестая сессия
(10–18 июля 2008 года)**

**Генеральная Ассамблея
Официальные отчеты
Шестьдесят третья сессия
Дополнение № 46**



Генеральная Ассамблея
Официальные отчеты
Шестьдесят третья сессия
Дополнение № 46

**Доклад Научного комитета
Организации Объединенных Наций
по действию атомной радиации**

**Пятьдесят шестая сессия
(10–18 июля 2008 года)**



Организация Объединенных Наций • Нью-Йорк, 2008 год

Примечание

Условные обозначения документов Организации Объединенных Наций состоят из прописных букв и цифр. Когда такое обозначение встречается в тексте, оно служит указанием на соответствующий документ Организации Объединенных Наций.

Содержание

<i>Глава</i>	<i>Стр.</i>
I. Введение.....	1
II. Работа Научного комитета Организации Объединенных Наций по действию атомной радиации на его пятьдесят шестой сессии.....	2
III. Стратегический план и программа работы Комитета	4
IV. Научный доклад.....	6
A. Источники радиационного излучения	10
B. Чернобыльская авария.....	27
C. Воздействие на биоту, за исключением людей	31
 Добавления	
I. Члены национальных делегаций, участвовавшие в работе пятидесятой—пятьдесят шестой сессий Научного комитета Организации Объединенных Наций по действию атомной радиации, на которых был подготовлен научный доклад за 2008 год	33
II. Научные работники и консультанты, сотрудничавшие с Научным комитетом Организации Объединенных Наций по действию атомной радиации при подготовке научного доклада Комитета за 2008 год.....	35

I. Введение

1. Источниками радиационного излучения могут быть, например, медицинская диагностика и лечебные процедуры; производство и испытания ядерного оружия; естественное фоновое излучение; производство электроэнергии на атомных электростанциях; аварии, подобные той, которая произошла в Чернобыле в 1986 году; и профессиональная деятельность, связанная с повышенным облучением от искусственных или естественных источников радиации.

2. Задачей Научного комитета Организации Объединенных Наций по действию атомной радиации с тех пор, как он был создан Генеральной Ассамблеей на основании ее резолюции 913 (X) от 3 декабря 1955 года, является проведение широкомасштабных оценок источников ионизирующего излучения и его воздействия на здоровье людей и окружающую среду. В соответствии со своим мандатом Комитет проводит тщательный обзор и оценку случаев радиационного облучения на глобальном и региональном уровнях. Он оценивает данные о последствиях облучения для здоровья, полученные для групп людей, подвергшихся облучению, в том числе для лиц, переживших атомные бомбардировки в Японии. Комитет также анализирует достижения в изучении биологических механизмов возможного влияния радиационного облучения на здоровье или окружающую среду. Такие оценки служат научной основой, в частности, для соответствующих учреждений в рамках системы Организации Объединенных Наций при разработке международных норм безопасности для защиты населения и профессиональных работников от ионизирующих излучений¹; в свою очередь, эти нормы связаны с важными правовыми и нормативными документами.

¹ Международные основные нормы безопасности для защиты от ионизирующих излучений и безопасного обращения с источниками излучения в настоящее время разрабатываются при совместном финансировании Международной организации труда, Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (ФАО), Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ), Агентства по ядерной энергии Организации экономического сотрудничества и развития и Панамериканской организации здравоохранения.

II. Работа Научного комитета Организации Объединенных Наций по действию атомной радиации на его пятьдесят шестой сессии

3. Комитет провел свою пятьдесят шестую сессию в Вене с 10 по 18 июля 2008 года². Функции Председателя, заместителя Председателя и Докладчика выполняли соответственно Норман Джентнер (Канада), Вольфганг Вайс (Германия) и Мохамед А. Гомаа (Египет). Комитет внимательно изучил и одобрил для опубликования пять научных приложений, рассмотренных в последний раз на пятьдесят пятой сессии (21–25 мая 2007 года) и представленных Генеральной Ассамблее в докладе Комитета на этой сессии³. Как сообщалось ранее⁴, Комитет первоначально планировал, что эти документы будут опубликованы в 2005 году.

4. В отношении доклада, содержащего научные приложения, которые были одобрены в 2006 году⁵, Комитет выразил разочарование в связи с тем, что том I не был опубликован до июля 2008 года, а том II, по-видимому, не будет опубликован ранее декабря 2008 года, учитывая, что государства-члены и другие организации⁶ нуждаются в информации, содержащейся в этом докладе, в который члены Комитета вложили свой ценный опыт. Было отмечено, что задержки объясняются, отчасти, дефицитом кадров и отсутствием достаточного, гарантированного и прогнозируемого финансирования.

5. Комитет отметил, что Генеральная Ассамблея в своей резолюции 62/100 от 17 декабря 2007 года обратилась к Генеральному секретарю с призывом принять необходимые административные меры, с тем чтобы секретариат мог надлежащим образом обслуживать Комитет на предсказуемой и устойчивой основе, и просила Генерального секретаря представить Ассамблее на ее шестьдесят третьей сессии всеобъемлющий сводный доклад, подготовленный, при необходимости, в консультации с Комитетом, с изложением финансовых и административных

² В работе пятьдесят шестой сессии Комитета также принимали участие члены Комитета и официальные координаторы по проблемам Чернобыльской аварии из Беларуси, Российской Федерации и Украины; наблюдатели из Беларуси, Испании, Пакистана, Республики Корея, Украины и Финляндии, а также наблюдатели от Программы Организации Объединенных Наций по окружающей среде (ЮНЕП), ВОЗ, МАГАТЭ, Международного агентства по изучению рака, Европейской комиссии, Международной комиссии по радиологической защите, Международной комиссии по радиационным единицам и измерениям, Международной организации по стандартизации и Международного союза радиоэкологии.

³ *Официальные отчеты Генеральной Ассамблеи, шестьдесят вторая сессия, Дополнение № 46 (A/62/46), пункт 3.*

⁴ Там же, *пятьдесят шестая сессия, Дополнение № 46 (A/56/46), пункт 10.*

⁵ Там же, *шестьдесят первая сессия, Дополнение № 46 (A/61/46), пункт 2.*

⁶ На своей пятьдесят первой регулярной сессии Генеральная Конференция МАГАТЭ в своей резолюции GC(51)/RES/11, озаглавленной "Меры по укреплению международного сотрудничества в области ядерной, радиационной и транспортной безопасности и обработки отходов", отмечает, что Секретариат МАГАТЭ начал пересматривать международные основные нормы безопасности для защиты от ионизирующих излучений и безопасного обращения с источниками излучения при участии спонсоров; обращает внимание на доклад Научного комитета Организации Объединенных Наций по действию атомной радиации на его пятьдесят четвертой сессии (*Официальные отчеты Генеральной Ассамблеи, шестьдесят первая сессия, Дополнение № 46 (A/61/46)*); и настоятельно просит Секретариат МАГАТЭ внимательно рассмотреть и обосновать все возможные изменения в Основных нормах безопасности, обеспечивающие соответствие, в частности с докладом Комитета.

последствий расширения членского состава Комитета и штата его профессионального секретариата, а также методов обеспечения достаточного, гарантированного и предсказуемого финансирования. Секретариату предложено содействовать включению мнений Комитета по этим вопросам в доклад Генерального секретаря.

6. Комитет постановил провести свою пятьдесят седьмую сессию в Вене с 25 по 29 мая 2009 года.

III. Стратегический план и программа работы Комитета

7. Комитет разработал стратегический план⁷ с целью обеспечить перспективу и направление для всех видов его деятельности на период 2009–2013 годы, способствовать составлению программы работы секретариата, ориентированной на конечные результаты, содействовать развитию управления достаточными, гарантированными и предсказуемыми финансовыми ресурсами и улучшить планирование и взаимодействие между различными заинтересованными сторонами.

8. Комитет считает своей стратегической целью на рассматриваемый период повышение осведомленности и углубление понимания среди ответственных руководителей, научного сообщества и гражданского общества в том, что касается воздействия ионизирующей радиации и связанных с этим последствий для здоровья человека и окружающей среды как прочной основы для принятия взвешенного решения по вопросам, связанным с радиацией.

9. Было определено, что приоритетными темами на рассматриваемый период будут являться облучение пациентов в медицинских целях, уровни радиации и последствия производства ядерной энергии, облучение, связанное с естественными источниками радиации, а также улучшение понимания последствий радиационного облучения с малой мощностью дозы.

10. Предусматривается ряд изменений в стратегии для того, чтобы лучше удовлетворять запросы государств-членов, в том числе: а) рационализация процесса проведения научных оценок Комитета посредством подготовки кратких, но широкомасштабных обзорных докладов каждые 4–5 лет относительно уровней и последствий радиационного облучения и подготовки в случае необходимости специальных докладов, отвечающих на возникающие проблемы; и создание постоянных экспертных групп для выявления возникающих проблем и сетей образцовых центров для содействия выполнению стратегического плана; б) усовершенствование механизмов для сбора, анализа и распространения информации; с) повышение качества планирования, ориентированного на конечные результаты, включая улучшение координации с другими заинтересованными сторонами для разработки областей взаимодействия и исключения разногласий; и d) повышение осведомленности и расширение масштабов информирования посредством совершенствования веб-сайта Комитета и распространения полученных результатов в легкодоступном формате для лиц, принимающих решения, и общественности.

11. Предполагалось, что в целях выполнения стратегического плана работа Комитета в период между сессиями будет расширяться и будут предприниматься шаги для рассмотрения как обеспокоенности Комитета по поводу того, что в своем секретариате ему приходится полагаться только на одного сотрудника категории специалистов, в связи с чем Комитет остается весьма уязвимым с точки зрения способности эффективно осуществлять его утвержденную программу работы; так и методов для обеспечения достаточного, гарантированного и предсказуемого финансирования в соответствии с требованиями резолюции A/RES/62/100 Генеральной Ассамблеи.

⁷ Документ можно получить по запросу в секретариате Комитета.

12. В рамках программы будущей деятельности Комитет решил немедленно начать работы по оценке уровней облучения при производстве энергии и его последствий для здоровья человека и окружающей среды; оценке неопределенности при определении радиационного риска; возможности отнесения последствий для здоровья на счет радиационного облучения эффектов облучения (в ответ на пункт 6 резолюции 62/100 Генеральной Ассамблеи); совершенствованию своей методики для оценки облучения, связанного с выбросами из ядерных установок; проведению обзоров последствий облучения; и совершенствованию механизмов для сбора, анализа и распространения информации. В зависимости от наличия средств могут начаться и другие работы по изучению биологического воздействия основных внутренних источников излучения, облучения пациентов в медицинских целях, повышенных доз облучения от естественных источников радиации в связи с деятельностью человека, по информированию общественности и разработке базы знаний по уровням и воздействию радиации. Комитет предоставил секретариату полномочия на выполнение необходимых действий для реализации стратегического плана и будущей программы работы.

IV. Научный доклад

13. Настоящий доклад и приложения к нему подготовлены в период между пятидесятой и пятьдесят шестой сессиями Комитета на основе документов, подготовленных секретариатом. Функции Председателя, заместителя Председателя и Докладчика на этих сессиях выполняли соответственно:

<i>Сессия</i>	<i>Председатель</i>	<i>Заместитель Председателя</i>	<i>Докладчик</i>
Пятидесятая	Ж. Липстейн (Бразилия)	И. Сасаки (Япония)	Р. Чаттерджи (Канада)
Пятьдесят первая	Ж. Липстейн (Бразилия)	И. Сасаки (Япония)	Р. Чаттерджи (Канада)
Пятьдесят вторая	И. Сасаки (Япония)	Р. Чаттерджи (Канада)	П. Бернс (Австралия)
Пятьдесят третья	И. Сасаки (Япония)	П. Бернс (Австралия)	Н. Джентнер (Канада)
Пятьдесят четвертая	П. Бернс (Австралия)	Н. Джентнер (Канада)	Х. Штреффер (Германия)
Пятьдесят пятая	П. Бернс (Австралия)	Н. Джентнер (Канада)	В. Вайс (Германия)
Пятьдесят шестая	Н. Джентнер (Канада)	В. Вайс (Германия)	М. Гомаа (Египет)

14. Фамилии членов национальных делегаций, присутствовавших на этих сессиях, приведены в Добавлении I. Комитет хотел бы выразить признательность за вклад в обсуждение вопросов, внесенный представителями специализированных учреждений Организации Объединенных Наций и других организаций. Комитет хотел бы также с благодарностью отметить работу небольшой группы консультантов, оказавших помощь в подготовке материала (см. Добавление II). Они отвечали за подготовку предварительной оценки необходимой технической информации, которая легла в основу завершающей работы Комитета.

15. При выполнении своей работы Комитет давал научную оценку рассматриваемого материала, стремясь занять независимую и нейтральную позицию при формулировании своих выводов. В соответствии со сложившейся практикой полученные выводы представляются в настоящем докладе. Вспомогательные научные приложения предназначены для научного сообщества и будут опубликованы отдельно как издание Организации Объединенных Наций, предназначенное для продажи.

Краткий обзор

16. Все время, пока люди живут на Земле, они подвергались воздействию ионизирующего излучения от естественных источников, хотя на уровень облучения может влиять деятельность человека. Кроме того, за прошедшее столетие появились новые искусственные источники излучения. Последние оценки уровней радиационного облучения и тенденций по их изменениям были даны Комитетом в его докладе за 2000 год⁸. В настоящем докладе эти оценки уточнены и расширены, а в таблице 1, ниже, приведена сводка уточненных значений среднегодовых доз и диапазонов облучения от всех источников⁹.

⁸ Официальные отчеты Генеральной Ассамблеи, пятьдесят пятая сессия, Дополнение № 46 (A/55/46).

⁹ Обсуждение понятия "доза радиации" см. в пункте 26, ниже.

Таблица 1
**Средние годовые дозы и диапазоны изменения индивидуальных доз
 ионизирующего излучения для разных источников**
 (Миллизиверты^a)

<i>Источники или режим</i>	<i>Средняя годовая доза (по всему миру)</i>	<i>Типичные диапазоны изменения индивидуальных доз</i>	<i>Замечания</i>
Естественные источники излучения			
Вдыхание (газ радон)	1,26	0,2–10	Доза намного выше в некоторых зданиях.
Внешний наземный источник	0,48	0,3–1	Более высокий уровень дозы в некоторых местах.
Попадание радиоактивных веществ при приеме пищи и воды	0,29	0,2–1	
Космическая радиация	0,39	0,3–1	Доза увеличивается с высотой.
Всего по естественным источникам	2,4	1–13	Значительные группы населения получают 10–20 миллизивертов (мЗв).
Искусственные источники излучения			
Медицинская диагностика (не терапия)	0,6	0–несколько десятков	Средние значения для различных уровней развития здравоохранения лежат в интервале от 0,03 до 2,0 мЗв; средние значения для некоторых стран выше, чем значения для естественных источников; индивидуальные дозы зависят от конкретных видов обследования.
Ядерные испытания в атмосфере	0,005	Сохраняются повышенные дозы вблизи мест испытаний.	Среднее значение упало с пикового уровня 0,11 мЗв в 1963 году.
Облучение на рабочем месте	0,005	~0-20	Средняя доза для всех работников составляет 0,7 мЗв. Большая часть средней дозы и большинство высоких доз облучения связаны с естественной радиацией (в частности, радон в шахтах).
Чернобыльская авария	0,002 ^b	В 1986 году средняя доза для более 300 000 ликвидаторов составила около 150 мЗв; более 350 000 жителей получили дозы, превышающие 10 мЗв.	Среднее значение в северном полушарии уменьшилось с максимума 0,04 мЗв в 1986 году. Дозы на щитовидную железу были намного выше.

<i>Источники или режим</i>	<i>Средняя годовая доза (по всему миру)</i>	<i>Типичные диапазоны изменения индивидуальных доз</i>	<i>Замечания</i>
Ядерный топливный цикл (облучение населения)	0,0002 ^b	До 0,02 мЗв для критических групп населения на расстоянии 1 км от местоположения некоторых ядерных реакторов.	
Всего по искусственным источникам	0,6	От близких к нулю до нескольких десятков	Индивидуальные дозы зависят, в первую очередь, от медицинского лечения, доз облучения на рабочем месте и близости к местам испытаний или аварий.

^a Единица измерения эффективной дозы.

^b Глобально рассеянные радионуклиды. Значение для ядерного топливного цикла отражает максимальную годовую дозу на душу населения в будущем в предположении, что этот процесс будет продолжаться 100 лет, и учитывает, в основном, глобально рассеянные долгоживущие радионуклиды, выделяющиеся в процессе переработки ядерного топлива и эксплуатации атомных электростанций..

17. К основным естественным источникам излучения относятся космическая радиация и природные радионуклиды, обнаруженные в почвах и горных породах. Уровни космической радиации достигают больших значений на высотах полета реактивных самолетов, чем на поверхности Земли. В уровнях внешнего облучения за счет природных радионуклидов наблюдаются значительные колебания (в среднем до ста раз) в зависимости от места. К важным радионуклидам относится радон – газ, выделяющийся при распаде природного урана в почве и просачивающийся в дома. Дозы облучения за счет вдыхания радона для людей, живущих и работающих в помещениях, колеблются в широких пределах в зависимости от геологии местности, конструкции зданий и уклада жизни домашнего хозяйства: на его долю приходится около половины средней дозы, получаемой человеком от естественных источников.

18. Комитет оценил дополнительные дозы радиации, связанные с военной и мирной деятельностью. Ядерные взрывы в атмосфере проводились в ряде мест, в основном, в северном полушарии, причем периоды наиболее активных испытаний приходились на 1952–1958 и 1961–1962 годы. Радиоактивные выпадения, связанные с этими испытаниями, до сих пор представляют собой источник постоянного облучения, хотя и с весьма низкой интенсивностью. Существует проблема в связи с возвращением населения на территории, где проводились ядерные испытания, поскольку в некоторых местах отмечаются значительные остаточные концентрации радиоактивных веществ. Люди, проживающие вблизи от мест, где производились ядерные материалы и оружие, также подвергаются облучению. Использование обедненного урана в военных целях, в частности в бронебойных боеприпасах, создало проблемы остаточного загрязнения; однако дозы радиации при этом, как правило, пренебрежимо малы.

19. Что касается мирного использования радиации, то здесь несомненно преобладает облучение в медицинских целях. Облучение в медицине почти всегда добровольное, причем оно приносит прямую пользу облучаемому пациенту.

Независимо от уровня здравоохранения в той или иной стране медицинское использование радиации продолжает расширяться по мере развития и все более широкого распространения соответствующих технологий; в настоящее время каждый год в мире проводится около 3,6 миллиарда радиологических обследований. В странах с высоким уровнем здравоохранения воздействие, связанное с медицинским применением, в среднем составляет сегодня около 80 процентов от воздействия, вызванного естественными источниками.

20. Выработка электрической энергии атомными электростанциями устойчиво росла с 1956 года. В ядерный топливный цикл входят добыча и обогащение урановой руды; производство топлива; выработка энергии в ядерном реакторе; хранение или переработка облученного топлива; а также хранение и утилизация радиоактивных отходов. Дозы облучения для жителей значительно различаются для разных типов установок, но они обычно невелики и заметно уменьшаются с удалением от конкретной установки. Дозы от ядерных энергетических реакторов для местного населения и населения в регионе уменьшаются со временем из-за снижения уровня выбросов.

21. При анализе воздействия на рабочих местах основное внимание как обычно уделялось искусственным источникам радиации; однако сейчас считается, что очень большое число работников подвергается облучению от естественных источников. Дозы облучения на рабочих местах на коммерческих атомных электростанциях стабильно снижались в последние три десятилетия, хотя и со значительными различиями в этом процессе в зависимости от типа реактора. Оценки уровней облучения, связанных с ядерным топливным циклом, обычно более надежны и обстоятельны по сравнению с оценками для других видов использования радиации. И наоборот, мониторинг и сообщения об облучении на рабочих местах в медицинской сфере и в промышленности отличаются меньшей полнотой. Хотя средние дозы облучения работников во всех профессиональных группах за последние два десятилетия значительно снизились, уровни облучения на рабочих местах за счет естественных источников радиации изменились незначительно.

22. Произошло лишь небольшое количество аварий, связанных с ядерным топливным циклом, и они привлекли широкое внимание общественности. Однако более ста аварий произошли с промышленными и медицинскими источниками, особенно с установками, называемыми "безнадзорными" (то есть без контроля со стороны регулирующих органов), и эти аварии причинили вред здоровью работников и простых жителей. Несчастные случаи могут происходить также при использовании радиации в медицинских целях, как правило, в связи с ошибками человека и сбоями техники в радиотерапии. Хотя известно, что аварии с безнадзорными источниками или аварии, связанные с применением радиации в медицине, участились, имеющиеся цифры, по-видимому, занижены и, возможно, весьма значительно, поскольку о таких авариях не всегда сообщается.

23. Авария на Чернобыльской атомной электростанции в 1986 году была самой серьезной в истории гражданской ядерной энергетики. Двое работников умерли от прямых последствий аварии, а 134 сотрудника станции и аварийных рабочих получили острую лучевую болезнь, которая привела к смерти 28 из них. Позже к работам по ликвидации последствий были привлечены несколько сотен тысяч человек. Имеется ряд сообщений о повышении частоты заболеваемости лейкемией и катарактой среди лиц, получивших повышенные дозы радиации в 1986 и 1987 годах; кроме этого сейчас нет иных каких-либо надежных данных о других последствиях

облучения для здоровья людей. При перемещениях радиоактивного облака, возникшего в результате аварии, произошло выпадение значительных количеств радиоактивных веществ на больших территориях бывшего Советского Союза и в других частях Европы, что привело к загрязнению почвы, воды, а также заражению биоты, и вызвало особенно серьезные социальные и экономические бедствия среди больших групп населения в странах, известных сегодня как Беларусь, Российская Федерация и Украина. Среди людей, которые были детьми или подростками на пострадавших территориях бывшего Советского Союза в 1986 году, было зарегистрировано с тех пор более 6000 случаев рака щитовидной железы (к настоящему времени отмечено лишь небольшое число летальных исходов), значительная доля которых может быть отнесена на счет употребления молока, загрязненного короткоживущим радионуклидом, а именно йодом-131. В долгосрочном плане обычное население также подвергалось облучению (хронического типа с низкой интенсивностью), однако пока нет надежных данных о каких-либо других последствиях радиации для здоровья простых людей.

24. В своем научном докладе за 1996 год Комитет оценил уровни облучения, ниже которых воздействие на популяции биологических видов, кроме человека, представляется маловероятным. С тех пор Комитет проанализировал подходы к оценке доз облучения для биологических видов, кроме человека, а также новую научную информацию о радиобиологическом воздействии облучения на растения и животных (в частности, на основании продолжающихся наблюдений за экологическими последствиями Чернобыльской аварии). В настоящем докладе не приведены данные, указывающие на необходимость пересмотра выводов, сделанных в докладе за 1996 год, о том что не следует ожидать каких-либо последствий при уровнях хронических доз облучения ниже 0,1 миллигрея в час или при дозах острого облучения ниже 1 грея для особей в популяции, подвергшейся наиболее сильному облучению.

A. Источники радиационного излучения

25. Все вещества состоят из атомов. Некоторые атомы устойчивы в естественных условиях, а другие неустойчивы. Радиоактивность относится к природным явлениям и наблюдается, когда атом с неустойчивым ядром спонтанно преобразуется с выделением энергии в виде ионизирующего излучения. Такие нестабильные элементы известны как радионуклиды и являются "радиоактивными". Высвобожденные потоки радиации могут проявляться в виде частиц (в том числе, электронов, нейтронов и альфа-частиц) или электромагнитного гамма-излучения или рентгеновских лучей, причем с различными уровнями энергии. Радиационное излучение может также генерироваться искусственно с помощью специальных установок.

26. При прохождении ионизирующего излучения через вещество, в том числе сквозь живые ткани, излучение выделяет энергию, в конечном счете, приводящую к ионизации и возбуждению в веществе. Количество выделенной энергии, деленное на массу облученной ткани, называется поглощенной дозой и обычно измеряется в единицах, известных как миллигреи. Биологические разрушения, вызванные радиацией, связаны с количеством выделенной энергии. Однако при оценке потенциальных биологических разрушений учитывается тот факт, что различные виды радиации оказывают разное биологическое воздействие при одном и том же

количестве выделенной энергии, и то, что ткани также реагируют по-разному. В радиологической защите применяется взвешенная количественная величина, называемая эффективной дозой, которая представляет собой наиболее часто используемый показатель потенциального биологического эффекта для человека, вызванного воздействием ионизирующей радиации. Эффективная доза (здесь просто "доза") обычно измеряется в миллизивертах (мЗв). Общая доза облучения, полученная группой людей, называется коллективной дозой и выражается в человеко-зивертах (чел-Зв). В качестве точки отсчета для последующих сравнений отметим, что средняя годовая глобальная доза на душу населения за счет естественного фонового излучения составляет 2,4 мЗв, а соответствующая годовая коллективная доза для населения Земли за счет естественного фонового излучения составляет около 16 миллионов чел-Зв.

1. Естественные источники

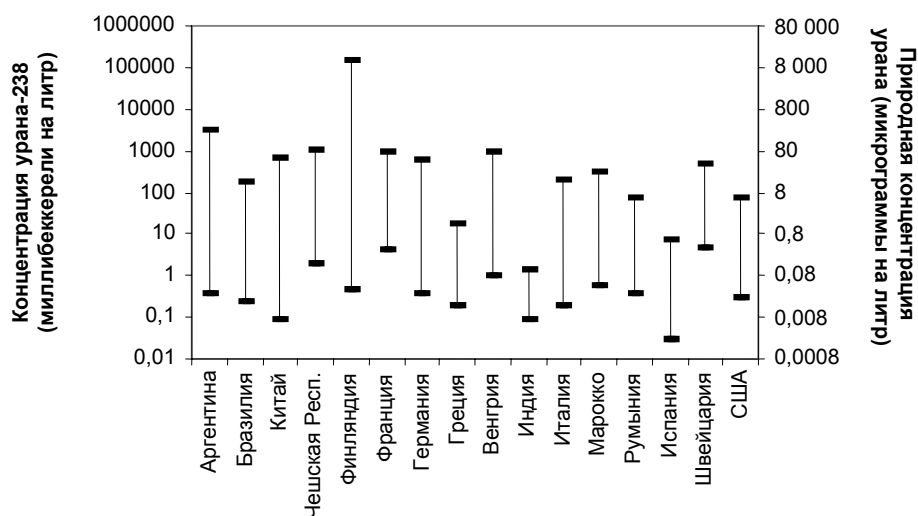
27. Для большинства людей облучение за счет естественной фоновой радиации представляет собой максимальную составляющую их общего радиационного облучения. Хотя источники радиации являются естественными, на получаемые дозы влияет деятельность человека, простейшим примером которой является проживание в домах. Строительные материалы служат экраном от радиации со стороны земли, однако они сами могут содержать радионуклиды, усиливающие облучение. Кроме того, в зданиях может накапливаться газ радон, что также увеличивает дозы по сравнению с дозами облучения на открытом воздухе.

28. Воздействие космической радиации (то есть радиации, возникающей в космическом пространстве) в значительной степени ослабляется атмосферой Земли; на уровне моря на нее приходится около 15 процентов общей дозы от естественных источников радиации, на больших высотах и особенно в космическом пространстве она является преобладающим источником радиации. На высотах полета коммерческих самолетов средняя мощность дозы составляет 0,003–0,008 мЗв/ч, что примерно на два порядка больше чем на уровне моря.

29. Все вещества внутри и на поверхности Земли содержат радионуклиды. Так называемые первичные радионуклиды, обнаруженные в земле (калий-40, уран-238 и торий-232), вместе с радионуклидами, образующимися в процессе их распада, излучают радиацию. Оценки уровней внешнего облучения¹⁰ меняются в широких пределах в зависимости от места. В некоторых конкретных местах концентрации радионуклидов имеют настолько высокие уровни, что соответствующие мощности дозы могут в сто раз превышать глобальное среднее значение. Эти и некоторые другие радионуклиды, формирующиеся при взаимодействии космических лучей с атмосферой Земли, также присутствуют в пище и питье и таким образом попадают в организм. Концентрации естественных радионуклидов в окружающей среде колеблются в широких пределах (см. рис. I). Основная часть дозы от этого внутреннего облучения¹⁰ связана с калием-40.

¹⁰ Внешнее облучение – это радиационное облучение, приходящее извне тела человека, в то время как внутреннее облучение связано с радиацией, создаваемой радиоактивными веществами внутри тела.

Рисунок I

Изменчивость уровней естественных концентраций урана в питьевой воде

Источник: Вертикальные отрезки представляют собой интервалы значений, замеренные в конкретной стране. Заметим, что масштаб по вертикальным осям увеличивается на коэффициент 10.

30. Одним из радионуклидов, образующихся при цепочке распада урана-238, является радон-222 (или просто радон). Этот газ входит в качестве обычного компонента в почвенный газ и просачивается в здания. При вдыхании радона некоторые короткоживущие продукты его распада задерживаются в легких и облучают клетки тканей дыхательного тракта. Уровни концентрации радона резко меняются в зависимости от локальной геологической структуры подстилающих пород и других факторов, таких как проницаемость почвы, конструкция здания, климат и уклад жизни домашнего хозяйства. Были осуществлены широкомасштабные программы измерений, которые сформировали базис для реализации мер по снижению концентраций радона в зданиях. На долю радона приходится около половины средней дозы облучения от естественных источников радиации.

31. Оценки средних годовых и индивидуальных доз ионизирующей радиации, связанных с облучением от всех естественных источников излучения, приведены выше в таблице 1.

2. Искусственные источники

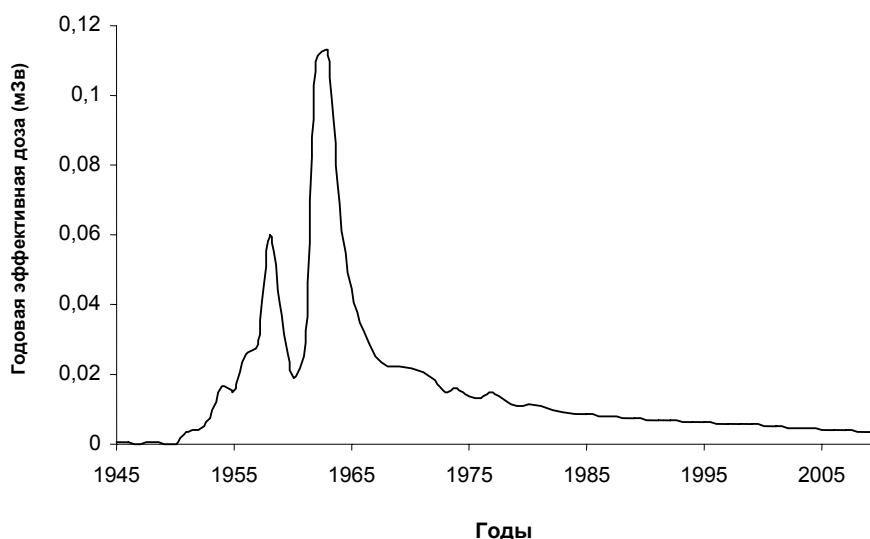
а) Облучение в результате военной деятельности

32. Испытательные ядерные взрывы в атмосфере проводились в ряде мест, в основном, в северном полушарии, в период между 1945 и 1980 годами. Периоды наиболее активных испытаний приходились на 1952–1958 и 1961–1962 годы. Всего было проведено 502 испытания при суммарной мощности 434 мегатонны в тротиловом эквиваленте. По оценкам, годовая эффективная доза на душу населения

ионизирующей радиации, связанная с глобальными радиоактивными осадками в результате испытаний ядерного оружия в атмосфере в 1963 году достигла максимума, равного 0,11 мЗв, а к настоящему времени упала примерно до 0,005 мЗв (см. рис. II). Интенсивность этого источника облучения в будущем будет снижаться очень медленно, поскольку сейчас это связано в основном с долгоживущим радионуклидом углеродом-14.

Рисунок II

Ожидаемая годовая эффективная доза ионизирующей радиации на душу населения во всем мире в связи с испытаниями атомных бомб, 1945–2005 годы



33. Люди, живущие вблизи мест проведения испытаний, также подвергались облучению из-за локальных радиоактивных осадков. В связи с тем, что места проведения и характеристики испытаний существенно различались, дозы можно оценивать только для каждого конкретного случая после весьма подробных исследований на каждом месте. Многие из этих исследований проводились в конце 1990-х и в первые годы текущего десятилетия и продолжают до сих пор. Очевидно, что некоторые люди, проживающие вблизи мест проведения испытаний получили в ходе этих экспериментов очень большие дозы облучения. Сейчас существуют проблемы в связи с повторным использованием территорий проведения ядерных испытаний, поскольку уровни остаточного загрязнения в некоторых природных средах могут быть весьма высокими

34. В период с 1962 по 1990 годы после подписания Договора 1963 года о запрещении испытаний ядерного оружия в атмосфере, в космическом пространстве и под водой¹¹, как правило, ежегодно проводилось до 50 и более подземных взрывов; после этого было проведено лишь несколько испытаний. Большинство подземных взрывов имели мощность намного меньшую, чем при испытаниях в атмосфере, причем все радиоактивные продукты взрыва обычно удерживались, за исключением

¹¹ United Nations, *Treaty Series*, vol. 480, No. 6964.

случаев выпуска или просачивания газов в атмосферу. В результате этих испытаний образовалось очень большое количество радиоактивных остатков, однако можно считать, что они не приводят к облучению населения, поскольку находятся глубоко под землей и по существу сплывались с вмещающими породами.

35. В дополнение к собственно испытаниям оружия, установки, на которых производились ядерные материалы и оружие, стали еще одним источником радиоактивных выделений, ведущих к радиационному облучению местного населения.

36. В число побочных продуктов обогащения урана входит обедненный уран, имеющий меньшую радиоактивность, чем природный уран. Наиболее опасным его свойством является химическая токсичность. Во всех случаях, кроме нескольких конкретных сценариев (таких как длительная переработка), дозы облучения должны быть пренебрежимо малыми).

b) Облучение в результате мирных видов деятельности

i) Радиационное облучение пациентов

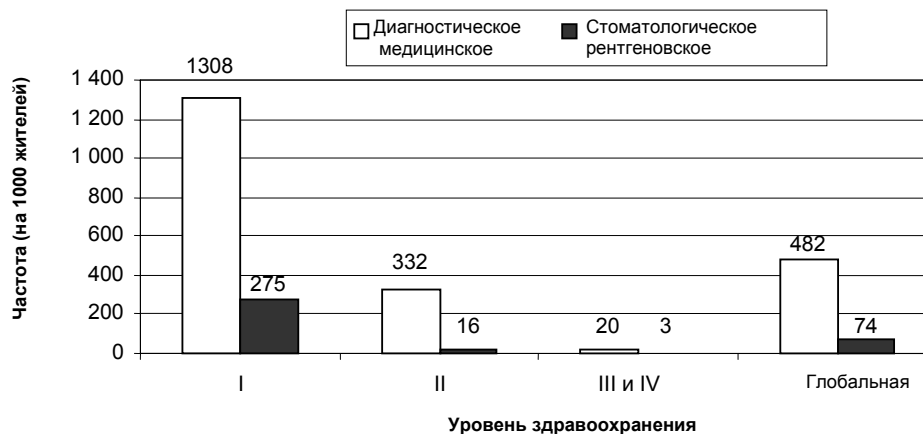
37. Облучение пациентов ионизирующим излучением связано с диагностической радиологией, медицинской радиологией и радиотерапией. Комитет провел изучение практики облучения в медицинских целях за период 1997–2007 годы. Данные этого обследования в определенной степени ограничены, поскольку большинство ответов получены из сравнительно более развитых стран. Непосредственное сравнение доз, полученных в результате облучения в медицинских целях, с дозами от других источников нецелесообразно, так как пациенты получают прямую пользу от их облучения, и, кроме того, они могут быть больны или иметь больший возраст, чем обычное население. По существу, расширение масштаба применения облучения в медицинских целях можно связать с растущей выгодой для здоровья населения.

Облучение в целях медицинской диагностики

38. Со времени предыдущего обзора (охватывающего период 1991–1996 годов) общее число диагностических медицинских обследований (как диагностических, так и стоматологических), по оценкам, возросло с 2,4 миллиардов до 3,6 миллиардов, то есть примерно на 50 процентов. Как и в предыдущих докладах Комитета, данные группируются в соответствии с уровнем здравоохранения в странах (I, II, III или IV, при этом уровень I является максимальным, а IV – минимальным, а за критерий принимается число врачей на душу населения). На рис. III приведены сводные данные за период 1997–2007 годов о распределении годового количества медицинских рентгеновских обследований по каждому уровню здравоохранения. Как можно видеть из рисунка, частота таких обследований в странах с уровнем здравоохранения I (на которые приходится 24 процента населения планеты) более чем в 65 раз превышает такую частоту в странах с уровнями здравоохранения III и IV (где проживают 27 процентов населения планеты). Значительные диспропорции в уровне медицинского обслуживания отражаются также на доступности рентгеновского оборудования и врачей.

Рисунок III

Средняя годовая частота диагностических медицинских и стоматологических рентгеновских обследований для каждого уровня здравоохранения, 1997–2007 годы



39. В таблице 2 показаны тенденции в применении диагностической радиологии и соответствующие дозы облучения.

Таблица 2

Тенденции в радиационном облучении в результате проведения диагностической радиологии

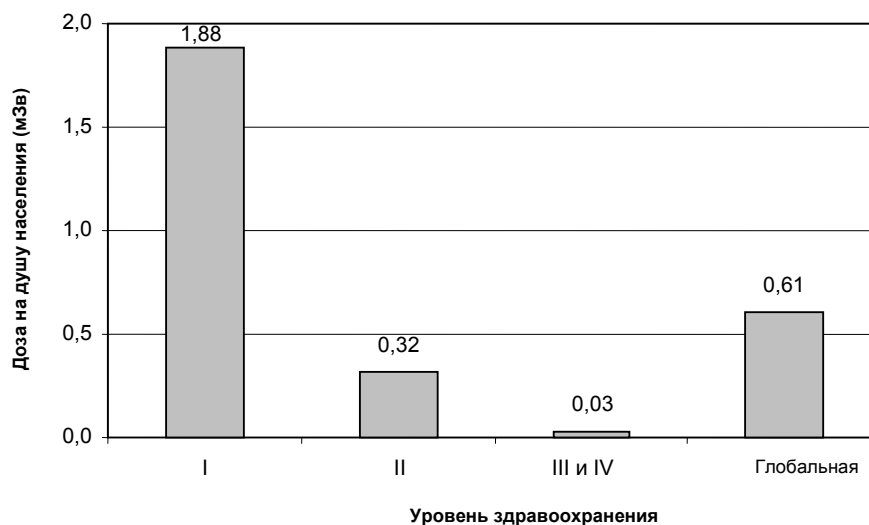
Год, соответствующий докладу Комитета, в котором приведены данные обзора	Количество обследований (миллионы)	Коллективная эффективная доза (чел-Зв)	Годовая доза на душу населения (мЗв)
1988	1 380	1 800 000	0,35
1993	1 600	1 600 000	0,3
2000	1 910	2 300 000	0,4
2008	3 100	4 000 000	0,6

40. В качестве одного из элементов этой тенденции следует отметить появление новой рентгеновской технологии (в частности, компьютерное томографическое сканирование) с высокой дозой облучения, которое приводит к весьма быстрому росту годового количества таких процедур во многих странах и соответственно к значительному увеличению коллективных доз. В результате в некоторых странах впервые в истории сложилась ситуация, когда годовая коллективная доза ионизирующего излучения и доза на душу населения в связи с проведением сеансов диагностической радиологии превысила соответствующие значения от доминировавшего ранее источника (естественная фоновая радиация).

41. Со времени последнего обзора, выполненного Комитетом, общая коллективная эффективная доза в результате медицинских диагностических обследований выросла, по оценкам, на 1,7 млн. чел-Зв – с 2,3 млн. до 4 млн. чел-Зв, что соответствует увеличению примерно на 70 процентов. На рис. IV показаны за период 1997–2007 годов средние годовые эффективные дозы излучения для разных уровней здравоохранения и для всего населения планеты в связи с диагностическими медицинскими и стоматологическими рентгеновскими обследованиями.

Рисунок IV

Средняя годовая эффективная доза ионизирующего излучения в связи с медицинскими диагностическими и стоматологическими рентгеновскими обследованиями для разных уровней здравоохранения, 1997–2007 годы

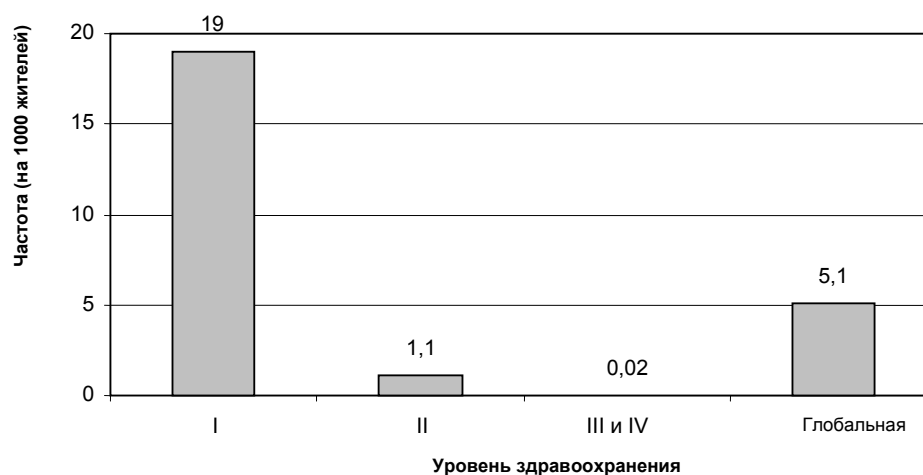


Медицинская радиология

42. По оценкам, в настоящее время каждый год в мире проводится 32,7 миллионов диагностических радиологических медицинских обследований, что соответствует приросту в 0,2 миллиона обследований в год или 1 проценту со времени обзора 1991–1996 годов. За тот же период коллективная эффективная доза, связанная с радиологическими медицинскими обследованиями, возросла со 150 000 до 211 000 чел-Зв, что соответствует приросту в 52 000 чел-Зв или около 35 процентов. На население, проживающее в странах с уровнем здравоохранения I, приходится около 90 процентов всех обследований с использованием медицинской радиологии. На рис. V приведены сводные данные о годовой частоте радиологических медицинских обследований для разных уровней здравоохранения.

Рисунок V

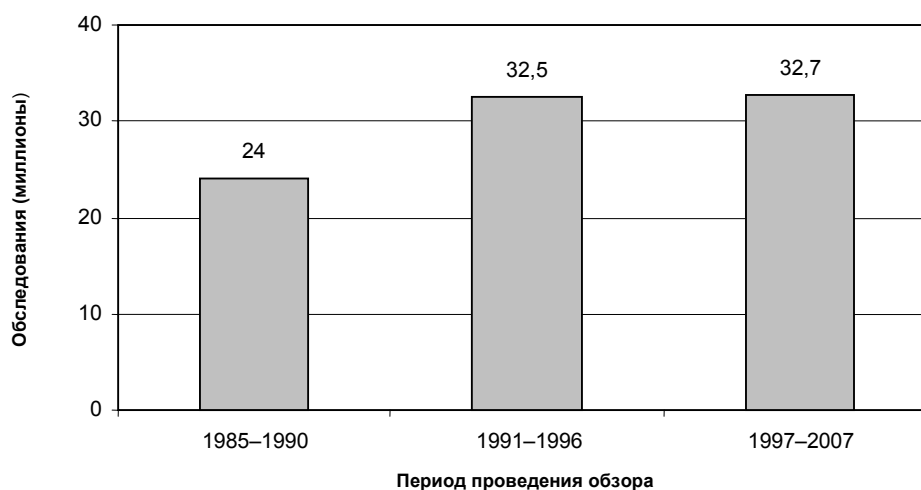
Годовая частота диагностических радиологических медицинских обследований для каждого уровня здравоохранения, 1997–2007 годы



43. Ожидаемое число выполняемых ежегодно диагностических радиологических медицинских обследований возросло за последние три периода проведения обзоров (1985–1990, 1991–1996 и 1997–2007 годы), как показано на рис. VI.

Рисунок VI

Ожидаемое число проводимых ежегодно диагностических радиологических медицинских обследований, 1985–1990, 1991–1996 и 1997–2007 годы



Радиационная терапия

44. Расчетные годовые данные по самым распространенным видам радиационной терапии для каждого уровня здравоохранения на период 1997–2007 годов показаны в таблице 3. Как можно видеть, на население стран с уровнем I приходится около 70 процентов всех случаев радиотерапевтического лечения. Согласно расчетам, 5,1 миллиона курсов радиотерапии проводились ежегодно с 1997 по 2007 годы по сравнению с 4,3 миллиона в 1988 году. Около 4,7 миллиона этих курсов лечения включали телетерапию и 0,4 миллиона – брахитерапию.

Таблица 3

Расчетные годовые данные по проведению радиотерапии^a в мире, 1997–2007 годы

Уровень здравоохранения	Население (миллионы)	Терапия		Брахитерапия ^b		Все случаи радиотерапии	
		Годовое число случаев лечения (миллионы)	Число случаев лечения на 1000 человек	Годовое число случаев лечения (миллионы)	Число случаев лечения на 1000 человек	Годовое число случаев лечения (миллионы)	Число случаев лечения на 1000 человек
I	1 540	3,5	2,2	0,18	0,12	3,6	2,4
II	3 153	1,2	0,4	0,20	0,06	1,4	0,4
III	1 009	0,06	0,06	(<0,05) ^c	(<0,01) ^c	0,1	0,06
IV	744	(0,03) ^c	(<0,01) ^c	(<0,01) ^c	(<0,005) ^c	(0,03) ^c	(0,01) ^c
В мире ^d	6 446	4,7	0,73	0,4	0,07	5,1	0,8

Источник: Обзор Комитета по использованию радиации в медицинских целях и дозам облучения, 1997–2007 годы.

^a Полные курсы лечения.

^b Не считая лечения радиофармацевтическими препаратами.

^c Принятое значение при отсутствии данных.

^d Глобальные данные включают несколько стран, не представленных в уровнях I-IV.

Резюме

45. В таблице 4 представлены сводные данные по расчетным значениям годовых коллективных эффективных доз ионизирующего излучения в медицинских целях за период 1997–2007 годов. Почти 75 процентов глобальной коллективной эффективной дозы, вызванной облучением в медицинских целях, приходится на страны с уровнем здравоохранения I (то есть страны сравнительно более развитые).

Таблица 4

Расчетные годовые коллективные эффективные дозы ионизирующей радиации, вызванные облучением в медицинских целях, 1997–2007 годы

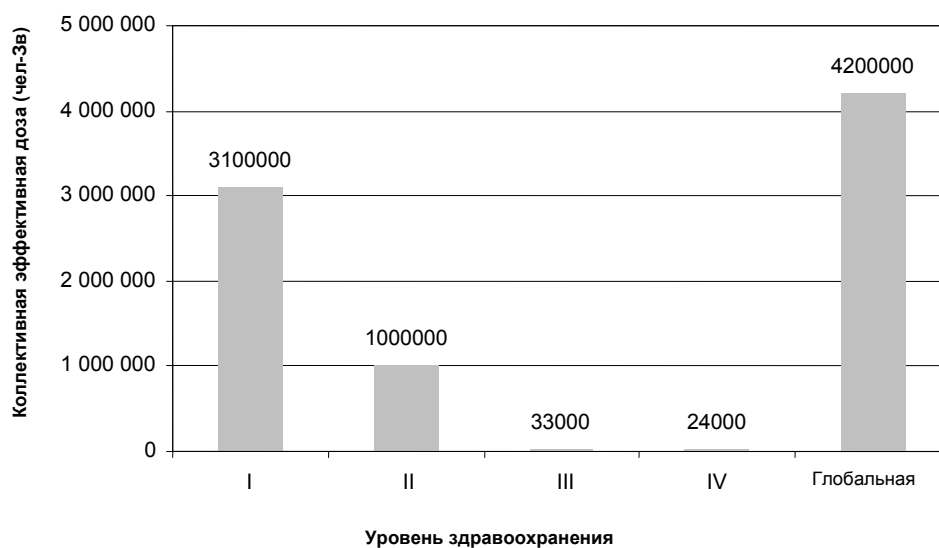
(Итоговые цифры могут не точно совпадать с результатами сложения из-за округления)

Уровень здравоохранения	Население (миллионы)	Источник облучения			Всего (чел-Зв)
		Диагностические медицинские обследования (чел-Зв)	Стоматологические рентгеновские обследования (чел-Зв)	Медицинские радиологические обследования (чел-Зв)	
I	1 540	2 900 000	9 900	186 000	3 100 000
II	3 153	1 000 000	1 300	16 000	1 000 000
III	1 009	33 000	51	82	33 000
IV	744	24 000	38	..	24 000
В мире	6 446	4 000 000	11 000	202 000	4 200 000

46. Облучение в медицинских целях остается доминирующим искусственным источником облучения в результате ионизирующего излучения, причем его доля продолжает расти с высокой скоростью. Облучение в медицинских целях, на которое приходится 98 процентов вклада от всех искусственных источников, является в настоящее время вторым наибольшим вкладом в дозу для населения во всем мире и составляет приблизительно 20 процентов от общей дозы. Около 3,6 миллиарда процедур по облучению в медицинских целях выполняется сейчас каждый год за период проведения обзора по сравнению с 2,5 миллиарда по данным предыдущего обзора, что соответствует приросту в 1,1 миллиарда процедур или более 40 процентов за последнее десятилетие. Общая годовая коллективная эффективная доза за счет облучения в медицинских целях (за исключением радиотерапии) составляет приблизительно 4,2 миллиона чел-Зв, что соответствует увеличению на 1,7 миллиона чел-Зв (немногим более 65 процентов). Распределение как медицинских процедур, так и доз по группам стран отличается явно выраженной неравномерностью (см. рис. VII).

Рисунок VII

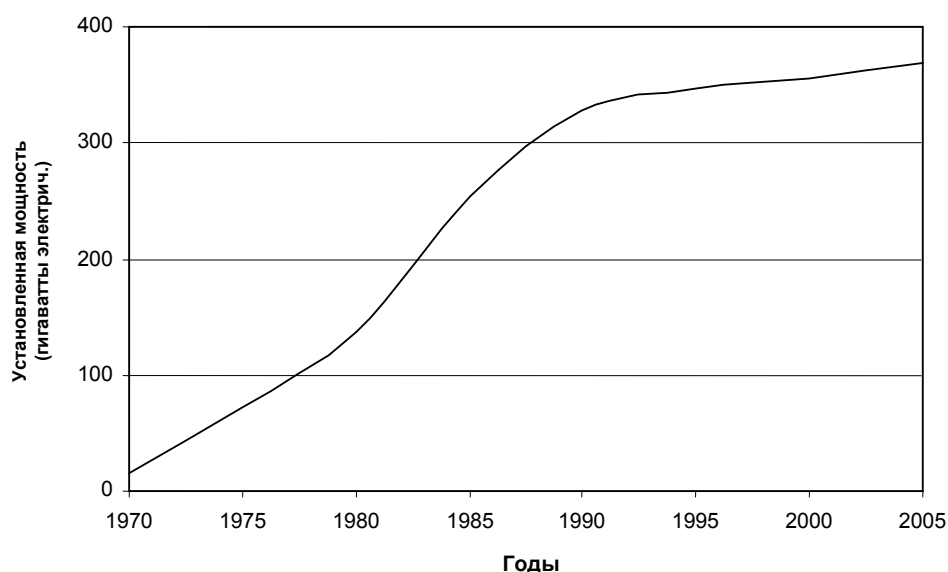
Общая годовая коллективная эффективная доза радиации за счет облучения в медицинских целях (без учета радиотерапии)



ii) Воздействие радиации на обычное население

47. С момента зарождения отрасли в 1956 году выработка электроэнергии на атомных электростанциях неуклонно увеличилась. Несмотря на рост числа выводимых из эксплуатации устаревших реакторов производство электроэнергии на основе использования ядерных источников продолжает расти (см. рис. VIII). Ядерный топливный цикл состоит из следующих этапов: добыча и обогащение урановой руды и ее переработка в ядерное топливо; производство топливных элементов; выработка энергии на атомной электростанции; хранение или переработка облученного топлива; транспортировка топлива в периоды между разными этапами; хранение и удаление радиоактивных отходов. Дозы ионизирующей радиации для подвергшихся облучению лиц варьируются в широких пределах в зависимости от типа установок и мест их размещения, а также меняются со временем..

Рисунок VIII
**Установленная мощность атомных электростанций во всем мире,
 1970–2005 годы**



48. При добыче и обогащении урана создаются значительные объемы отходов в виде хвостов. До 2003 года общий мировой объем производства урана составил около 2 миллионов тонн, при этом результирующая масса образовавшихся хвостов составила 2 миллиарда тонн. Современные отвалы хвостов обогащения поддерживаются в хорошем состоянии, однако существует множество старых заброшенных участков, лишь немногие из которых рекультивированы. Аналогично предыдущим оценкам, Комитет оценивает текущую годовую коллективную дозу ионизирующего излучения для местных и региональных групп населения вблизи рудников, обогатительных фабрик и отвалов хвостов обогащения на уровне порядка 50–60 чел-Зв.

49. Большинство энергетических ядерных реакторов относятся к типу водоводяных, хотя в некоторых странах используются и другие конструкции. Средняя годовая коллективная доза ионизирующего излучения для местных и региональных групп населения (объединенная) вследствие воздействия выбросов в окружающую среду из реакторов сейчас оценивается в 75 чел-Зв. Это значение ниже, чем по предыдущим оценкам.

50. В ядерном топливном цикле отработанное топливо перерабатывается в целях извлечения урана и плутония для повторного использования в реакторах. Большая часть отработанного топлива сохраняется во временных хранилищах, но около одной трети объема произведенного до сих пор топлива прошло переработку. Оценка годовой коллективной дозы ионизирующего излучения, обусловленного процессом переработки, все еще остается в пределах 20–30 чел-Зв.

51. Захоронение отходов с низкой и средней активностью, полученных в операциях топливного цикла, в настоящее время осуществляется в

близповерхностных хранилищах, хотя в прошлом отходы иногда сбрасывались в море. Отходы с высокой активностью после переработки и отработанное топливо (если оно не перерабатывается) сохраняются, но, в конце концов, потребуют захоронения. Предполагается, что население, если и подвергнется воздействию радиации от захороненных отходов, то лишь в отдаленном будущем, при этом оценка радиологического воздействия будет основываться на математическом моделировании. В целом, для всех операций, связанных с производством электроэнергии, годовая коллективная доза составляет, по оценкам, около 200 чел-Зв. Основным элементом этих операций является добыча. Годовая доза на душу населения для репрезентативных местных и региональных групп населения, проживающих вблизи атомных электростанций, составляет менее 0,0001 мЗв (примерно равна дозе, получаемой за счет космической радиации за несколько минут полета на самолете).

52. В мире существует несколько видов объектов, которые, хотя и не связаны с использованием ядерной энергии, но могут тем не менее подвергнуть население облучению из-за повышенных концентраций природных радионуклидов в промышленных продуктах, побочных продуктах и отходах. К наиболее важным из таких объектов относятся предприятия по добыче и обогащению полезных ископаемых. Кроме того, природные радиоактивные материалы могут подвергнуть людей воздействию ионизирующей радиации в ходе обычных разнообразных видов деятельности человека, например, при использовании осадка в процессе очистки воды в сельском хозяйстве, а также отходов для заполнения каверны или в качестве строительного материала. Хотя дозы для населения невелики (ниже примерно нескольких тысячных миллизиверта), некоторые особо уязвимые группы могут получить дозы почти равные 1 мЗв. Предпринимаются большие усилия как на национальном, так и на международном уровнях для оценки облучения от природных радиоактивных материалов и для выработки стратегий по рассмотрению ситуаций, способных привести к повышению уровня радиоактивного облучения.

iii) Воздействие радиации на профессиональных работников

53. До 1990-х годов, помимо практики, связанной с ядерным топливным циклом, основное внимание в области профессионального облучения уделялось искусственным источникам радиации. В настоящее время, однако, представляется, что весьма большой контингент работников также подвергается профессиональному облучению от естественных источников радиации, причем текущие оценки получаемой при этом коллективной дозы примерно в 3 раза превышают значения, представленные в докладе Комитета за 2000 год. Общее число работников, подвергающихся воздействию ионизирующей радиации, оценивается сегодня в 22,8 миллиона человек, из которых около 13 миллионов подвергаются воздействию естественных источников радиации, а около 9,8 миллиона — искусственных источников. Основная часть (75 процентов) работников, подвергающихся воздействию искусственных источников радиации, приходится на медицинский персонал.

54. Воздействие радиации на работников, участвующих в деятельности вооруженных сил, происходит при производстве и испытании оружия, эксплуатации реакторов в силовых установках военных кораблей и в других видах работ, аналогичных проводимым в гражданском секторе. По оценкам Комитета, годовая коллективная доза ионизирующей радиации от таких источников, усредненная по

всему миру, составляла около 50–150 чел-Зв, а средняя годовая доза для одного работника – около 0,1–0,2 мЗв. Однако эта оценка характеризуется значительной степенью неопределенности

55. Широкое распространение получили работы по извлечению и обогащению радиоактивных руд, в которых могут отмечаться значительные уровни природных радионуклидов. Подавляющее большинство работников, подвергающихся профессиональному облучению, связано с горнодобывающей промышленностью, и основным источником радиационного облучения в шахтах всех типов является радон. В таблице 5 представлены сводные данные по воздействию радона на рабочем месте.

Таблица 5

Воздействие радона на рабочем месте

<i>Место работы</i>	<i>Число работников (миллионы)</i>	<i>Коллективная доза (чел-Зв)</i>	<i>Средняя эффективная доза (мЗв)</i>
Угольные шахты	6,9	16 560	2,4
Другие шахты ^a	4,6	13 800	3,0
Другие рабочие места	1,25	6 000	4,8
Взвешенное среднее			2,9

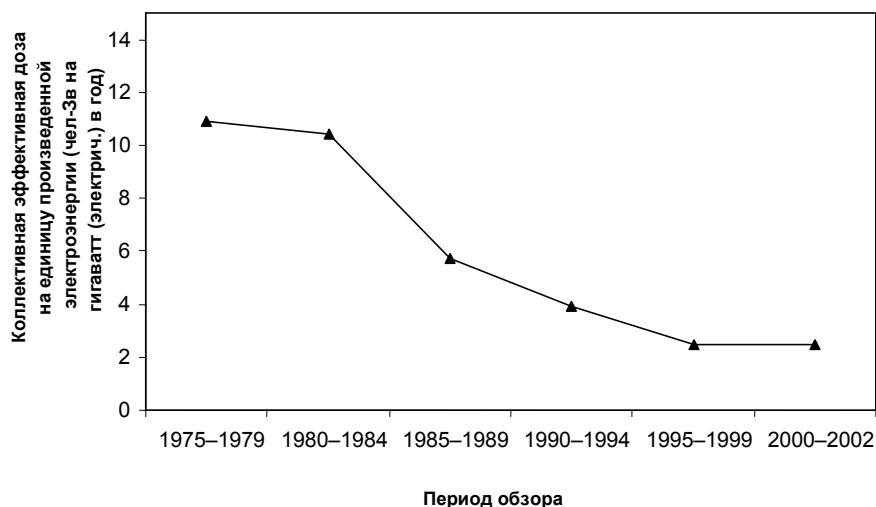
^a За исключением урановых шахт.

56. Годовая коллективная доза ионизирующей радиации для экипажей гражданской авиации составляет около 900 чел-Зв. По оценкам, средняя годовая эффективная доза равна 2–3 мЗв. Имеются также данные измерений доз облучения, полученных в ходе нескольких космических полетов. Опубликованные данные по уровням доз для непродолжительных космических полетов лежат в диапазоне 1,9–27 мЗв.

57. Годовая коллективная доза ионизирующей радиации для работников, связанных с ядерным топливным циклом, оценивается величиной порядка 800 чел-Зв. Для топливного цикла в целом средняя годовая эффективная доза составляет около 1,0 мЗв. Для работников, занятых в ядерном топливном цикле и за которыми ведется наблюдение, средняя годовая доза облучения постепенно снижалась с 4,4 мЗв в 1975 году до 1,0 мЗв в настоящее время. Это снижение связано, главным образом, со значительным сокращением объема добычи урана и внедрением передовых технологий добычи; параллельно в последние три десятилетия было отмечено также устойчивое падение общей дозы профессионального облучения на коммерческих атомных электростанциях, деленной на произведенную энергию (см. рис. IX).

Рисунок IX

Годовая коллективная доза ионизирующего излучения на реакторах, приведенная к единице произведенной электроэнергии, 1975–2002 годы



58. Годовая коллективная эффективная доза, усредненная по пятилетним периодам, для всех операций в ядерном топливном цикле менялась незначительно вокруг среднего значения 2500 чел-Зв в период между 1975 и 1989 годами, несмотря на трех-четырекратное увеличение объема производства электроэнергии на ядерных установках. Производство энергии продолжало расти, однако средняя годовая коллективная эффективная доза снизилась почти вдвое с 1400 чел-Зв в период 1990–1994 годов до 800 чел-Зв в период 2000–2002 годов.

59. Годовая коллективная доза для работников, чья деятельность связана с медицинским использованием радиации, оценивается величиной около 3540 чел-Зв; средняя годовая эффективная доза составляет около 0,5 мЗв. Средняя годовая доза для находящихся под наблюдением работников, занятых деятельностью по медицинскому использованию радиации, возросла в 1,7 раза с 1994 по 2002 год. В то же время персонал, участвующий в хирургических операциях, получает высокие эффективные дозы, и экстремальные дозы могут достигать нормативных порогов. Поскольку количество хирургических операций значительно возросло, число работников, занимающихся проблемами медицинского использования радиации, возросло в семь раз за период с 1975 по 2002 год и на 2002 год составляет, по оценкам, 7,4 миллиона человек.

60. Годовая коллективная доза для работников, участвующих в промышленном использовании радиации, оценивается величиной около 289 чел-Зв, а средняя годовая эффективная доза составляет около 0,3 мЗв. Эти данные показывают снижение по сравнению с уровнем 1,6 мЗв в 1975 году. Число работников, участвующих в промышленном использовании радиации, за период с 1975 по 2002 год возросло в 1,6 раза; по расчетам число таких работников на 2002 год составляло примерно 0,9 млн. человек.

61. Тенденции, касающиеся изменений в среднегодовых эффективных дозах профессионального облучения от ионизирующей радиации, показаны в таблице 6

для периодов 1980–1984, 1990–1994 и 2000–2002 годов. Следует отметить, что средняя эффективная доза для всех категорий облучения от искусственных источников снизилась; значительное снижение дозы облучения в связи с ядерным топливным циклом связано, главным образом, с изменениями в технологии добычи урана. Однако общее взвешенное среднее значение эффективной дозы увеличилось из-за роста облучения от естественных источников радиации.

Таблица 6

Тенденции, касающиеся уровней средней годовой эффективной дозы профессионального облучения от ионизирующей радиации, 1980–1984, 1990–1994 и 2000–2002 годы
(Миллизиверты)

Источник излучения	1980–1984 годы	1990–1994 годы	2000–2002 годы
Естественные источники	..	1,8	2,9
Военная деятельность	0,7	0,2	0,1
Ядерный топливный цикл	3,7	1,8	1,0
Медицинское использование	0,6	0,3	0,5
Промышленное использование	1,4	0,5	0,3
Разное	0,3	0,1	0,1
Взвешенное среднее	1,3	0,8	1,8

с) Облучение в случае аварий

62. Ранние серьезные последствия радиоактивного облучения наблюдаются только в результате аварий (или злоумышленных действий). Некоторые крупные аварии привели к значительному облучению населения из-за рассеяния радиоактивных материалов в окружающей среде. Радиоактивное облучение в результате аварий было рассмотрено в нескольких прошлых докладах Комитета, содержащих конкретные оценки Чернобыльской аварии. Комитет классифицировал и обобщил опубликованные данные за последние 60 лет о радиационных авариях, повлекших тяжелые ранние последствия для здоровья людей, летальные исходы или значительное загрязнение окружающей среды.

63. Известно несколько крупных аварий, связанных с ядерным топливным циклом, которые привлекли широкое внимание общественности, и последствия которых описаны достаточно подробно. С 1945 по 2007 год на ядерных объектах произошло 38 серьезных радиационных аварий, из которых 26 произошли на объектах, связанных с реализацией программ ядерного оружия. Из этих 38 аварий 34 привели к гибели или травмам работников, а 7 стали причиной выброса радиоактивных материалов за пределы объекта и серьезному облучению населения. Без учета аварии 1986 года в Чернобыле (которая рассмотрена в разделе В, ниже), известно о 29 погибших (в том числе 4 погибших от травм) и о 68 случаях радиационных поражений, требовавших лечения, по результатам аварий, связанных с ядерным топливным циклом.

64. В промышленности широко используются мощные источники радиации (промышленные установки для облучения или ускорители), с которыми связан ряд аварий, как правило, вызванных ошибками операторов. Все 85 аварий,

рассмотренных в настоящем докладе, сопровождалось облучением с уровнями, достаточными для того, чтобы вызвать радиационные поражения работников. В связи с этими авариями сообщается о 25 смертельных случаях и о радиационных поражениях 164 работников.

65. Безнадзорными считаются радиоактивные источники, которые первоначально находились под нормативным контролем, а затем были заброшены, потеряны или украдены. Сообщалось о 29 серьезных авариях с безнадзорными источниками, вызвавших радиационные поражения людей; всего в ходе этих аварий погибли 33 человека, включая нескольких детей. В результате аварии в Гоянии (Бразилия) в 1987 году несколько сотен человек получили радиоактивное облучение.

66. В радиационной медицине несчастные случаи обычно связаны с ошибками при проведении радиотерапии, которые зачастую выявляются только после того, как многие пациенты уже получили чрезмерно высокие дозы. Комитет проанализировал данные лишь о 29 описанных с 1967 года несчастных случаях, приведших к 45 смертельным исходам и 613 радиационным поражениям. При этом вполне вероятно, что данные о ряде смертельных случаев и многих радиационных поражений при медицинском использовании радиации официально не сообщались. Тем не менее, число пострадавших только в результате тех несчастных случаев, о которых стало известно, по-видимому, больше, чем при авариях любой другой категории.

67. Среди аварий, которые привели к воздействию ионизирующей радиации на обычное население, безусловно, наиболее серьезной была Чернобыльская авария 1986 года. Коллективная доза в результате этой аварии во много раз превышала объединенную коллективную дозу от всех других аварий, вызвавших облучение обычного населения.

68. Закономерности в происхождении таких аварий могут значительно различаться. Аварии из-за непредусмотренной критичности чаще происходили на ранних этапах программ по созданию ядерного оружия. Эксплуатационные аварии, связанные с ядерным топливным циклом, происходят спорадически. Частота аварий в промышленности и академических или исследовательских организациях, по-видимому, достигла максимума в конце 1970-х годов, снижаясь с 2000 года, когда отмечались лишь отдельные случаи в промышленности. Интенсивные перевозки радиоактивных материалов гражданскими организациями во всем мире в течение прошедших многих лет не вызвали ни одного радиационного поражения. Аварии с безнадзорными источниками и аварии, связанные с медицинским использованием радиации в последнее время несколько участились, однако эти данные могут быть связаны с сокрытием фактов.

d) Сравнение доз облучения

69. Хотя из представленных данных ясно, что дозы существенно зависят от места, группы, уровня здравоохранения и т. д., тем не менее, полезный и общепринятый подход состоит в обобщении результатов на глобальной основе (см. табл. 1, выше). Доза облучения от естественной радиации мало меняется со временем, хотя индивидуальные дозы, особенно связанные с действием радона, могут меняться в широких пределах. Одним из наиболее удивительных изменений за последнее десятилетие стало резкое увеличение доз в медицине, например, в связи с быстрым расширением использования компьютерной томографии. В результате в некоторых

странах уровни доз облучения в медицинских целях вышли на первое место как наибольший суммарный компонент, обогнав по уровню дозы от естественных источников радиации. Остаточные дозы от ядерных испытаний в атмосфере и от Чернобыльской аварии продолжают постепенно снижаться. Хотя дозы за счет профессионального облучения при усреднении по всему населению дают небольшие значения, оцениваемые уровни значительно возросли после учета доз облучения от натуральных радионуклидов при горных работах. Дозы от ядерного топливного цикла продолжают оставаться очень низкими, несмотря на постепенное расширение этого сектора.

В. Чернобыльская авария

70. Авария 1986 года на Чернобыльской атомной электростанции в бывшем Советском Союзе была самой серьезной аварией в истории гражданской ядерной энергетики. Двое работников умерли непосредственно от последствий аварии, а 134 сотрудника станции и аварийных рабочих получили острую лучевую болезнь, которая оказалась смертельной для 28 из них. Позже несколько сотен тысяч человек принимали участие в операциях по ликвидации последствий.

71. Эта авария привела к крупнейшему неконтролируемому выбросу радиоактивных веществ в окружающую среду, когда-либо зарегистрированному в гражданских операциях; большие количества радиоактивных веществ выделялись в атмосферу в течение примерно 10 дней. Рассеяние сформировавшегося в результате аварии радиоактивного облака над всем северным полушарием и выпадение значительных количеств радиоактивных материалов на обширных территориях бывшего Советского Союза и в других частях Европы привело к загрязнению почвы, воды и биоты, вызвав особенно серьезные социальные и экономические потрясения среди больших групп населения в современных Беларуси, Российской Федерации и Украине. Два радионуклида – короткоживущий йод-131 (с периодом полураспада 8 дней) и долгоживущий цезий-137 (с периодом полураспада 30 лет) – внесли наибольший вклад в дозу облучения для населения. Однако дозы, получаемые из-за воздействия этих радионуклидов, значительно различались: дозы на щитовидную железу от йода-131 достигали нескольких грей за несколько недель после аварии, в то время как дозы на весь организм от цезия-137 доходили до нескольких сотен миллизивертов в течение последующих нескольких лет.

72. В бывшем Советском Союзе загрязнение свежего молока йодом-131 и отсутствие немедленных мер противодействия привели к накоплению больших доз в щитовидной железе у жителей, особенно среди детей. В более долгосрочном плане, в основном из-за воздействия радиоцезия, обычное население также подверглось облучению – как внешнему от радиоактивных выпадений, так и внутреннему за счет употребления загрязненных продуктов питания. Однако результирующие долгосрочные дозы радиации были сравнительно низкими (средняя дополнительная доза в период 1986–2005 годов в "загрязненных зонах"¹² Беларуси, Российской Федерации и Украины составила 9 мЗв, что приблизительно равнялось дозе, получаемой в ходе медицинской процедуры компьютерной томографии), и не должны были приводить к каким-либо значительным последствиям для здоровья обычного населения, которые можно отнести на счет действия радиации. Тем не

¹² Под "загрязненными зонами" в бывшем Советском Союзе условно понимались зоны, где уровни цезия-137 в почве превышали 37 килобеккерелей на квадратный метр.

менее, упомянутые выше тяжелые потрясения, вызванные аварией, привели к значительным социальным и экономическим последствиям и стали серьезным испытанием для пострадавшего населения.

73. С момента аварии международное сообщество приложило беспрецедентные усилия для оценки масштаба и характеристик последствий воздействия радиации на здоровье людей. Многие инициативы, предпринятые, в частности Организацией Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры (ЮНЕСКО), Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ), Международным агентством по атомной энергии (МАГАТЭ) и Европейской комиссией были направлены на лучшее понимание последствий аварии и на оказание помощи по их смягчению. Результаты этих инициатив были обобщены на международной конференции по теме "Десятилетие после Чернобыля: оценка последствий аварии", которая проходила в Вене с 8 по 12 апреля 1996 года. Конференция совместно финансировалась ВОЗ, МАГАТЭ и Европейской комиссией в сотрудничестве с Организацией Объединенных Наций, Научным комитетом Организации Объединенных Наций по действию атомной радиации, Продовольственной и сельскохозяйственной организацией Объединенных Наций (ФАО), ЮНЕСКО и Агентством по ядерной энергии Организации по экономическому сотрудничеству и развитию. В научных оценках, полученных в разных странах, достигнуты в целом близкие выводы относительно масштаба и характера последствий аварии.

74. Комитет впервые рассмотрел начальные радиологические последствия аварии в своем докладе за 1988 год¹³. В докладе за 2000 год Комитет дал подробное описание ситуации, которая сложилась на тот момент. После публикации этого доклада восемь организаций и органов системы Организации Объединенных Наций¹⁴ (включая Комитет) и три пострадавших государства организовали "Чернобыльский форум" для выработки согласованных авторитетных заявлений по поводу последствий аварии для окружающей среды и здоровья населения, которые можно отнести на счет воздействия радиации, и предоставления рекомендаций по таким вопросам как улучшение состояния окружающей среды, специальные программы по здравоохранению и научно-исследовательская деятельность. Оценка работы Чернобыльского форума была дана на международной конференции по теме "Чернобыль: оглянуться назад, чтобы двигаться вперед; к достижению консенсуса в рамках Организации Объединенных Наций в отношении последствий аварии и будущих перспектив", которая проходила в Вене 6 и 7 сентября 2005 года. На этой конференции были по существу подтверждены все предшествующие оценки масштаба и характера последствий радиации для здоровья людей.

75. Цель Комитета при проведении современных оценок состоит в том, чтобы дать авторитетный и точный анализ наблюдаемых до сих пор последствий для здоровья, которые можно отнести на счет воздействия радиации в результате аварии, и выяснить прогнозы потенциальных последствий с учетом уровней, тенденций и характера распределения доз радиации среди населения, подвергшегося облучению. С этой целью Комитет оценил соответствующую информацию, полученную со времени его доклада за 2000 год и убедился в отсутствии противоречий между

¹³ *Официальные отчеты Генеральной Ассамблеи, сорок третья сессия, Дополнение № 45 (A/43/45).*

¹⁴ ЮНЕП, Управление по координации гуманитарных вопросов Секретариата, Программа развития Организации Объединенных Наций, Научный комитет Организации Объединенных Наций по действию атомной радиации, ФАО, ВОЗ, Всемирный банк и МАГАТЭ.

данными наблюдений и предположениями, принятыми ранее для оценки радиологических последствий. Комитет также признал, что ряд важнейших деталей требует дальнейшего изучения, поэтому необходимо продолжать его работу для формирования научной основы, чтобы улучшить понимание последствий облучения в результате аварии для здоровья людей и окружающей среды.

76. Несмотря на появление большого объема новых результатов исследований, основные выводы, касающиеся масштаба и характера последствий Чернобыльской аварии для здоровья людей, в целом согласуются с докладами Комитета за 1988 и 2000 годы:

a) в общей сложности 134 сотрудника станции и аварийных рабочих получили высокие дозы радиации, которые привели к острой лучевой болезни (ОЛБ); многие из них получили также повреждения кожи вследствие бета-облучения;

b) высокие дозы облучения оказались смертельными для 28 человек из этой группы людей в первые несколько месяцев после аварии;

c) хотя 19 человек, переживших ОЛБ, умерли до 2006 года, эти смертельные случаи произошли по разным причинам, которые обычно не связывались с воздействием радиации;

d) для лиц, переживших ОЛБ, основными последствиями стали повреждения кожи и радиационные катаракты;

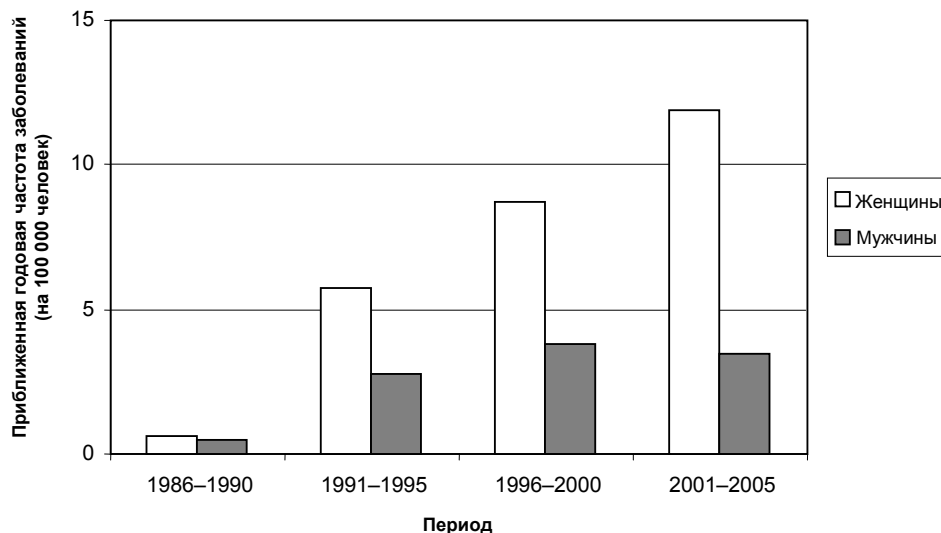
e) не считая аварийных рабочих, несколько сот тысяч человек участвовали в операциях по ликвидации последствий аварии, но, помимо признаков увеличения числа случаев заболеваемости лейкемией и катарактами среди лиц, получивших повышенные дозы облучения, до настоящего времени нет надежных свидетельств последствий для здоровья, которые можно было бы объяснить воздействием радиации;

f) в Беларуси, Украине и четырех наиболее пострадавших районах Российской Федерации наблюдается значительное увеличение числа случаев заболеваний раком щитовидной железы среди лиц, подвергшихся облучению из-за воздействия радиации в результате аварии, которые в 1986 году были детьми или подростками. В период 1991–2005 годов сообщалось о более чем 6000 случаях, из которых значительную часть можно отнести на счет употребления в пищу молока, загрязненного в 1986 году йодом-131. Хотя заболеваемость раком щитовидной железы у этой группы продолжает увеличиваться (см. рис. X для тенденций, выявленных в Беларуси), до 2005 года только 15 случаев оказались смертельными;

g) к настоящему времени не получено надежных свидетельств каких-либо других последствий для здоровья населения, которые можно отнести на счет воздействия радиации.

Рисунок X

Частота заболеваний раком щитовидной железы среди лиц, проживавших в Беларуси, которые во время Чернобыльской аварии были детьми или подростками, 1986–1990, 1991–1995, 1996–2000 и 2001–2005 годы



77. Согласно опубликованным, основанным на моделях прогнозам возможного роста заболеваемости солидным раком среди обычного населения, для всех рассматриваемых групп населения дозы сравнительно невелики и сравнимы с дозами, полученными в результате воздействия естественной фоновой радиации. Комитет решил не использовать модели для прогнозирования абсолютных цифр в плане последствий для здоровья в группах населения, получивших низкие дозы облучения, из-за неприемлемого уровня неопределенности в прогнозах. Однако Комитет считает целесообразным продолжать наблюдения.

78. Результаты 20-летних исследований дают возможность подтвердить выводы доклада Комитета за 2000 год. В целом, лица, подвергшиеся облучению в детском возрасте от радиойода в связи с Чернобыльской аварией, а также аварийные рабочие и ликвидаторы, получившие высокие дозы радиации, подвергаются повышенному риску проявления последствий облучения. Большинство жителей зоны получили низкие дозы облучения, сопоставимые с уровнями годовой естественной фоновой радиации или превосходящие их в несколько раз, и могут не бояться серьезных последствий для здоровья.

79. Комитет считает свои последние по времени оценки важной опорной точкой для Координатора Организации Объединенных Наций по международному сотрудничеству в связи с чернобыльской катастрофой в ответ на просьбу Генеральной Ассамблеи в соответствии с пунктом 16 ее резолюции 62/9 от 20 ноября 2007 года, в котором Координатор продолжает свою работу по организации – в сотрудничестве с правительствами Беларуси, Российской Федерации и Украины – дальнейшего изучения медицинских, экологических и социально-экономических

последствий чернобыльской катастрофы согласно рекомендациям Чернобыльского форума и улучшению информационного обеспечения местного населения.

С. Воздействие на биоту, за исключением людей

80. Все имеющиеся на Земле виды биоты существовали и развивались в обстановке, в которой они подвергались воздействию ионизирующей радиации от естественного фона. В последнее время, однако, живые организмы подвергаются воздействию искусственных источников радиации, например, глобальных выпадений в результате испытаний ядерного оружия в атмосфере, а в некоторых местах – контролируемых выбросов радионуклидов или аварийных выбросов радиоактивных материалов.

81. В своем докладе за 1996 год¹⁵ Комитет оценил дозы и мощности доз ионизирующей радиации, ниже которых воздействия на популяции видов биоты, за исключением людей, считаются маловероятными. Он полагал, что индивидуальная реакция на радиоактивное облучение, которая может оказаться существенной на уровне популяции, будет проявляться в плане показателей смертности, рождаемости, плодовитости и индукции мутаций. Комитет также считал, что репродуктивные изменения оказались более чувствительным индикатором воздействий радиации, чем смертность, и что наиболее чувствительными из всех живых организмов были млекопитающие. На этом основании Комитет установил для особей, подвергшихся наиболее высоким уровням облучения, мощности дозы, при которых серьезные последствия для большинства популяций будут маловероятными.

82. С того времени в процессе изучения отдаленных результатов воздействия ионизирующей радиации на биоту, за исключением людей, в Чернобыльской зоне были получены новые данные. Различные организации провели всеобъемлющие обзоры научных публикаций и в некоторых случаях разработали новые подходы к оценке возможных последствий для биоты, за исключением людей. В литературе представлен широкий диапазон критических показателей и соответствующих уровней воздействия и можно отметить также значительные различия в том, как разные исследователи оценивают эти данные. В таблице 7 приведен краткий обзор соответствующих данных по агрегированным категориям организмов.

¹⁵ *Официальные отчеты Генеральной Ассамблеи, пятьдесят первая сессия, Дополнение № 46 (A/51/46).*

Таблица 7

Некоторые последствия воздействия ионизирующей радиации на выбранные категории биоты, за исключением людей

<i>Мощность хронической дозы (миллигрей в час)</i>	<i>Категория</i>	<i>Последствия</i>	<i>Критический показатель</i>
0,1–1	Растения	Отмирание сосновых игл: снижение массы травянистых растений	Выпад, болезненность
	Рыбы	Снижение спермопродукции, задержка нереста	Репродуктивные нарушения
около 0,1	Млекопитающие	Описание каких-либо вредных критических показателей отсутствует	Заболеваемость, смертность, репродуктивные нарушения

83. Комитет пришел к заключению, что в целом отсутствуют основания для пересмотра сделанных в его докладе за 1996 год выводов, согласно которым мощности хронических доз, не превосходящие 0,1 миллигрей в час для особей, получивших наиболее высокие уровни облучения, вряд ли будут иметь серьезные последствия для большинства наземных сообществ, а хронические дозы с мощностью менее 0,4 миллигрей в час для всех особей в водной популяции организмов вряд ли окажут какое-либо вредное воздействие на уровне популяции. Для случаев сильного кратковременного воздействия изучение опыта Чернобыльской аварии подтвердило, что серьезные последствия для популяций биоты, за исключением людей, маловероятны при дозах, не превышающих примерно 1 грея.

84. Со времени публикации доклада Комитета за 1996 год проделана большая работа по изучению и уточнению данных и методов оценки путей, по которым осуществляется воздействие радиации на биоту в среде ее обитания; сделаны также существенные шаги по совершенствованию оценок доз, полученных биотой. Важно отметить, что существует еще много возможностей для улучшения существующего сегодня понимания и усовершенствования применяемых методов в этих областях. Более полное понимание этих аспектов позволит расширить общие знания о связях между уровнями облучения и радиоактивности в окружающей среде и возможными последствиями для биоты.

Добавление I

Члены национальных делегаций, участвовавшие в работе пятидесятой–пятьдесят шестой сессий Научного комитета Организации Объединенных Наций по действию атомной радиации, на которых был подготовлен научный доклад за 2008 год

Австралия	П.А. Бернс (представитель), С.Соломон, П.Томас
Аргентина	А.Х. Гонсалес (представитель), Д. Бенинсон (представитель), П. Гисоне (представитель), М. дель Росарио Перес
Бельгия	Х. Ванмарке (представитель), Х. Босманс, А. Дебош, Х. Энгельс, Дж. Лембрехтс, Дж.Р. Майсин (представитель), П. Сместерс, Дж.М. Ван Дам, А. Вамберсье, Х. Бивард, Р.О. Блаубер, М.Дж. Бругманс
Бразилия	О. Диас Гонсалвес (представитель), Ж.Л. Липстейн (представитель), М.К. Лоуренсу, М. Ногuera Мартинс, Д.Р. Мелу (представитель), Е.Р. Рошеду
Германия	В. Вайс (представитель), А. Фридль, П. Якоб, А. Келлерер, Ю. Кифер, Г. Киршнер, В. Кёнляйн, Р. Михель, В.У. Мюллер, Х. Штреффер (представитель)
Египет	М.А.М. Гомаа (представитель), А.М. эль-Наггар (представитель)
Индия	К.Б. Саинис (представитель)
Индонезия	С. Алатас (представитель), К. Вихарто (представитель)
Канада	Н.Е. Джентнер (представитель), Р.П. Бредли, К. Банди, Д.Б. Чамберс, Р.М. Чаттерджи (представитель), Р.Дж. Корнетт, Р. Лейн, К. Лавуа, С. Влахович (представитель), Д. Вильянс
Китай	Ч. Пань (представитель), Ц. Хэ, П. Хоу, Ц. Цзя, К. Ли, Ц. Ли, С. Лю, Ц. Лю, Ц. Лу, С. Пань, Б. Шан, Ц. Ши, С. Су, Цз. Сунь, Ц. Сунь, Ф. Ван, Б. Сю, Ю. Сюань, Г. Ян, Х. Ян, С. Ян, Ц. Юй, Ц. Чжан, М. Чжу
Мексика	Х. Мальдонадо (представитель)
Перу	Л.В. Пинильос-Аштон (представитель)
Польша	М. Валигорски (представитель), Л. Добржински, М. Яниак, З. Яворовски (представитель)
Российская Федерация	М. Киселев (представитель), А. Аклеев, Р.М. Алексахин, Т. Азизова, Н.П. Гарник, А.К. Гуськова (представитель), Л.А. Ильин (представитель), В.К. Иванов, К. Котенко, И.И. Крышев, Б.К. Лобач, Ю. Мокров, О.А. Павловский, Т.С. Поветникова, С. Романов, М.Н. Савкин, В.А. Шевченко, С. Шинкарев

Словакия	Е. Беди (представитель), П. Гааль, В. Кленер, П. Раган, Л. Томасек, Д. Викторы (представитель), И. Закариашова
Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии	Р. Кокс (представитель), С. Буффлер, Р.Х. Кларк (представитель), Дж. Купер, С. Эбдон-Джексон, Г.М. Кендалл, Т. Макмиллан, К. Мюирхед, Р. Пейнтер, П. Шримптон, Дж.У. Стазер
Соединенные Штаты Америки	Ф.А. Меттлер мл. (представитель), Л.Р. Анспауф, Б.Г. Беннетт, Дж.Д. Бойс мл., Н.Х. Харли, Э.В. Холахан мл., С.Б. Мейнхолд, Р.Дж. Престон, Х. Ройал, П.Б. Селби, А.Г. Соудер, А. Аптон
Судан	А. Эльгайлани (представитель), К.Э.Х. Мохамед (представитель)
Франция	А. Флюри-Эрар (представитель), Е. Ансборло, А. Ауренго, Д. Авербек, М. Бендериттер, М. Бургиньон, С. Форестье, Ж.Ф. Лакроник (представитель), Ж. Лалеман, Ж.Ж. Легэ, К. Лючиони, Р. Максимильтен, А. Ранну, М. Тирмарше
Швеция	С.М. Ларссон (представитель), А. Альмен, Л.-Э. Хольм (представитель), Л. Моберг
Япония	О. Нива (представитель), Й. Йонекура (представитель), Т. Асано, М. Дои, Й. Ишикуро, А. Ивама, К. Кодама, Х. Куниоси, Т. Маеяма, М. Накано, Й. Накаяма, С. Саигуса, К. Сакаи, М. Сасаки, Й. Сасаки (представитель), К. Сато, Г. Сузуки, Х. Тацузаки, С. Йосинага, М. Йосизава

Секретари Научного комитета Организации Объединенных Наций по действию атомной радиации

Н.Е. Джентнер (пятидесятая—пятьдесят вторая сессии)

М.Дж. Крик (пятьдесят третья—пятьдесят шестая сессии)

Добавление II

Научные работники и консультанты, сотрудничавшие с Научным комитетом Организации Объединенных Наций по действию атомной радиации при подготовке научного доклада Комитета за 2008 год

М. Балонов

Д.Б. Чамберс

К. Фолкнер

Г. Хау

Г. Ибботт

Г. Кирхнер

Д. Мелу

Р. Рикс

Е. Рошеду

М. Стабин

Г.А.М. Узбб

Д. Вудхед
