



ДОКЛАД
НАУЧНОГО КОМИТЕТА
ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ
ПО ДЕЙСТВИЮ АТОМНОЙ РАДИАЦИИ

ГЕНЕРАЛЬНАЯ АССАМБЛЕЯ

ОФИЦИАЛЬНЫЕ ОТЧЕТЫ • ТРИДЦАТЬ ВТОРАЯ СЕССИЯ

ДОПОЛНЕНИЕ № 40 (A/32/40)

ОРГАНИЗАЦИЯ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ

Нью-Йорк • 1977

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.

Подлинный текст на английском языке
15 июля 1977 года

СОДЕРЖАНИЕ

	<u>Пункты</u>	<u>Стр.</u>
I. ВВЕДЕНИЕ	1-8	I
II. ДЕЙСТВИЕ РАДИАЦИИ	9-51	4
A. Общие аспекты	9-17	4
B. Карциногенные последствия радиации	18-28	8
C. Воздействие облучения на внутриутробное развитие плода	29-39	14
D. Генетические последствия радиации	40-51	19
III. ИСТОЧНИКИ РАДИАЦИИ И ОБЛУЧЕНИЕ	52-106	24
A. Общие аспекты	52-56	24
1. Оценки применительно к человеку	54	24
2. Оценки применительно к источнику радиации	55-56	25
B. Источники облучения человека	57-106	26
1. Нормальное облучение из естественных источников радиации	60-67	27
2. Облучение от естественных источников, усиленное технологическими причинами	68-74	31
3. Потребительские товары, испускающие радиацию	75-79	33
4. Производство энергии на основе реакции деления	80-89	35
5. Ядерные взрывы	90-94	42
6. Облучение в медицинских целях	95-101	43
7. Краткие выводы, касающиеся ожидаемых глобальных доз от различных источников радиации	102-106	46
Добавления		
Список ученых-специалистов - членов национальных делегаций		50
Список научных сотрудников и консуль- тантов, оказавших Комитету помощь в подготовке доклада		53
Список полученных Комитетом докладов		54

I. ВВЕДЕНИЕ

1. Подготовка настоящего доклада Научного комитета Организации Объединенных Наций по действию атомной радиации 1/ осуществлялась в ходе двадцать третьей - двадцать шестой сессий Комитета. На двадцать третьей сессии обязанности Председателя, заместителя Председателя и Докладчика исполняли, соответственно, профессор Л.Р. Кальдаш (Бразилия), профессор Ф.А. Собель (Бельгия) и д-р К.Б. Гусман Асеведо (Перу). На двадцать четвертой и двадцать пятой сессиях обязанности Председателя, заместителя Председателя и Докладчика исполняли, соответственно, профессор Ф.А. Собель (Бельгия), д-р М. Клибек (Чехословакия) и профессор З. Яворовский (Польша), а на двадцать шестой сессии, соответственно, д-р М. Клибек (Чехословакия), профессор Ф.Э. Штиве (Федеративная Республика Германия) и д-р К. Сундарам (Индия).

2. Как и в случае предыдущих докладов 2/, основная часть работы Комитета была проделана на заседаниях групп ученых-специалистов,

1/ Круг ведения Научного комитета, учрежденного Генеральной Ассамблеей на ее десятой сессии в 1955 году изложен в резолюции 913 (X). Первоначально в его состав входили следующие государства-члены: Австралия, Аргентина, Бельгия, Бразилия, Египет, Индия, Канада, Мексика, Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии, Соединенные Штаты Америки, Союз Советских Социалистических Республик, Франция, Чехословакия, Швеция и Япония. В соответствии с резолюцией 3154 С (XXVIII) Генеральной Ассамблеи членский состав Комитета был увеличен еще на пять членов и Председатель Ассамблеи в консультации с председателями региональных групп назначил членами Комитета следующие государства-члены: Индонезию, Перу, Польшу, Судан и Федеративную Республику Германии.

2/ В отношении предыдущих докладов Комитета по существу вопроса см. Официальные отчеты Генеральной Ассамблеи, тридцатая сессия, Дополнение № 17 (A/3858); там же, семнадцатая сессия, Дополнение № 16 (A/5216); там же, девятнадцатая сессия, Дополнение № 14 (A/5814); там же, двадцать первая сессия, Дополнение № 14 (A/6314 и Corr.1); и там же, двадцать четвертая сессия, Дополнение № 13 (A/7613). В тексте они будут упоминаться как доклады 1958, 1962, 1964, 1966 и 1969 годов, соответственно. См. также документ "Ионизирующая радиация: уровни и последствия. Доклад Научного комитета Организации Объединенных Наций по действию атомной радиации Генеральной Ассамблеи" с приложениями I и II (издание Организации Объединенных Наций, в продаже под № E.72.IX.17 и 18). Этот документ будет упоминаться как доклад 1972 года. Доклад без добавлений и приложений опубликован как Официальные отчеты Генеральной Ассамблеи, двадцать седьмая сессия, Дополнение № 25 (A/8725 и Corr.1).

которые рассмотрели рабочие документы, подготовленные Секретариатом по просьбе Комитета. Фамилии этих специалистов, присутствовавших на одной или нескольких сессиях Комитета в ходе подготовки доклада в качестве членов национальных делегаций, указаны в Приложении I.

3. Комитету оказывала помощь небольшая группа научных сотрудников и консультантов, назначенных Генеральным секретарем. Хотя сам Комитет несет полную ответственность за доклад, он желает выразить свою признательность за помощь тем ученым, которые отвечали за предварительный обзор и анализ технической информации, полученной Комитетом или опубликованной в научной литературе, и фамилии которых перечислены в Добавлении II.

4. Технические доклады, полученные Комитетом за период с 18 апреля 1972 года по 22 апреля 1977 года от государств-членов Организации Объединенных Наций и членов специализированных учреждений и Международного агентства по атомной энергии, а также от самих этих учреждений, перечислены в Добавлении III. Доклады, полученные до 18 апреля 1972 года, были перечислены в предыдущих докладах Комитета Генеральной Ассамблее. Информация, полученная официально Комитетом, была дополнена информацией, почерпнутой из научной литературы, а также информацией из неопубликованных сообщений отдельных ученых. Комитет выражает признательность за информацию относительно облучения от различных радиоактивных источников, полученную в ответ на просьбу Комитета.

5. На сессиях Комитета, начиная с двадцать третьей сессии и по двадцать шестую включительно, присутствовали представители МАГАТЭ, Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (ФАО), Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), Программы Организации Объединенных Наций по окружающей среде (ЮНЕП), а также Международной комиссии по защите от радиоактивного излучения (МКЗРИ) и Международной комиссии по радиологическим единицам и измерениям (МКРЕИ).

/...

6. Комитет разработал планы с целью наблюдения и оценки уровней фактического или возможного облучения населения мира, а также с целью улучшения оценки опасности в результате облучения. Такие работы могут в значительной степени содействовать деятельности ЮНЕП, в связи с чем Комитет начал активное сотрудничество с Программой в деле подготовки документов, определяющих критерии в отношении отдельных радиоизотопов.

7. Настоящий доклад, как и предыдущие, состоит из основного текста, в котором излагаются выводы дискуссий Комитета, и научных приложений, содержащих подробный обзор имеющейся научной информации и аналитические процедуры, лежащие в основе выводов Комитета. В соответствии с практикой 1972 года Генеральной Ассамблее представляется только основной текст настоящего доклада. Вместе с тем полный текст доклада, включая научные приложения, публикуется отдельным изданием 3/, и Комитет обращает внимание Генеральной Ассамблеи на тот факт, что представленный основной текст отделен от приложений только в целях удобства и что главное значение имеет научный анализ, содержащийся в приложениях.

8. Краткий обзор биологического воздействия радиации Комитет дает в следующем разделе (пункты 9-51), а далее (пункты 52-106) дает описание радиационного облучения, полученного от различных источников и в результате различных видов деятельности, включая некоторые общие выводы, основанные на этой информации.

3/ Издание Организации Объединенных Наций, в продаже под № R.77.IX.1.

/...

II. ДЕЙСТВИЕ РАДИАЦИИ

A. Общие аспекты

9. За пять лет, прошедшие со времени опубликования последнего всеобъемлющего доклада Комитета 4/, был собран значительный объем новой информации, касающейся не только частоты возможного индуцирования с помощью ионизирующего излучения некоторых неблагоприятных последствий, но и дозы радиационного облучения, которая характерна для различных условий. Благодаря этому появилась возможность более точно, чем ранее, оценить типы и частоту проявления возможных пагубных последствий различных видов деятельности в результате облучения, которому подвергаются лица, участвующие в такой деятельности.

10. Таким образом, в настоящем докладе довольно подробно излагаются наиболее важные последствия облучения человека, причем основное внимание уделяется тем последствиям, которые могут вызываться небольшими дозами облучения и которые могут проявляться или продолжать проявляться через длительные промежутки времени после облучения у отдельных облученных лиц (так называемые соматические эффекты) или у его потомства (генетические эффекты). В отношении обеих категорий последствий Комитет подробно изучил данные, на основе которых можно дать оценку частоты возможного проявления таких последствий у человека в расчете на единицу дозы облучения. В настоящем докладе не рассматриваются последствия сильного облучения всего человеческого организма.

11. Как для соматических, так и для генетических последствий важно сделать оценку вероятной частоты проявления пагубных последствий облучения человека небольшими дозами в результате радиоактивных выпадений от ядерных взрывов, обращения с радиоактивными потребительскими товарами многих видов медицинского использования радиации, профессионального облучения или облучения окружающей среды,

4/ Доклад Комитета за 1972 год.

вызываемого производством ядерной электроэнергии, а также от естественных источников и в результате человеческой деятельности, вызывающей повышенное облучение от естественных источников, о чем идет речь ниже. Однако в большинстве случаев имеющиеся данные о частоте индуцирования неблагоприятных последствий получены только на основе облучения значительно более высокими дозами.

I2. В связи с этим особое внимание уделяется неопределенным моментам, связанным с установлением ожидаемой частоты проявления неблагоприятных последствий облучения небольшими дозами, исходя из последствий, которые наблюдаются при облучении более сильными дозами, и руководящим принципам, которые можно получить, исходя из исследований механизма индуцирования неблагоприятных последствий за счет радиации. В этих целях могут оказаться полезными исследования последствий облучения животных или в некоторых случаях растений. Большие успехи были достигнуты в области анализа механизмов радиационного повреждения и восстановления в биологических системах.

I3. Однако, как правило, единственной надежной базой для количественной оценки вероятной частоты индуцирования неблагоприятных последствий у человека должны служить наблюдения за людьми, которые облучались известными дозами и у которых последствия такого облучения были должным образом изучены.

I4. Опасности эволюционных дефектов, ассоциируемых со внутриутробным облучением, или генетических дефектов, нельзя, однако, определить — или определить исключительно — на основе эпидемиологической информации о человеке, в связи с чем следует использовать результаты экспериментов на животных, с тем чтобы оценить частоту индуцированных радиацией форм эволюционных или генетических дефектов. Что касается соматических эффектов, развивающихся у облученных людей, то в настоящее время имеется ряд таких источников информации, которые позволяют сделать оценку опасностей облучения как всего организма, так и многих органов человека в случае отдельного облучения. В таких случаях оценки соответствующих опасностей имеют существенное значение, даже если они не отличаются высокой точностью и относятся к более высоким дозам, чем те, которые могут встречаться в рабочих условиях или же

в обычной окружающей среде. С точки зрения количественных оценок эпидемиологические исследования имеют большую ценность, чем оценки частоты экспериментального индуцирования злокачественных образований у животных, поскольку частота случаев соматического эффекта данного типа может быть неодинаковой у различных видов животных и, таким образом, лишь в ограниченной степени может служить основой для установления вероятной частоты проявления неблагоприятных последствий у человека.

15. Кроме того, эпидемиологические исследования вызванного радиацией рака, как правило, охватывали намного более широкий круг людей и отличались более высокой точностью диагноза индуцированных неблагоприятных последствий, чем это присуще большинству экспериментальных исследований животных. В связи с этим последствия, вызываемые более слабыми дозами, могут быть в принципе обнаружены с помощью исследований на человеческих популяциях, если соблюден ряд условий. Следует точно выявить общую частоту проявления неблагоприятных последствий, — при необходимости путем наблюдения в течение нескольких десятилетий в случае большинства соматических эффектов, — и сравнить их с частотой у необлученного населения, аналогичного во всех других отношениях облученному населению. Первоначальное облучение должно быть известно и должно принадлежать к типу и виду распределения в организме, которые соответствуют требующейся оценке опасности. Кроме того, частота наблюдаемого эффекта, родственного эффекту, встречающемуся у сопоставимого населения, должна быть достаточно высокой для статистически обоснованной оценки подлежащего определению последствия радиации. Как указывается ниже, большинство этих условий не соблюдается надлежащим образом в различных обзорах частоты индуцирования радиацией злокачественных заболеваний у человека.

16. Для большинства типов ущерба, который может индуцироваться радиацией, частота индуцирования эффекта меняется в зависимости от количества радиации, поглощенной соответствующими тканями организма. Все различные типы "ионизирующей" радиации, рассматриваемые в

/...

настоящем докладе, причиняют ущерб в результате ионизации, которую они вызывают в химических компонентах тканей человеческого организма, и энергии, переданной важным молекулярным структурам тканей, особенно дезоксирибонуклеиновой кислоте (ДНК). Таким образом, вероятный неблагоприятный эффект любого облучения можно в большей степени увязать с энергией, переданной таким образом единице массы ткани. Единица этой поглощенной дозы ионизирующего излучения называется "рад"; один рад соответствует поглощению 0,01 джоуля энергии на килограмм соответствующей ткани.

17. Такое же соотношение между вероятной частотой данного типа эффекта и поглощенной дозой в данной ткани применимо к большинству типов радиации, которые рассматриваются в настоящем докладе (например, рентгеновские лучи, бета- или гамма излучения), независимо от того, передается ли энергия ткани из источников радиации, расположенных вне человеческого организма, или от радиоактивных материалов, находящихся в тканях организма. Однако для определенных типов радиации, например, для нейтронов и для альфа-излучения, испускаемых некоторыми радиоактивными материалами, вероятная частота эффектов при данной поглощенной дозе зачастую в 5-20 раз выше, чем частота эффектов от той же дозы других и более распространенных форм радиации. Считается, что это объясняется тем фактом, что доза передается по коротким следам в ткани, где наблюдается плотная ионизация. В тех случаях, когда в настоящем докладе указывается оценочная частота эффектов на один рад, следует иметь в виду, что, если оценки относятся к нейтронной или альфа-радиации, частота на рад других форм радиации, вероятно, будет существенно ниже. В докладе рассматривается величина такого коэффициента, называемого относительной биологической эффективностью (ОБЭ) нейтронной или альфа-радиации при конкретных условиях облучения.

/...

В. Карциногенные последствия радиации 5/

18. В настоящее время стало очевидным, что большая часть важных остаточных соматических эффектов низких доз радиации представляет собой случайное индуцирование злокачественной болезни, о чем наглядно говорит увеличение подобных случаев у облученных людей. Действительно, широкие и тщательные исследования людей, переживших атомную бомбардировку Хиросимы и Нагасаки, которые продолжаются вот уже свыше 30 лет после облучения, пока еще не показывают чрезмерного увеличения смертности у облученных людей от болезней, иных чем злокачественная болезнь. В связи с этим Комитет изучил всю имеющуюся информацию о карциногенных последствиях радиации на основании которой можно сделать надежную оценку. Слово "карциногенный" включает индуцирование всех форм злокачественности: будь-то лейкемия или твердые, или очаговые виды рака, развивающегося в различных тканях или органах человеческого организма.

19. В настоящем докладе было крайне важно изучить результаты экспериментов на животных, экспериментов с различными видами опухолей, индуцированных радиацией у различных видов животных и то, как частота возникновения опухолей меняется в зависимости от поглощенной дозы радиации в органе, в котором развивается опухоль. Ряд исследований эффектов радиации у человека позволяет получить некоторые сведения относительно того, как частота появления рака меняется в зависимости от размера поглощенной дозы. Однако, как правило, эпидемиологические данные о человеке слишком ограничены либо с точки зрения диапазона доз облучения, либо с точки зрения точности оценки индуцирования рака при каждой дозе с тем, чтобы можно было бы четко установить математическую форму этого соотношения "доза-эффект". В связи с этим исследования на животных имеют огромную ценность, поскольку они показывают, как частота индуцированного рака может

5/ Эта проблема подробно рассматривается в приложении G (Радиационный карциногенез у человека) и в приложении I (Экспериментальный радиационный карциногенез).

/...

изменяться в зависимости от дозы, при условии, когда сделаны надежные оценки частот при различных определенных уровнях дозы и когда точно известны и контролируются тип и условия облучения, а также число и линия облученных животных. В этих условиях обычно выявляется, что опухоли становятся обнаруживаемыми в различные периоды времени - до нескольких лет - после облучения и что общее число появляющихся в конечном итоге опухолей постоянно меняется в зависимости от величины дозы, которую получила каждая группа животных. В некоторых случаях частота получается выше при последовательно более мощных дозах вплоть до дозы мощностью в несколько тысяч раз, однако еще более мощные дозы в этих случаях не вызывают более высокой частоты появления опухолей, а зачастую даже влекут за собой более низкую частоту появления таких опухолей. При дозах, существенно более низких, чем дозы, вызывающие максимальную частоту появления опухолей и в области нескольких десятков рад, обнаруживается, что частота прямо пропорциональна величине дозы, но чаще всего частота на один рад выше при более мощных дозах, чем при меньших дозах.

20. Эксперименты на животных оказались также весьма ценными в том, что они установили более сильный карциногенный эффект на один рад альфа-излучения или нейтронной радиации, чем на один рад других видов радиации, и что они дали основание предполагать, что форма соотношения между дозой и эффектом различна в этих двух группах радиации. В случае альфа- и нейтронной радиации, которая вызывает плотную ионизацию вдоль короткого пути пробега частиц в тканях, частота индуцирования рака зачастую, по-видимому, более строго пропорциональна величине дозы, чем в случае других видов радиации. Исследования на животных оказались также ценными для оценки скорости передачи дозы, или того, производится ли облучение отдельными фракциями дозы или непрерывно.

21. Во многих случаях было также легче систематически изучать на животных, чем на облученных людях то влияние, которое некоторые биологические переменные величины могут оказывать на радиационный канцерогенез. Так, например, пол, возраст животного в момент

/...

облучения, совместное воздействие других канцерогенных агентов или генетические характеристики инбредной линии животных могут сильно влиять на частоту индуцирования опухолей при данной дозе, причем эти переменные величины можно надлежащим образом изучать с помощью экспериментальных методов.

22. Для определения риска необходимо оценить не только общее число случаев появления злокачественных опухолей, которые могут индуцироваться облучением всего человеческого тела при любой данной дозе. Во многих случаях отдельные органы или группы органов облучаются избирательно, например, в результате лечебного облучения или вдыхания или приема внутрь радиоактивного изотопа, который избирательно концентрируется только в определенных тканях или органах. В связи с этим также необходимо оценивать частоту индуцирования злокачественных опухолей в различных органах человеческого тела в отдельности и по возможности изучить и оценивать влияние возраста, пола и других биологических факторов на чувствительность органов.

23. Таким образом, крайне важно в настоящее время проводить и продолжать в течение длительного периода времени наблюдения за развитием рака различных типов среди некоторых групп облученных людей, превышающей частоту проявления рака в сопоставимых популяциях людей, которые не подвергались аналогичному облучению. Наиболее важным является обследование лиц, переживших атомную бомбардировку в Хиросиме и Нагасаки, в ходе которого большая группа людей тщательно изучалась как в отношении развития злокачественных опухолей, так в отношении смертности от всех болезней, включая различные типы рака. Можно провести сравнение между людьми, которые подверглись облучению дозами различной мощности, и людьми, которые не подверглись никакому существенному облучению. С точки зрения оценки опасности это исследование имеет то большое преимущество, что оно основывается на достаточно единообразном облучении "всего тела" большого числа людей всех возрастов и что оно длится уже почти 30 лет. Облучение в Хиросиме включало существенную долю нейтронной радиации, биологическую эффективность которой трудно определить применительно к биологической эффективности других видов радиации, однако в настоящее

/...

время эти обследования позволяют сделать приблизительно оценки канцерогенной опасности как следствие облучения многих органов человеческого организма. Некоторые данные относительно опасности для одного органа, а именно для щитовидной железы, можно также получить, исходя из общего числа случаев рака этой железы у населения двух тихоокеанских островов, которое подвергались облучению, и концентрации радиоактивного иода в щитовидной железе в результате выпадений после испытания водородной бомбы в 1954 году. Большую информацию относительно индуцирования рака легких можно получить, исходя из повышенной смертности от этой болезни в ряде стран среди шахтеров, работающих на урановых рудниках и вдыхающих радиоактивные газы во время своей работы. Однако в данном случае шахтеры подвергаются альфа-облучению, относительная биологическая эффективность которого точно неизвестна.

24. Оценки ряда других канцерогенных рисков можно получить из исследований групп пациента, которые подверглись облучению либо в ходе часто повторявшегося диагностического обследования, либо в ходе лечения их болезни с помощью радиотерапии. В первой группе пациенты, лечившиеся от туберкулеза легких с помощью введения воздуха в грудную клетку с целью поддержания спадения больного легкого, иногда получали существенные дозы облучения грудной клетки в результате обследований, необходимых для контролирования степени спадения легкого; было найдено, что у женщин рак груди развивается чаще, чем это можно ожидать. Повышенное число случаев появления рака в локально облученных органах наблюдалось в большем числе обследований после рентгеновского облучения позвоночника для лечения анкилозирующего ризомелического спондилоза, таза - для лечения болезней матки, груди - для лечения грудных желез или головы и области шеи - для лечения микоза скальпа, инфекций глотки или предполагаемого увеличения зубной железы. В некоторых случаях использовались радиевые препараты для лечения болезней позвоночника или других болезней, а также ториевые соединения в качестве радиологической контрастной среды, что приводило к повышенной частоте появления злокачественных опухолей в облученных тканях. Было также обнаружено, что облучение плода /...

в ходе рентгеновского диагностирования матки матери во время беременности вызывало учащение случаев злокачественных заболеваний в период детства.

25. Благодаря этим широким и разнообразным исследованиям удалось сделать приблизительные оценки радиационного канцерогенного риска для большого числа важных тканей человеческого организма и исключить любой значительный риск для других тканей. Разумно согласующиеся оценки можно получить из ряда различных источников для некоторых органов или тканей, таких, как щитовидная железа, грудные железы у женщин, легкие, кости и костный мозг (в том, что касается индуцирования лейкемии). Для некоторых других органов и тканей, включая мозг, слюнные железы, желудок и другие части желудочно-кишечного тракта, селезенку, лимфатические ткани и, вероятно, печень, оценки являются менее точными зачастую из-за того, что риск представляется менее значительным, а поэтому труднее обнаруживаемым или определяемым в обследованиях людей. В случае одного вида лейкемии (хронической лимфатической лейкемии) ни одно обследование не показало никакого индуцирования, а что касается рака мышц, жировых тканей, предстательной железы и многих других тканей, то риск должен быть очень незначительным, поскольку не было найдено точного доказательства такой опасности.

26. В целом представляется, что грудные железы у женщин, а также щитовидная железа относительно часто подвержены раку, хотя смертность от индуцированного рака щитовидной железы низка. Частота индуцирования рака легких и лейкемии несколько ниже, а частота индуцирования злокачественных опухолей в других органах, в отношении которых можно получить оценки, также, по-видимому, ниже.

27. Однако при определении соматических опасностей облучения необходимо провести оценку полного риска всех злокачественных заболеваний и, в частности, всех фатальных злокачественных опухолей, появляющихся в результате облучения всего тела дозами малой мощности. Такую точную оценку нельзя получить путем сложения рисков для всех органов тела, поскольку некоторые риски, особенно

/...

незначительные, не поддаются точному измерению. Однако некоторые источники указывают, что полный риск для всех фатальных злокачественных опухолей для обоих полов и всех возрастов, вероятно, в среднем в пять раз выше, чем для лейкемии, взятой в отдельности, и что соответствующий риск для лейкемии равняется примерно $2 \cdot 10^{-5} \text{ рад}^{-1}$ (т.е. 2 на 100 000 человек на рад поглещенной дозы) для умеренно малых доз большинства видов радиации (т.е. для рентгеновских лучей и гамма-излучения, а не для нейтронного и альфа-излучения, см. пункт I 5). Таким образом, средний риск индуцирования фатальной злокачественной опухоли принимается находящимися в диапазоне $1 \cdot 10^{-4} \text{ рад}^{-1}$, и средний риск индуцирования нефатальной злокачественной опухоли, вероятно, равняется приблизительно такой же величине. Оцениваемый риск образования злокачественных опухолей в отдельных органах и тканях не противоречит этой величине и означает, что, вероятно, при этой оценке не был упущен из виду ни один орган с высокой частотой индуцирования злокачественных образований. Необходимо, однако, подчеркнуть, что такая оценка получена главным образом, исходя из частоты, которая наблюдается в диапазоне поглощенных доз, свыше 100 рад. Тогда как мало вероятно, что частота на один рад от доз в несколько рад может быть выше этого значения, в то же время она может быть значительно ниже. В частности при малых дозах в диапазоне доз, получаемых ежегодно от естественных источников, нет непосредственной информации относительно уровня индукции злокачественных образований, которую можно было бы использовать. Не получено никаких доказательств, что частота образования опухоли при "внутреннем облучении" тканей тела от радиоактивных изотопов, введенных внутрь организма, отличается от частоты образования опухоли при внешнем облучении, когда подсчитывается величина поглощенной тканями дозы за счет внутреннего облучения.

28. Многие аспекты этой проблемы требуют более полных исследований и, в частности, вариации риска для многих органов применительно к возрасту и полу облученных лиц, а также определения соотношения между риском от малых доз и риском от более мощных доз. Однако при дозах свыше 100 рад общий риск индуцирования злокачественных болезней и средний риск для многих органов тела, по-видимому, определены

/...

достаточно точно во многих источниках, что позволяет установить, какие меры защиты от излучения необходимо предпринять в тех видах деятельности, которые связаны с радиационным облучением и для которых дозы определяются ниже в настоящем докладе.

С. Воздействие облучения на внутриутробное развитие плода 6/

29. Эксперименты на животных неоднократно свидетельствовали о том, что облучение зародыша или плода может вызвать дефекты различной сложности. Некоторые из них настолько серьезны, что смерть животного наступает когда оно все еще находится в матке. Другие причиняют структурные изменения, которые видны при рождении. Иные проявляются лишь после рождения как функциональные недостатки. Было также показано, что типы вызываемых изменений и чувствительность к индукции этих эффектов значительно меняются в зависимости от различных стадий внутриутробного развития плода и в зависимости от того, происходит ли облучение до имплантации оплодотворенного яйца на стенке матки или в течение главной фазы "органогенеза", когда органы и ткани тела дифференцируются в эмбрионе, или же в течение последующего развития плода.

30. Совершенно очевидно также, что подобные типы повреждения могут вызываться у человека в результате внутриутробного облучения на соответствующих стадиях развития. Однако имеется очень мало данных о человеке, которые позволяют сделать количественную оценку рисков, вызываемых радиацией на этих стадиях, и совершенно ясно, что данные, полученные при исследованиях на животных, нельзя непосредственно относить к человеку. Вместе с тем Комитет изучил эффекты, вызываемые у некоторых видов млекопитающих на различных стадиях развития, и попытался скорректировать их с изменениями, наблюдаемыми у человека на соответственных стадиях, если они известны. Таким образом, в

6/ Эта проблема подробно рассматривается в приложении J (Влияние внутриутробного облучения на развитие плода).

/...

настоящем разделе доклада рассматривается влияние облучения на развитие зародыша и плода. Эффекты, вызываемые облучением половых клеток до зачатия, но проявляющиеся в течение последующего развития, будут рассмотрены в разделе **D**, касающемся генетических последствий облучения, а об индуцировании злокачественных изменений в результате облучения плода говорилось в пунктах I8-28.

31. Последствия облучения до имплантации оплодотворенного яйца в матке изучались на мыши, крысе, хомяке, кролике и собаке. Радиационное облучение на этой стадии может послужить причиной смерти эмбриона и нарушения имплантации, причем частота случаев этих явлений неодинакова у разных видов животных. Однако те зародыши, которые выживают после облучения и приживаются, по-видимому, развиваются нормально и имеется очень мало фактов, говорящих о повышенной частоте случаев внутриматочной смерти или индуцированной аномалии, проявляющейся при рождении или позже.

32. Облучение после имплантации и в течение периода, когда структуры тела становятся дифференцированными, а органы развиваются, вызывает в целом побочные типы пороков развития или повреждений у целого ряда различных видов млекопитающих, если они облучаются на сравнимых стадиях развития. Из собранных докладов о редких случаях последствий терапевтического облучения таза у беременных женщин вытекает, что это справедливо и в отношении людей, если они облучаются в течение периода примерно от 9 до 40 дней после зачатия.

33. Исследования на облученных животных, главным образом на крысах и мышах, а также некоторые наблюдения на ряде других видов показывают, что могут появляться три основных типа радиационных эффектов. В результате облучения относительно мощными дозами, особенно если облучение происходит в начале этого периода, смерть оплодотворенного яйца может случиться либо в матке, либо вскоре после рождения, причем дозы, вызывающие 50 процентов фатальных исходов в этих условиях равняются примерно 100 радам или более. В некоторых случаях эти или

/...

более низкие дозы могут нарушить рост зародыша, причем это нарушение нормального развития может продолжаться и после рождения. В третьих, могут наблюдаться более локализованные дефекты развития, вызывающие пороки отдельных структур тела или повреждение метаболических функций.

34. Из исследований на животных вытекает, что повреждения глаза, мозга и нервной системы, или головы, скелета и конечностей могут типично вызываться облучением в течение периода органогенеза и что то или иное повреждение, которое вероятнее всего случится, в весьма большой степени зависит от момента в течение этого периода, когда происходит облучение. Имеется мало информации относительно того, каким образом в зависимости от дозы меняется частота появления того или иного повреждения или всех повреждений. Однако повышенная частота некоторых повреждений наблюдалась при дозах 5 рад у мыши, при 5-10 радах у крысы в случае облучения в моменты, подходящие для индуцирования этих повреждений. При поглощенных дозах в 10-100 рад рассеянной ионизирующей радиации могут индуцироваться повреждения нескольких типов, причем каждый тип с частотой примерно 10^{-3} рад⁻¹ или более, но в целом не имеется надежной информации, показывающей, какова бывает частота при более низких дозах.

35. Хотя совершенно очевидно, что у человека случаются индуцированные радиацией пороки развития и что их типы зависят от стадии развития плода в момент облучения, не имеется достаточной информации, показывающей вероятную частоту, в частности при небольших дозах. В своем докладе 1969 года Комитет сделал оценку возможной частоты случаев умственной отсталости, ассоциируемой с небольшим размером головы (микроцефалия), в диапазоне 10^{-3} рад⁻¹ для свыше 50 рад, при мощном облучении. Последние данные показывают повышенное число случаев микроцефалии и умственной отсталости как следствие дозы, полученной в Нагасаки, в период от 3 до 17 недель беременности. В Хиросиме, где нейтронный компонент был значительно выше, сравнимое

/...

число таких случаев наблюдалось при более низких дозах. Однако различные исследования последствий облучения зародыша во время радиологических процедур, обычно связанных с малыми дозами, не показали каких-либо существенных отклонений от нормы.

36. У животных облучение на стадии развития плода, как и на более ранних стадиях внутриутробной жизни, может послужить причиной смерти зародыша, нарушения роста или пороков развития. Однако на этой стадии возможность смертных случаев снижается последовательно, а индуцирование пороков роста становится значительно менее вероятным, по крайней мере в том, что касается дефектов в главных анатомических структурах, которые приводят к серьезной функциональной инвалидности. Некоторые серьезные дефекты продолжают индуцироваться, особенно после облучения высокими дозами. Однако те пороки развития, которые случаются при более низких дозах, в значительной степени сводятся к поражениям, которые обнаруживаются с помощью микроскопа. Однако размер тела и вес при рождении, согласно исследованиям, обычно уменьшаются после облучения в течение этой стадии развития плода.

37. У человека период развития плода длится в течение последних 33 недель беременности. Как было доказано, облучение в этот период ассоциируется с дефектами роста и с некоторой смертностью при высоких дозах. Индуцирование микроцефали может случаться, если облучение производится высокими дозами, но существенные пороки роста, по-видимому, индуцируются на этой стадии в меньшей мере, чем в течение органогенеза, хотя, как было обнаружено, гетерохромия (неправильная окраска радужной оболочки глаза) индуцируется радиологическим облучением при диагностике в течение четвертого и пятого месяцев беременности.

38. Японские дети, которые подверглись внутриутробному облучению в результате взрывов атомных бомб в Хиросиме и Нагасаки дозами свыше 50 рад, показали в возрасте 17 лет явные признаки уменьшения размера тела.

/...

39. На основании экспериментов над животными можно сделать заключение, что развивающиеся зародыши и плод показывают резко выраженную чувствительность к индукции пороков развития вследствие облучения, особенно в течение главных фаз органогенеза. Протекание реакций у различных животных так похоже, что можно предположить, что человек не будет являться в этом отношении исключением. Однако пока еще нет удовлетворительных данных для получения надежной количественной оценки риска, связанного с внутриутробным облучением человека на сравнимых стадиях развития эмбриона, особенно в диапазоне низких доз и низких мощностей дозы. Комитет подчеркивает поэтому важность проведения дальнейших исследований ряда специальных аспектов этой проблемы.

/...

Д. Генетические последствия радиации^{2/}

40. При облучении клеток ионизирующим излучением хромосомы ядер клетки могут быть повреждены в результате образования генных мутаций, связанных с изменениями в элементарных единицах наследственности, которые локализуются внутри хромосом, или в результате индуцирования хромосомных aberrаций, состоящих из изменений структуры или числа хромосом. Когда такие изменения индуцируются в зародышевых клетках, они могут передаваться потомкам облученных лиц. Генные мутации и хромосомные aberrации, которые спонтанно происходят у человека, являются источником значительных испытаний, так как на их долю приходится существенная часть всех самопроизвольных выкидышей и врожденных пороков, вызывающих умственные и физические дефекты. Таким образом, крайне важно сделать оценку, насколько облучение может увеличить частоту появления этих генетических дефектов. Комитет изучил частотные оценки, которые можно получить для различных типов генных мутаций и хромосомных aberrаций, особенно применительно к двум стадиям зародышевой клетки, которые, как было обнаружено, являются очень важными. Этими стадиями являются сперматогонии и ооциты, которые образуют постоянную популяцию зародышевых клеток у мужчин и женщин, соответственно.

41. Для удобства генные мутации классифицируются как доминантные и рецессивные в зависимости от того, насколько эффект мутации выражается у потомка, наследующего мутированный ген только от одного родителя. Полностью доминантная мутация имеет максимальный эффект у потомка, даже если она передается от одного родителя. Полностью рецессивная мутация не имеет эффекта у потомка, если он не получил гены с той же аномальностью от обоих родителей (или же если он не получил ее в хромосоме X). Эффекты многих мутаций у человека и подопытных животных являются промежуточными между полностью доминантной и полностью рецессивной мутациями.

42. Хромосомные aberrации бывают двух видов: а) структурные aberrации, возникающие при разрыве или соединении хромосом, которые

^{2/} Этот вопрос подробно рассматривается в приложении Н (генетические последствия радиации).

могут включать уменьшение (делеция) или увеличение (удваивание) числа некоторых генов внутри хромосомы или изменения в последовательности расположения генов (инверсия или транслокация); в) численные aberrации, связанные с увеличением или уменьшением числа хромосом.

43. Комитет подробно рассмотрел последние результаты изучения процессов радиационного повреждения и восстановления ДНК, поскольку очевидно, что генетические последствия радиации, вероятно, объясняются главным образом ущербом, нанесенным этой молекулярной структуре.

44. Наблюдения за последствиями облучения человека дают очень мало информации для оценки генетической опасности радиации, особенно при низких дозах. В связи с этим эти оценки в большой мере должны основываться на эффектах, наблюдаемых в исследованиях на животных и, в частности, на мышах, у которых генетические последствия радиации хорошо изучены. Используя эти данные, следует допускать, что величина генетического повреждения индуцированного радиацией при данных условиях, одинакова в зародышевых клетках мыши и человека и что физические и биологические переменные величины сказываются одинаковым образом и в одинаковой степени на масштабах повреждения. В некоторых случаях такие предположения можно проверить с помощью данных, полученных у человека или других приматов.

45. В настоящем докладе используются два метода для оценки генетической опасности облучения человека. При первом, или "прямом" методе опасность выражается в ожидаемой частоте появления различных типов генетического изменения, индуцированного единичной дозой. При втором методе, или методе "удваивающей дозы", производится оценка дозы облучения, которая удваивает естественную частоту появления генетической аномалии различных типов. Затем производится оценка ожидаемого эффекта данной дозы на пропорциональной основе, исходя из известной естественной частоты появления различных форм генетической аномалии у человека и из предполагаемого значения удваивающей дозы.

/...

46. При использовании "прямого" метода общая часть индуцирования рецессивных мутаций оценивается в размере $60 \cdot 10^{-6}$ на гамету на рад. Эта величина выводится, исходя из частоты появления аутосомальных рецессивных летальных мутаций в результате облучения высокими дозами сперматогониев мыши с поправками на мутации, которые, возможно, не были обнаружены, и на условия облучения, применимыми к человеку. Для оценки риска в первом поколении потомства облученных родителей важное значение представляет степень доминирования этих мутаций.

47. Общую оценку риска от индукции мутаций, вызывающих доминантные эффекты (это включает также рецессивы с неполной доминантностью, о которых шла речь в пункте 46, а также доминанты видимые), можно получить, исходя из частоты индукции мутаций, вызывающих аномалии в скелете мышей, которые были тщательно изучены. Частота индукции скелетных мутаций у мышей использовалась для оценки частоты индукции доминантов, оказывающих влияние на весь организм человека. Изучение природы воздействия на скелет позволило также оценить, какая доля этих мутаций вызывает у человека серьезные дефекты. Полученная таким образом общая оценка для облученных самцов равна $20 \cdot 10^{-6}$ рад⁻¹. Для облученных самок в диапазоне низких доз и низких мощностей дозы ожидается, что риск образования мутаций очень невелик при условии, что яичники человека реагируют на облучение таким же образом, как и у мышей.

48. При оценке "прямым" методом риска, вызываемого индуцированием хромосомных aberrаций, используются некоторые данные, полученные от наблюдений за человеком и некоторыми видами приматов. Данные, полученные в отношении приматов, отличаются значительным разнообразием, но те из них, которые показывают более высокий риск (скорее у обезьян-мармозеток, чем у макак-резус), использовались в сочетании с данными, полученными при наблюдении за человеком. При такой оценке риски в результате индуцирования реципрокных транслокаций принимаются равными от 2 до 10 живорожденных детей с врожденными пороками на миллион оплодотворенных яиц на 1 рад отцовского облучения, причем

/...

количество признанных абортс примерно в 5 раз превышает это число, а количество выкидышей на ранней эмбрионной стадии - примерно в 10 раз. Соответствующий риск от облучения матерей, по-видимому, невелик, как и риск от других структурных аберраций и от потерь половых хромосом; в то же время в настоящее время нельзя количественно оценить риск от увеличения хромосом. Таким образом, прямые методы дают основание полагать, что генетический риск у первого поколения потомства у родителей, облученных дозой в 1 рад, вероятно, составляет примерно 20-30 случаев серьезных дефектов на 1 миллион живорожденных (20 - мутациями с доминантными эффектами и 2-10 - в результате структурных аберраций хромосом). Эта оценка включает риск от индукции аномалий, связанных с изменением числа хромосом, по которым пока еще нет достоверных данных.

49. Метод удваивающей дозы исходит из предпосылки, что частота вызванных радиацией мутаций для каждого вида генетических дефектов пропорциональна частоте стихийного образования мутаций. Наблюдения за мышами показали, что доза, необходимая для того, чтобы удвоить естественную частоту случаев появления ряда различных форм генетической аномальности, примерно имеет ту же величину и ее можно считать равной приблизительно 100 радам для таких видов излучения, как рентгеновские лучи, бета- или гамма-излучения, испускаемые малыми дозами. В этой связи крайне важен тот факт, что данные о смертности детей, родившихся у лиц, переживших бомбардировку Хиросимы и Нагасаки, свидетельствуют о том, что для людей обоих полов удваивающая доза, по-видимому, не ниже этой величины. Таким образом, увеличение числа генетически обусловленных заболеваний в пересчете на 1 рад едва, по-видимому, не превышает одного процента соответствующей естественной частоты.

50. С помощью этого метода Комитет сделал оценки, согласно которым среди одного миллиона живорожденных детей в первом поколении потомства популяции, облученной дозой мощностью 1 рад, в течение жизни поколения, по-видимому, будет насчитываться 20 человек, страдающих от доминантных или связанных с хромосомой X болезней, 38 человек - хромосомно

/...

обусловленными болезнями и 5 человек, страдающих сложной этиологией, вызванной облучением. Согласно методу удваивающей дозы, общее генетическое повреждение, проявляющееся во всех поколениях (или величина в каждом поколении, достигаемая после продолжительного непрерывного облучения), составляет $185 \cdot 10^{-6}$ рад⁻¹.

51. Рассматриваемые виды генетического повреждения и полученные оценки рисков не учитывают полностью класс мутационных событий, которые приводят к незначительным вредным последствиям и которые в силу их большего числа могут наложить более тяжелый общий генетический груз на население, чем меньшее число относительно более серьезных заболеваний.

/...

III. ИСТОЧНИКИ РАДИАЦИИ И ОБЛУЧЕНИЕ

A. Общие аспекты^{8/}

52. Комитет собрал и изучил данные относительно облучения человека в двух основных целях. Первая цель заключается в том, чтобы получить данные относительно индивидуального облучения, что позволило бы установить возможные уровни риска, которому подвергаются отдельные люди в различных обстоятельствах. Вторая цель сводится к тому, чтобы получить данные, которые можно было бы использовать для определения общих последствий радиационного поражения от того или иного источника излучения. В связи с этим два вида оценки - оценка применительно к человеку и оценка применительно к источнику - служат различным целям.

53. Основной величиной во всех оценках является поглощенная доза, которая для некоторых типов радиации должна быть взвешена с учетом повышенной биологической эффективности (пункт I7). Если иное не указано, в настоящем докладе более короткий термин "доза" означает среднюю поглощенную органом или тканью дозу. При указании данных о дозах период времени, в течение которого аккумулируется доза, всегда приводится в оценках, касающихся человека, тогда как период времени, в течение которого испускается доза, имеет меньшее значение для оценок применительно к источнику.

I. Оценки применительно к человеку

54. В зависимости от целей оценки период времени, к которому относится индивидуальная доза, может равняться одному году, всей продолжительности жизни, ограниченному времени однократного облучения или любому другому отрезку времени. Постоянная деятельность, которая неизбежно приводит к накоплению радиактивности в организме человека или в окружающей среде, пока не будет достигнуто положение постоянного состояния. Это, например, может наблюдаться в тех

^{8/} Концепции, использованные при оценке доз облучения, подробно рассматриваются в приложении А (Концепции и величины, используемые при оценке доз облучения человека).

/...

случаях, когда деятельность человека связана с выбросом долгоживущих радиоизотопов, которые остаются в окружающей среде в течение долгого времени. В таких случаях "ожидаемая доза", получаемая, например, за один год, оценивается как сумма будущих годовых доз индивидуумов. Такой метод подсчета применяется также и в отношении одного среднего человека и в общем случае распространяется на будущие поколения. Можно доказать, что годовая доза, когда она достигнет в будущем своего максимального значения, не будет превышать общей дозы, получаемой за один год практики. Ожидаемые дозы для различных слоев населения, таких, например, как группы людей, подвергающихся наибольшему облучению, или для всего населения мира, оцениваются с тем, чтобы учесть те будущие составные части дозы, которые группы людей получают в ходе настоящей деятельности и которые приведут к более высоким годовым дозам, чем в настоящее время, если таковая деятельность будет продолжаться.

2. Оценки применительно к источнику радиации

55. Что касается оценок, привязанных к источникам излучения, то необходимо вычислить величину, которая была бы связана с ущербом, наносимым тем или иным видом человеческой деятельности. Исходя из пропорциональности между дозой излучения и индивидуальным риском в диапазоне встречающихся доз, "коллективную дозу" можно определить как величину, прямо пропорциональную радиационному повреждению. Коллективная доза является произведением числа людей в облучаемой популяции на их среднюю дозу. Чтобы оценить общий ущерб от данной деятельности, в оценку следует включить всех индивидуумов, т.е. следует вычислить глобальную коллективную дозу. Для оценки общего радиационного повреждения необходимо также включать все будущие составные коллективные дозы. Таким образом, "ожидаемые коллективные дозы" вычислялись как сумма годовых глобальных коллективных доз за все будущие годы. Ожидаемая коллективная доза всегда увязывается с ограниченным объемом человеческой деятельности, выбросом некоторого количества радиоактивного вещества в окружающую среду,

/...

производством определенного количества электроэнергии или результатом какого-либо единичного решения.

56. Величины ожидаемой коллективной дозы могут использоваться для оценки радиационного повреждения, если известно радиационное повреждение на единицу коллективной дозы (человеко-рад). Даже без наличия этого условия коллективные дозы от различных видов человеческой деятельности могут сопоставляться в целях оценки относительного ущерба. Это может служить ценным элементом при принятии решения - с учетом затрат и эффективности - относительно возможного применения мер радиационной защиты, если допустить, что вероятность ущерба прямо пропорциональна дозе.

В. Источники облучения человека

57. В предыдущих докладах Комитета данные относительно облучения человека приводились отдельно для различных категорий облучения, таких как профессиональное облучение, медицинское облучение пациентов, облучение в результате загрязнения окружающей среды и прочие виды облучения. В целом та же процедура была использована и в научных приложениях к настоящему докладу^{9/}. Вместе с тем в нижеследующих пунктах ряд источников и видов деятельности рассматриваются применительно к общему результирующему облучению, включая все составные элементы облучения, - будь то профессионального характера или в результате загрязнения окружающей среды, - с целью получения данных для оценок, увязанных с источником радиации.

58. Радиационное облучение из естественных источников является результатом как земного, так и космического облучения и колеблется в зависимости от географического расположения главным образом за счет различия в высоте и распространении радиоизотопов в земной окружающей среде. В иллюстративных целях ожидаемая коллективная

^{9/} Более подробные сведения об этих и других видах облучения даны в соответствующих приложениях к настоящему докладу: приложение В (Естественные источники радиации), приложение С (Радиоактивные загрязнения в результате ядерных взрывов), приложение D (Радиоактивные загрязнения в результате производства ядерной энергии), приложение Е (Дозы профессионального облучения) и приложение F (Лечебное облучение).

/...

доза от других источников радиации иногда в настоящем докладе дана в виде эквивалентной длительности облучения из естественных источников, которые вызвали бы ту же самую глобальную ожидаемую коллективную дозу (см. таблицу 3).

59. Дозы облучения от естественных источников радиации могут увеличиться за счет таких видов человеческой деятельности, как высотные полеты, строительство зданий с использованием материалов с высоким содержанием радия, снижение интенсивности вентиляции в домах и бурение глубоких скважин в водах с высокой концентрацией радона. Повышенное облучение природными источниками радиации также является переменной величиной, колеблясь от незначительного увеличения до увеличения облучения примерно на порядок. Это повышенное облучение из естественных источников может хорошо поддаваться оценкам, увязанным с источниками, когда они получены на основании человеческих решений, в отношении которых величина коллективной дозы может приниматься как мерилло последующего ущерба. Прочими источниками или видами практики, в отношении которых Комитет дает оценки величины облучения, являются облучение в медицинских целях (включая облучение пациентов и иные виды облучения), атомные электростанции, ядерные взрывы и потребительские товары, испускающие радиацию.

1. Нормальное облучение из естественных источников радиации Ю/

60. Человек всегда подвергался облучению ионизирующим излучением от различных естественных источников. Отличительной характерной чертой этого естественного облучения является то, что оно охватывает все население мира и продолжается в течение очень долгого времени при относительно постоянной интенсивности. С другой стороны, даже нормальное естественное облучение существенно колеблется от одного к другому месту и даже в пределах одного места, например, внутри одного здания.

Ю/ Этот вопрос подробно рассматривается в приложении В (Естественные источники радиации).

/...

61. Оценка доз, получаемых человеком из естественных источников, имеет особую важность, поскольку естественное облучение является самой крупной частью коллективной дозы населения мира. Кроме того, степень колебания естественного облучения в зависимости от места и привычек представляет практический интерес.

62. Различные естественные источники излучения включают внешние источники, такие как космические лучи и радиоактивные вещества в почве и в строительных материалах, так и внутренние источники в виде встречающихся в природе радиоактивных веществ, находящихся в человеческом организме, в частности калий-40.

63. В таблице 1 ниже приводятся данные о среднем вкладе естественных источников излучения в облучение населения, проживающего в районах с нормальным фоном радиации. Годовые дозы на душу населения были оценены для четырех тканей: гонады, легкие в целом, клетки, покрывающие кости, и красный костный мозг с учетом всех видов облучения. В этих тканях годовая доза нормального облучения из естественных источников, по оценкам, составляет порядка 100 миллирад (1 миллирад = 0,001 рад). Для сравнения в таблице 1 в скобках указаны оценки, приводившиеся в докладе 1972 года. Новые оценки на несколько процентов ниже предыдущих оценок для гонад и клеток, покрывающих кости, и на несколько процентов выше для красного костного мозга. Различия объясняются главным образом лучшим знанием доз от "земной" радиации (в данном случае имеется в виду гамма-излучение почвы и строительных материалов), которые в настоящее время, согласно оценкам, на 30 процентов ниже цифр, указанных в докладе 1972 года. Увеличение оценки дозы для красного костного мозга объясняется тем, что облучение от калия-40 оценивается выше, чем это предполагалось ранее.

64. В результате ингаляции радона-222 и его дочерних продуктов доза во всех легких, - которая сейчас впервые оценивается Комитетом, - на 20-45 процентов выше, чем в других тканях. Кроме того, существенная доля (31 процент) этой дозы приходится на альфа-излучение, которое, как предполагается, имеет более высокую относительную

/...

биологическую эффективность, чем бета- и гамма-излучения, которые составляют более 90 процентов дозы в других тканях. Можно указать, что эпителиальные клетки трахеобронхиального дерева получают годовую дозу порядком 200 миллирад, в основном от альфа-излучения.

65. Индивидуальные дозы от космических лучей и калия-40 в теле человека колеблются незначительно. Однако индивидуальные легочные дозы подвержены довольно сильным колебаниям вследствие различной концентрации радона и его дочерних продуктов в воздухе помещений. Доли дозы, приходящиеся на эти источники, обычно колеблются в пределах от 4 до 400 миллирад в год.

Таблица 1

Годовые дозы на душу населения нормального облучения от естественных источников радиации (в миллирадах) а/

	Гонады	Легкие в целом	Клетки, покрывающие кости	Красный костный мозг
<u>Внешнее облучение</u>				
Космические лучи	28 (28)	28	28 (28)	28 (28)
Земная радиация	32 (44)	32	32 (44)	32 (44)
<u>Внутреннее облучение</u>				
Калий-40	15 (19)	17	15 (15)	27 (15)
Радон-222 (с дочерними продуктами)	0,2 (0,07)	30	0,3 (0,08)	0,3 (0,08)
Прочие нуклиды	2 (1,4)	5,5	9,1 (4,3)	4 (1,9)
Всего	78 (93)	110	84 (92)	92 (89)

а/ Цифры в скобках относятся к оценкам, сделанным в докладе 1972 года. Все значения и общие итоговые величины округлены до двух значимых цифр.

/...

66. Намного более высокие дозы от внешних источников получают группы населения, проживающие на большой высоте или в районах с высокой естественной радиацией. Некоторые группы населения также подвергаются облучению повышенными внутренними дозами. К таким группам относится, например, население, проживающее в северных районах и питающееся мясом северных оленей, или люди, живущие в домах с плохой вентиляцией, как это может иметь место в более холодном климате. Интенсивность вентиляции определяет среднюю концентрацию радона в воздухе помещений при данной интенсивности излучения (от строительных материалов, пола или богатой радоном водопроводной воды).

67. В оценках относительного риска общее облучение, вызываемое ограниченными масштабами практики, связанной с радиацией (пункт 55), может быть выражено применительно к продолжительности облучения конкретной группы населения при постоянной мощности, которое, согласно предположению, причинит такой же вред. Это сравнение становится особенно наглядным, если такого рода практика дает относительно единообразное облучение и если приводятся данные об эквивалентной продолжительности облучения населения мира от естественных источников радиации. Таким образом, как и в предыдущих докладах, Комитет указал эквивалентную продолжительность облучения радиацией из естественных источников, которая вызывает, по-видимому, такую же ожидаемую коллективную дозу, что и практика, рассматриваемая в настоящем докладе. Годовая коллективная доза, получаемая населением мира от естественных источников, составляет около $3 \cdot 10^8$ человеко-рад для большинства тканей человеческого тела, но на 30 процентов выше для легких в целом.

/...

2. Облучение от естественных источников, усиленное технологическими причинами ^{11/}

68. В некоторых ситуациях облучение от естественных источников усиливается в результате технологических причин. Такими примерами могут служить облучение космическими лучами в самолетах, облучение, вызываемое фосфатной промышленностью, или облучение, вызываемое выбросом природных радиоизотопов на электростанциях, работающих на угле.

69. Строительные материалы. Использование некоторых строительных материалов приводит к существенному повышению уровней облучения внутри помещений. Эти строительные материалы могут быть естественного происхождения, как, например, пемза, гранит или легкий бетон из квасцовой глины. Они могут изготавливаться из побочных продуктов промышленных процессов, таких как шлак или фосфорный гипс. Если весь фосфорный гипс, полученный из одной тонны товарной фосфорной руды, использовать в строительстве, ожидаемая коллективная доза может в результате быть равной нескольким человеко-радам на тонну руды. Мощность дозы в воздухе от гамма-излучения в зданиях из таких материалов может значительно превышать среднюю нормальную мощность дозы от земной радиации. Уровни содержания радона также будут значительно выше при данной интенсивности вентиляции.

70. Плохая вентиляция. Изменение вентиляции в плохо проветриваемом помещении значительно влияет на уровень содержания радона. Интенсивность вентиляции в домах различна в разных странах из-за климата, отопительных систем и строительных норм. Во многих странах практикуется двухкратная-пятикратная смена воздуха в помещении в течение одного часа. Однако в странах с холодным климатом интенсивность вентиляции может иногда составлять всего лишь 0,1-0,2 смены воздуха в час, что может повысить годовые дозы на несколько рад в легких от альфа-излучения. Содержащийся в воде радон вызывает облучение не

^{11/} Этот вопрос подробно рассматривается в приложении В (Естественные источники радиации).

только после усваивания воды, но и после вдыхания радона, испускаемого водой. Когда концентрация радона в водопроводной воде велика, легочная доза, вызываемая вдыханием в помещениях больше, чем доза в желудке, возникающая в результате усваивания нормального количества воды.

71. Пассажиры в самолетах. Ежегодно воздушные путешествия составляют в целом около 10^9 пассажиро-часов. При средних солнечных условиях годовая коллективная доза, приходящаяся на воздушные путешествия, составляет около $3 \cdot 10^5$ человеко-рад. Опасность мощной космической радиации на большой высоте в результате крупных солнечных вспышек вынудила ставить на сверхзвуковых самолетах радиационные регистраторы, предупреждающие пилотов о вспышках на солнце. Самолеты снижаются, если мощность дозы достигает заранее установленного уровня. Высокие уровни радиации на больших высотах во время солнечных вспышек встречаются редко, в связи с чем они незначительно повышают коллективную дозу для населения мира.

72. Применение фосфатных удобрений. Залежи минеральных фосфатов обычно содержат относительно высокие концентрации радиоизотопов ряда распада урана-238. В мире добывается очень большое количество фосфатной руды. Некоторое количество руды перерабатывается на удобрения, а часть идет в отвалы. И то и другое может привести к облучению населения. Кроме того, одним из побочных продуктов является гипс, который может использоваться как строительный материал и тем самым является источником радиации особого значения. Оценка ожидаемой коллективной дозы на тонну товарной руды показывает, что доля облучения, падающая на фосфатные удобрения, невелика, порядка $3 \cdot 10^{-4}$ человеко-рад на тонну удобрений. При условии, что в мире ежегодно используется 10^8 тонн фосфатных удобрений, ожидаемая коллективная доза за счет ежегодного применения этих удобрений составляет примерно $3 \cdot 10^4$ человеко-рад.

/...

73. Электростанции, работающие на угле. Сжигание угля является одним из источников повышения уровня облучения от встречающихся в природе элементов, особенно, таких как радий, торий и уран. Концентрации важных радиоизотопов измерялись как в угле различных сортов, так и в его золе и шлаке. Комитет сделал оценку ожидаемой коллективной дозы на мегаватт в год производства электроэнергии Мвт(эл)-год за счет отложения разносимого ветром пепла, но нашел, что эта величина незначительна и находится в диапазоне от 0,002 до 0,02 человеко-рад на Мвт(эл)-год в различных тканях тела за счет выбрасываемых материалов, осаждающихся на землю, и в таком же диапазоне от 0,002 до 0,02 человека-рад на Мвт(эл)-год от вдыхаемых веществ.

74. Использование природного газа. Природный газ, используемый в кухонных плитах и отопительных приборах, является источником радона в зданиях. Радон, образующийся в земле, проникает из геологических формаций в скважины природного газа. Однако, как установлено, этот источник радона незначителен по сравнению с другими его источниками.

3. Потребительские товары, испускающие радиацию I2/

75. Целый ряд потребительских товаров содержит радиоизотопы, которые специально в них вводятся для достижения определенной цели. Кроме того, некоторые электронные приборы, такие как телевизоры, могут испускать рентгеновские лучи. Наиболее широко используемыми потребительскими товарами, испускающими радиацию, являются радиолюминисцентные часы, компасы, световые сигналы, детекторы дыма, антистатические устройства и телевизоры. В разных странах приняты различные национальные нормы, регулирующие уровни облучения от этих товаров. В потребительских товарах наиболее широко применяются тритий, криптон-85 и протий-147, которые испускают незначительные количества проникающей радиации.

I2/ Этот вопрос подробно рассматривается в добавлении к главе IV приложения В и в приложении Е (Дозы профессионального облучения).

76. До 60-х годов радий-226 был наиболее широко используемым изотопом в радиolumинисцентной краске, а следовательно в наручных часах и будильниках. Человек, носящий наручные часы со средне-активированным радием, получает гонадную дозу в несколько миллирад в год. Хотя это внешнее облучение устранено благодаря использованию в настоящее время в этих целях трития, однако может иметь место частичная утечка трития из часов и явиться причиной внутреннего облучения, при этом доза на все тело равна примерно 0,5 миллирад в год. Использование радиolumинисцентной краски в часовой промышленности в настоящее время может вызвать коллективную дозу для мирового населения порядка 10^6 человеко-рад в год. Она также вызывает профессиональное облучение.

77. Рабочие, занятые в люминисцентной промышленности, традиционно относились к тем группам рабочих, которые получали дозы выше средних. Заметное улучшение положения, которое может быть обеспечено благодаря активному выполнению программы радиационной защиты, было продемонстрировано в докладе 1972 года. Коллективные дозы профессионального облучения невелики по сравнению с коллективными дозами облучения населения, но все же время от времени могут наблюдаться высокие индивидуальные дозы.

78. Бытовые цветные телевизоры являются самым распространенным потребительским товаром, который может потенциально облучать население рентгеновскими лучами. В докладе 1972 года приводились некоторые случаи "утечки" рентгеновских лучей из некоторых типов телевизоров. Однако после этого широкое распространение получили схемы из твердых тел. Таким образом, вполне вероятно, что испускание рентгеновских лучей производимыми в последнее время телевизорами ничтожно при условии их нормальной эксплуатации и обслуживания.

/...

79. Трудно дать оценку дозы, вызываемой использованием потребительских товаров, испускающих излучение, из-за отсутствия широкой информации о количестве таких товаров на рынке и об уровне связанной с ними радиоактивности. Однако, благодаря международным рекомендациям и некоторым национальным нормам, положение с контролем постепенно улучшается, и вполне вероятно, что годовая доза для гонад на душу населения от использования потребительских товаров, испускающих радиацию, составляет в настоящее время менее одного миллиарда.

4. Производство электроэнергии на основе реакции деления I3/

80. Использование ядерных реакторов для производства электроэнергии постоянно расширялось, хотя и не теми темпами, которые предсказывались, после первой попытки Комитета оценить выбросы радиоактивных материалов в промышленности ядерного топлива и вытекающую из этого ожидаемую глобальную дозу. В 1976 году общая установленная мощность атомных электростанций в мире составляла около 80 Гвт(эл): в 19 странах действовало 187 энергетических реакторов. В 2000 году эта мощность, согласно прогнозам, составит около 2000 Гвт(эл).

81. Производство ядерной электроэнергии состоит из целого ряда стадий, включая добычу и дробление урана, превращение его в топливный материал (в большинстве случаев включая обогащение изотопом урана-235), изготовление топливных элементов, использование топлива в ядерных реакторах, хранение отработанного топлива, переработку этого топлива с целью вторичного использования, транспортировку материалов между различными установками и конечное удаление радиоактивных отходов.

82. Почти все радиоактивные материалы, присущие атомной промышленности, присутствуют в реакторах и в отработанном топливе или в хорошо изолированных фракциях, отделяемых от топлива во время

I3/ Этот вопрос подробно рассматривается в приложении D (Радиоактивное заражение при производстве ядерной электроэнергии) и в приложении E (Дозы профессионального облучения).

операций по регенерации топлива. Однако почти на всех стадиях этих операций случается выброс небольших количеств радиоактивных материалов. Большинство выбрасываемых радиоизотопов представляет опасность только для данного пункта или района, поскольку их полупериоды распада короче времени, необходимого для их распространения на большие расстояния. Однако некоторые радиозотопы, имеющие более длинные периоды полураспада или более быстро распространяющиеся, могут распространяться по всему миру.

83. Комитет заинтересован в оценке коллективной дозы, вызываемой выбросом радиоактивных веществ на всех стадиях современной атомной промышленности. Поскольку масштабы каждой операции увязаны с ядерными мощностями, которые она обслуживает, представляется разумным выразить такую оценку в величине коллективной дозы на единицу производимой электроэнергии, т.е. на Мвт(эл)-год. Эти коллективные дозы для мирового населения от производства атомной электроэнергии включают дозы, получаемые четырьмя компонентами, а именно: группами, подвергающимися профессиональному облучению; местным населением; региональным или промежуточным населением; и населением всего мира.

84. Особая проблема возникает в случае нескольких радиоизотопов, которые имеют очень длинные периоды полураспада. Наиболее важными примерами являются уран-238 ($4,5 \cdot 10^9$ в год) и йод-129 ($1,6 \cdot 10^7$ в год). Хотя эти радиоизотопы не накопятся в биосфере в достаточном количестве, чтобы вызвать дозу свыше одного миллирада в год, даже если производство атомной электроэнергии продолжалось бы 500 лет в объеме 2 000 Гвт(эл) при современной технологии, многие миллионы лет облучения могут привести к высокой ожидаемой дсзе.

85. Поскольку периоды облучения, наблюдающиеся в этих случаях, крайне длительны в человеческой перспективе, ожидаемые коллективные дозы представляют собой нечто нереальное. Например, чтобы аккумулялировать коллективную дозу в размере 1 человеко-рада на Мвт(эл)-год, мировое население численностью 10^{10} человек должно было бы подвергаться облучению ураном-238 в течение примерно десяти миллионов лет

/...

или же йодом- I^{129} в течение десяти тысяч лет. Учитывая небольшие годовые дозы, указанные в пункте 84, облучение от этих радиоизотопов не принимается во внимание в нижеследующих расчетах.

86. Углерод- I^4 также создает аналогичные проблемы, хотя он имеет намного более короткий период полураспада (5 730 лет). Коллективная доза от выбросов углерода- I^4 из легководных реакторов и смежных заводов по регенерации топлива составляет, по оценкам, около 5 человеко-рад на 1 Мвт(эл)-год в мягких тканях и I^4 человеко-рад на 1 Мвт(эл)-год в клетках, покрывающих кости, и в красном костном мозгу. Половина этой коллективной дозы будет получена в течение 5 700 лет. Однако, поскольку углероду- I^4 требуется некоторое время для распространения в океанах, одна четвертая часть коллективной дозы будет получена в течение 500 лет. Это означает, что, если атомная промышленность будет действовать постоянными темпами в течение 500 лет, будущая максимальная годовая коллективная доза составит около одного человеко-рада на 1 Мвт(эл)-год в мягких тканях и 3 человеко-рада на 1 Мвт(эл)-год в клетках, покрывающих кости, и в красном костном мозгу. Эти цифры будут использованы ниже при сравнении долей, составляющих коллективную дозу.

87. При обзоре долей дозы от различных стадий производства атомной электроэнергии следует иметь в виду, что индивидуальные облучения ограничиваются национальным законодательством, зачастую основанном на рекомендациях Международной комиссии по защите от радиоактивного излучения. Это означает, что годовая доза всего тела для лиц, подвергающихся профессиональному облучению, ограничивается максимум в 5 рад для наиболее часто встречающихся видов радиации. Национальные власти обычно предусматривают положения, которые гарантируют, что годовые дозы для лиц, подвергающихся наиболее высокому облучению вблизи различных установок, составляют небольшую долю предельной дозы в размере 0,5 рад в год, которая рекомендуется МКЗРИ для суммы всех облучений в дополнение к облучению от естественных источников и медицинскому облучению персонала. В настоящее время меры

/...

радиационной защиты также включают принцип ликвидации любого облучения, которое не является необходимым, и сохранения всех доз на таком низком уровне, на котором это возможно. Последствия этих мер предосторожности таковы, что облучения предельными дозами редки и что распределение дозы обычно таково, что средняя доза в каждой группе лиц, на которую распространяется тот или иной предел, значительно ниже самого предела. Оценка ожидаемой коллективной дозы применительно к источнику излучения представляет первостепенный интерес для настоящего доклада.

88. Изучив различные стадии производства атомной электроэнергии, Комитет нашел, что следующие источники содействуют величине облучения обслуживающего персонала и населения:

а) Добыча, переработка и изготовление топлива. Эти стадии связаны в основном с профессиональным облучением. Ожидаемая коллективная доза облучения всего тела для рабочих составляет 0,05 человеко-рада на 1 Мвт(эл)-год при добыче и 0,15 человеко-рада на 1 Мвт(эл)-год для рабочих, занятых на переработке руды и изготовлении топлива. Кроме того, добыча связана с облучением легких дочерними продуктами радона, что добавляет еще 0,1 человеко-рада на 1 Мвт(эл)-год. Облучение населения невелико (см. пункты 84 и 85).

б) Эксплуатация реакторов. Местное и региональное облучение населения вызывает ожидаемую коллективную дозу в размере 0,2-0,3 человеко-рада на 1 Мвт(эл)-год в результате выбросов в атмосферу и 0,03-0,06 человеко-рада на 1 Мвт(эл)-год в результате выбросов в воду. Глобальное облучение от эксплуатации реакторов невелико по сравнению с глобальным облучением от заводов по регенерации топлива при условии, что все отработанное топливо обрабатывается с помощью настоящей технологии. Профессиональная ожидаемая коллективная доза приближается к 1 человеко-раду на 1 Мвт(эл)-год.

с) Регенерация топлива. Местные и региональные коллективные дозы облучения от регенерации топлива по необходимости малы, поскольку каждый завод обслуживает крупные мощности по производству

/...

электроэнергии, выражаемые в Мвт(эл)-год, и лимитирующим фактором являются предельные дозы для наиболее сильно облучаемых лиц, проживающих по соседству. Глобальная коллективная доза от трития (0,05 человеко-рада на 1 Мвт(эл)-год, углерода-14 (1-3 человеко-рада на 1 Мвт(эл)-год, см. пункт 86) и криптона-85 (0,09-0,25 человеко-рада на 1 Мвт(эл)-год) существенно увеличат общую коллективную дозу облучения от всей атомной промышленности, если будет регенерироваться все отработанное топливо и если будут выбрасываться эти радиоизотопы, как это делается в настоящее время. Профессиональное облучение от относительно малых количеств топлива атомной энергетики, которое было регенерировано к настоящему времени, составило, согласно оценкам, 1,2 человеко-рада на 1 Мвт(эл)-год. Однако не ожидается, что такой уровень облучения будет распространяться на атомную промышленность в целом, поскольку в условиях, указанных выше, будет работать, по-видимому, меньшее число рабочих, тогда как индивидуальные дозы профессионального облучения будут по-прежнему ограничиваться законодательством. Например, при настоящей предельной дозе профессионального облучения всего тела, едва ли ожидаемая коллективная доза для рабочих превысит примерно 1 человеко-рад на 1 Мвт(эл)-год, если, что весьма вероятно, завод по регенерации топлива может обслуживать атомные электростанции мощностью 20 000 Мвт(эл)-год за год и иметь несколько тысяч обслуживающего персонала.

а) Транспортные перевозки. Внешнее облучение от всех видов перевозок составляет, согласно оценкам, всего лишь 0,003 человеко-рада на 1 Мвт(эл)-год.

е) Хранение отходов. Комитет с удовлетворением отмечает, что доля коллективной дозы за счет существующей сейчас практики хранения отходов очень мала по сравнению с долей, полученной от других фаз ядерного топливного цикла. Можно считать, что долю профессионального облучения можно включить в то облучение, которое упоминалось выше в связи с переработкой топлива.

/...

г) Захоронение отходов. Поскольку объем отходов от производства ядерной энергии, которые хранятся местными властями, продолжает оставаться большим, а вопрос об аккуратном методе их хранения не разрешен, Комитет считает, что он не в состоянии на данном этапе дать правильную оценку ожидаемой коллективной дозы для населения земного шара, получаемой за счет захоронения этих отходов.

г) Исследования и разработки. Часть облучения, случающегося в научно-исследовательских учреждениях, можно отнести на счет поддержки деятельности атомной энергетики или ее будущего развития. Согласно оценкам, этот вид профессионального облучения составляет около 1,4 человеко-рада на 1 Мвт(эл)-год. Ожидаемая коллективная доза для населения составляет величину, по крайней мере, на один порядок ниже.

89. Общее облучение, упоминаемое выше, составляет приблизительно 7 человеко-рад на 1 Мвт(эл)-год, причем колебания между различными тканями составляют менее 30 процентов от этой величины (щитовидная железа и легкие получают наибольшую дозу, а годаны - наименьшую). В таблице 2 приводятся основные данные о таких дозах. В этой сумме доминируют профессиональные облучения. Однако по причинам, изложенным в пункте 88, облучения в размере 1,2 человеко-рада на 1 Мвт(эл)-год от регенерации топлива, видимо, не будет репрезентативным для замкнутого топливного цикла, охватывающего всю атомную промышленность. Не ожидается также, что исследования и разработки дадут крупное увеличение коллективной дозы при наличии развитой промышленности. Таким образом, в будущем общая ожидаемая коллективная доза при настоящей технологии, как ожидается, не превысит 3-6 человеко-рад на 1 Мвт(эл)-год. Учитывая возрастное распределение облученных лиц, только около 30 процентов нижнего значения диапазона коллективных доз для всей промышленности, указанного в таблице 2, имеют генетическое значение.

/...

Таблица 2

Стадии топливного цикла	Ожидаемая коллективная доза /чел.-рад/Мвт(эл)-год/
Добыча, переработка и изготовление топлива	
а) Профессиональное облучение	0,2-0,3
Эксплуатация реакторов	
а) Профессиональное облучение	1,0
б) Местное и региональное облучение населения	0,2-0,4
Регенерация топлива	
а) Профессиональное облучение	1,2
б) Местное и региональное облучение населения	0,1-0,6
с) Глобальное облучение населения	1,1-3,3
Исследования и разработки	
а) Профессиональное облучение	1,4
Атомная промышленность в целом	5,2-8,2

/...

5. Ядерные взрывы^{I4/}

90. Со времени опубликования доклада Комитета за 1972 год был проведен ряд ядерных испытаний, включая 20 испытаний в атмосфере, шесть из которых были произведены в северном полушарии и I4 - в южном. В докладе Комитета за 1972 год содержались оценки ожидаемых доз на население за счет всех ядерных испытаний, проведенных в атмосфере вплоть до конца 1970 года. В настоящем докладе Комитет дал оценку ожидаемых доз от атмосферных испытаний вплоть до конца 1975 года. На основании увеличения содержания стронция-90 и цезия-I37 в атмосфере Земли, Комитет подсчитал, что ожидаемые дозы в северном и южном полушариях увеличились примерно на 2 и 6 процента, соответственно, за счет проведенных с 1971 по 1975 год включительно ядерных испытаний.

91. Общая глобальная доза от всех ядерных взрывов, осуществленных до 1976 года, колеблется в пределах примерно от 100 миллиард (в гонадах) до 200 миллиард (в надкостнице). В северной умеренной зоне значения примерно на 50 процентов выше, а в южной умеренной зоне примерно на 50 процентов ниже этих оценок. На долю внешнего облучения от цезия-I37 и короткоживущих изотопов, испускающих гамма-излучение, приходится около 70 миллиард глобальной дозы для всех тканей. Внутреннее облучение обеспечивается главным образом за счет долгоживущих изотопов цезия-I37 и стронция-90 (в скелете). Их периоды полураспада в 30 лет будут определять продолжительность времени, в течение которого эти дозы будут действовать. Более короткоживущие изотопы рутения-I06 и церия-I44 содействуют существенно облучению легких.

^{I4/} Этот вопрос подробно рассматривается в приложении С (Радиоактивное заражение в результате ядерных взрывов).

92. Как и в атомной энергетике, углерод-14 порождает самую высокую дозу. На его долю приходится около 120 миллирад в гонадах и легких и 450 миллирад в надкостнице и красном костном мозгу. Эти дозы будут действовать в течение многих тысяч лет. По причинам, изложенным в пункте 86, они не включаются в оценку дозы, указанную в предыдущем пункте.

93. Общая ожидаемая глобальная коллективная доза в различных тканях от ядерных взрывов колеблется в пределах от $4 \cdot 10^8$ до $8 \cdot 10^8$ человеко-рад, если не учитывать углерод-14; эта доза эквивалентна 16-24 месяцам облучения этих тканей нормальными естественными источниками радиации. Если учитывать действие углерода-14, то величина коллективной дозы удвоится.

94. Короткоживущий йод-131 значительно содействует облучению щитовидной железы на протяжении нескольких недель после ядерных взрывов. Наибольшие дозы получают младенцы некоторых народностей, потребляющих свежее молоко; согласно оценкам, после 1972 года годовая доза для щитовидной железы у младенцев составила от нескольких миллирад до примерно 200 миллирад от атмосферных ядерных испытаний. Доза в щитовидной железе для взрослых равна примерно одной десятой от дозы у младенцев.

6. Облучения в медицинских целях^{15/}

95. Ранее Комитет в своих докладах за 1958, 1962 и 1972 годы приводил данные о лечебном облучении пациентов, а также о связанном с этим профессиональном облучении. Лечебное облучение представляет особый интерес, поскольку оно дает самые высокие искусственные дозы для населения в пересчете на одного человека, подается с высокой интенсивностью и вызывает самые высокие индивидуальные дозы в органах, если не считать аварийное облучение. С точки зрения радиационной защиты этот вид облучения также открывает

^{15/} Этот вопрос подробно рассматривается в приложении Е (Дозы профессионального облучения) и в приложении F (Лечебное облучение).

самые широкие возможности для сокращения дозы без ущерба требующейся информации. Оно отличается от многих других видов облучения тем, что оно обычно ограничивается отдельными областями тела. Оно также отличается в том отношении, что облученные пациенты, как ожидается, поправят свое здоровье в результате такого лечения или обследования.

96. В предыдущих докладах особый упор делался на оценку годовой генетически значимой дозы. Полученные данные способствовали проведению дальнейших исследований, так что в настоящее время стало относительно ясно, в какой мере лечебное облучение увеличивает общую генетическую дозу как в развивающихся странах, так и в странах с высоким уровнем развития техники (см. пункт 99). В развивающихся странах уровень годовой генетически значимой дозы будет, как правило, отражать количество имеющихся рентгеновских аппаратов. Такое медицинское обслуживание, возможно, должно быть расширено, чтобы удовлетворить потребности в медицинском обслуживании, однако при этом особое внимание следует обращать на правильную практику такого лечения. Такое расширение, по всей вероятности, увеличит генетическую дозу в этих странах.

97. Особый упор на генетически значимую дозу, вероятно, отвлек внимание от облучения других органов, помимо гонад, и, по-видимому, привел к недооценке общей опасности от некоторых видов медицинского обследования, которое обычно вызывает очень малые дозы в гонадах. Примером этого может служить исследование грудной клетки, которое связано с облучением таких радиочувствительных тканей, как легкие, грудные железы, костный мозг и иногда щитовидная железа. В связи с этим в докладе 1972 года приводилось больше информации о дозе в активном костном мозгу. В докладе говорилось о нескольких группах пациентов, которые получили высокие дозы; в некоторых этих группах определенные болезни встречались чаще по сравнению с группами необлученных людей. В настоящем докладе внимание вновь обращается на выявление тех медицинских обследований, при которых отдельные органы могут получать

/...

большие дозы. В докладе также делается попытка получить более полную картину распределения дозы у пациентов, включая данные о дозах в таких радиочувствительных тканях, как костный мозг, щитовидная железа, легкие и грудные железы.

98. Приводя данные об уровнях дозы в медицинской практике, Комитет преследовал три различные цели. Во-первых, интересно знать дозы в отдельных органах при различном медицинском облучении и, в частности, пределы колебания таких доз, что будет служить основой для определения радиационных рисков по сравнению с ожидаемыми выгодами для отдельных пациентов, а также для проведения дифференциального анализа затрат и выгод при осуществлении защитных мер. Во-вторых, могут представлять интерес сведения относительно индивидуальных и коллективных доз в различных органах в результате различных медицинских мероприятий, с тем чтобы получить представление об общем облучении человека. В-третьих, следует выявить некоторые группы людей, подвергающихся наибольшему облучению, что может представлять интерес для эпидемиологических исследований. В этом отношении наибольший интерес представляет коллективная доза.

99. Индивидуальные дозы для пациентов должны определяться врачами, исходя из интересов пациента и необходимости в диагнозе или лечении. Это означает, что доза в различных органах и тканях пациента может колебаться от совершенно ничтожных величин до больших доз, которые наносят местный ущерб ткани, расположенной вблизи областей, подвергающихся лечению, целью которого является разрушение опухоли с помощью радиации. Таким образом, дозы на душу населения от лечебного облучения состоят из большого числа уровней дозы и распределения дозы в каждом конкретном случае. Однако наибольшая доля дозы на душу населения приходится на те типы облучения, которые охватывают большое число людей, как это имеет место в некоторых случаях рентгеновского диагностирования. В этих случаях годовые дозы на душу населения на ткани, представляющие интерес для Комитета, в целом аналогичны по величине и во

/...

многих технически развитых странах находятся в диапазоне от 50 до 100 миллиард, причем генетически значимая доза зачастую равняется половине дозы на душу населения для гонад. Это означает, что годовая коллективная доза от лечебного облучения находится в диапазоне от $5 \cdot 10^4$ до 10^5 человеко-рад на миллион человек в странах с совершенным радиологическим оборудованием, и эта доза по оценке равна 10^3 человеко-рад на миллион человек в странах, где имеется ограниченное количество подобного оборудования.

100. Во всех странах, представивших свои сведения Комитету, контролирование доз для служащих и рабочих, связанных с облучением или использованием радиоактивных веществ в лечебных целях, осуществляется рядом учреждений, начиная с отдельных больниц и кончая крупными службами радиационной защиты персонала. Как правило, результаты сообщаются дирекции, но, как правило, не на систематической основе. Поэтому трудно обеспечить полноту и репрезентативность данных о дозах, собираемых Комитетом. По оценкам, профессиональное облучение лиц, занятых в области облучения в медицинских целях, дает годовую коллективную дозу порядка 10^2 человеко-рад на миллион человек.

101. Таким образом, по сравнению с облучением пациентов профессиональное облучение составляет незначительную долю коллективной дозы от облучения в медицинских целях. Годовая глобальная коллективная доза от медицинских процедур может составить, согласно оценкам, около $5 \cdot 10^7$ человеко-рад за счет стран, обладающих развитым радиологическим оборудованием, и $2 \cdot 10^6$ человеко-рад за счет стран, обладающих ограниченным количеством подобных установок.

7. Краткие выводы, касающиеся ожидаемых глобальных доз от различных источников радиации

102. В таблице 3 подведены итоги расчетных ожидаемых глобальных доз на все тело для различных источников радиации и различных видов деятельности, которые рассматривались в докладе. Эта доза

/...

выражена в виде длительности облучения населения мира природными источниками радиации, которые вызвали бы такую же ожидаемую дозу I6/.

103. Предполагая, что между увеличением дозы и увеличением риска существует прямая пропорциональность, относительная доля каждого из различных источников в общем радиационном ущербе будет пропорциональна ожидаемым глобальным дозам, которые приведены в таблице 3. Однако Комитет подчеркивает, что сравнение, основанное на величинах, приведенных в таблице 3, может привести к ложным выводам, если оценки, рассматриваемые в предыдущих пунктах настоящего доклада, не будут учтены. В частности, ожидаемая доза от будущих видов деятельности зависит от технического развития и от изменения соответствующих норм, а эволюцию обоих этих процессов трудно предугадать.

I6/ Периоды времени, в течение которых дозы должны быть оценены в связи с оценкой ожидаемых доз, рассматриваются в приложении А, а подробная квалификация, касающаяся содержания каждой графы в таблице, дана в соответствующих приложениях, где приведены расчеты.

/...

Таблица 3

Ожидаемые глобальные дозы от различных источников радиации

Источник облучения	Глобальная ожидаемая доза (в днях) <u>а/</u>
Облучение от естественных источников в течение одного года	365
Коммерческие воздушные путешествия в течение одного года	0,4
Использование фосфатных удобрений, произведенных в течение одного года, при современной интенсивности произ- водства	0,04
Глобальное производство электроэнергии в течение одного года на электростан- циях, работающих на угле, при современ- ной глобальной установленной мощности (10^6 Мвт(эл))	0,02
Облучение в течение одного года потреби- тельскими товарами, испускающими радиацию	3
Производство ядерной энергии в течение одного года при современной глобальной установленной мощности ($8 \cdot 10^4$ Мвт(эл))	0,6
Ядерные взрывы в течение одного года, усредненные за период 1951-1976 годов	30
Использование радиации в медицинской диагностике в течение одного года	70

а/ Ожидаемая глобальная доза выражена в виде длительности облучения населения мира от естественных источников радиации, которые вызывают такую же ожидаемую дозу. Сюда же включена доля профессионального облучения.

/...

104. Медицинское использование радиации, и в частности диагностика с помощью рентгеновских лучей, вносит наибольшую долю искусственной дозы в глобальную коллективную дозу. Для многих стран очень важно увеличить количество радиологических установок в целях медицинского использования радиации, но такое увеличение будет связано с увеличением ожидаемой дозы в этих странах. Однако очень важно также, чтобы облучение пациентов, проходящих курс радиологического лечения, поддерживалось на минимальном уровне, требуемом в медицинских целях (пункты 95-101).

105. Производство ядерной энергии подчиняется национальным нормам, обычно основанным на международно согласованных принципах. Ожидаемая глобальная доза соответствует 0,6 дня облучения природными источниками радиации в течение одного года производства энергии при современной установленной мощности в 80 000 Мвт(эл). Предполагая, что современная ядерная техника останется на том же уровне, производство энергии в течение одного года при проектной ядерной установленной мощности в 2000 году $\sqrt{2} 10^6$ Мвт(эл)7 приведет к ожидаемой глобальной дозе, эквивалентной примерно 15 дням облучения природными источниками радиации.

106. Ожидаемая коллективная доза от ядерных взрывов, проведенных до 1976 года, эквивалентна примерно двум годам облучения природными источниками радиации, если не учитывать долю углерода-14. С учетом этой доли ожидаемая коллективная доза получается в два раза выше. Влияние атмосферных взрывов, проведенных после 1970 года, то есть после периода, рассматриваемого в предыдущем докладе Комитета, увеличило ожидаемую дозу от стронция-90 и цезия-137 в северном полушарии примерно на 2 процента и в южном полушарии - примерно на 6 процентов.

/...

Добавление I

СПИСОК УЧЕНЫХ-СПЕЦИАЛИСТОВ - ЧЛЕНОВ НАЦИОНАЛЬНЫХ ДЕЛЕГАЦИЙ

1. Ниже приводится список ученых специалистов, присутствовавших на сессиях Комитета в качестве членов национальных делегаций и принявших участие в подготовке настоящего доклада.

АВСТРАЛИЯ

Г-н Дж.Р.Морони (Представитель)
Д-р Д.Дж.Стивенс (Представитель)
Проф.Р.Дж.Уолш
Проф.К.Н.Уотсон-Манро

АРГЕНТИНА

Д-р Д.Кансио (Представитель)
Д-р А.Э.Пасер (Представитель)
Г-н К.Н.Меносси

БЕЛЬГИЯ

Проф.Ф.А.Собель (Представитель)
Д-р Ж.Д.Т.Атан

БРАЗИЛИЯ

Проф.Л.Р.Калдас (Представитель)
Д-р Э.Пенна-Франка

ГЕРМАНИИ, ФЕДЕРАТИВНАЯ РЕСПУБЛИКА

Проф. Ф.Э.Стиве (Представитель)
Проф. У.Х.Элинг
Проф. В.Якоби
Проф. Х.Кригель
Проф. Л.Рауш

ЕГИПЕТ

Проф. М.Э.А. эль-Харадли

ИНДИЯ

Д-р А.Р.Гопал-Айенгар (Представитель)
Д-р К.Сундарам (Представитель)

ИНДОНЕЗИЯ

Проф. А.Байкуни (Представитель)
Г-н М.К.Таджудин (Представитель)

/...

КАНАДА

Д-р Дж.К.Батлер (Представитель)
Г-н А.Х.Бут
Г-н У.Р.Буш
Д-р Х.К.Ротшильд
Д-р Б.К.Траймбл

МЕКСИКА

Д-р М.Мартинес-Баес (Представитель)
Г-н Х.Р.Ортис-Маганья (Представитель)
Д-р А.Л. де Гарай
Д-р Ребека Махидин де Нульман

ПЕРУ

Д-р К.Гусман-Асеведо (Представитель)

ПОЛЬША

Проф. Э.Яворовский (Представитель)

СОЕДИНЕННОЕ КОРОЛЕВСТВО ВЕЛИКОБРИТАНИИ И СЕВЕРНОЙ ИРЛАНДИИ

Сэр Эдвард Почин (Представитель)
Проф. Д.Картер
Г-н Х.Дж.Данстер
Г-н Ф.Морли
Д-р А.Дж.Сизэрль

СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ

Д-р Р.Х.Чемберлен (Представитель)
Д-р Р.Д.Моузли (Представитель)
Д-р Р.Бейкер
Д-р А.М.Брус
Д-р Х.Д.Брунер
Д-р Дж.Х.Харли
Д-р Ф.Лоумен
Проф. Х.Росси
Д-р У.Л.Рассел
Д-р У.К.Синклер
Проф. А.К.Аптон
Д-р Х.О.Уикофф

СОЮЗ СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК

Проф. А.М.Кузин (Представитель)
Д-р Р.Алексахин
Д-р Ангелина Гускова
Д-р Л.Ильин
Д-р А.Моисеев
Д-р М.М.Сауров

/...

СУДАН

Д-р А.Хидайаталла (Представитель)

ФРАНЦИЯ

Д-р А.Жамме (Представитель)

Д-р Р.Кулон

Д-р Б.А.Дютрийо

Д-р К.Лафума

Проф. П.Пеллерен

ЧЕХОСЛОВАКИЯ

Д-р М.Климек (Представитель)

ШВЕЦИЯ

Проф. Б.Линделль (Представитель)

Д-р С.Бергстрем

Д-р К.Эдварсон

Проф. К.Г. Люнинг

Г-н Я.О.Снихс

Д-р Эвелин Соколовский

Д-р Г.Валиндер

ЯПОНИЯ

Д-р К.Мисоно (Представитель)

Д-р Р.Ичикава

Д-р М.Ито

Д-р С.Накаи

Д-р И.Тазима

/...

Добавление II

СПИСОК НАУЧНЫХ СОТРУДНИКОВ И КОНСУЛЬТАНТОВ, ОКАЗАВШИХ
КОМИТЕТУ ПОМОЩЬ В ПОДГОТОВКЕ ДОКЛАДА

Д-р Д.Бенинсон
Г-н Б.Г.Беннетт
Д-р А.Бувилль
Г-жа Памела М.Брайант
Проф.Р.Э.Эллис
Проф.Б.Линделль
Проф. Дж.Линики
Д-р У.М.Лаудер
Д-р В.Лысков
Д-р Б.Дж.О'Брайен
Сэр Эдвард Почин
Д-р К.Санкаранарайанан
Проф. д-р В.Шюттман
Д-р Дж.Силини
Г-н Я.О.Снихс
Г-н Г.А.М.Уэбб

/...

Добавление III

СПИСОК ПОЛУЧЕННЫХ КОМИТЕТОМ ДОКЛАДОВ

1. В этом добавлении перечислены доклады, полученные Комитетом от правительств и учреждений организации Объединенных Наций за период с 25 марта 1972 года по 12 апреля 1977 года.

2. Доклады, полученные Комитетом до 24 марта 1972 года, представлены в приложениях к предыдущим докладам Комитета Генеральной Ассамблеи.

№ документа Страна и название

A/AC.82/G/L.

СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ

1411 Global inventory and distribution of Pu-238 from SNAP-9A, March 1, 1972, HASL-250

АРГЕНТИНА

1412 Radio-226 en el hombre.

1413 Compilacion de los Resultados del Monitoraje de Sr-90 y Cs-137 debidos al fallout en la República Argentina.

1114 Estudio de un caso de irradiación humana accidental.

СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ

1415 Fallout program quarterly summary report, April 1, 1972, HASL-249.

1415/Add.1 Appendix to HASL-249.

НОВАЯ ЗЕЛАНДИЯ

1416 Annual report for the year 1969.

1417 Annual report for the year 1970.

1418 Environmental radioactivity in New Zealand: quarterly report July-September 71 and Pacific Area Monitoring 31 August-31 October 1971.

ШВЕЦИЯ

1419 Radiostrontium-induced carcinomas of the external ear.

1420 Effect of different doses of ⁹⁰Sr on the ovaries of the foetal mouse.

1421 Pathologic effects of different doses of radiostrontium in mice development and incidence of leukaemia.

1422 Protective effect of cysteamine at fractionated irradiation. III. Histopathologic diagnoses at death.

№ документа

Страна и название

АВСТРАЛИЯ

1423 Fallout over Australia from nuclear weapons tested by France in Polynesia from June to August, 1971.

СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ

1424 Fallout program quarterly summary report, July 1, 1972
HASL-257.

1424/Add.1 Appendix to HASL-257.

ШВЕЙЦАРИЯ

1425 Quinzième rapport de la Commission fédérale de la radioactivité pour l'année 1971, à l'intention du Conseil fédéral.

СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ

1426 HASL-300 "HASL Procedures Manual".

1426/Add.1 Supplement to HASL-300 "HASL Procedures Manual".

1426/Add.2 Supplement to HASL-300 "HASL Procedures Manual".

НОВАЯ ЗЕЛАНДИЯ

1427 Environmental radioactivity in New Zealand quarterly report, April-June 1971, and Pacific Area Monitoring 4 June-31 August 1971. (NRL-F/45).

СОЕДИНЕННОЕ КОРОЛЕВСТВО ВЕЛИКОБРИТАНИИ И СЕВЕРНОЙ ИРЛАНДИИ

1428 Agricultural Research Council - Letcombe Laboratory. Annual report 1971.

СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ

1429 Studies of the mortality of A-bomb survivors.

ШВЕЙЦАРИЯ

1430 Douzième rapport de la Commission fédérale de la radioactivité pour l'année 1968, à l'intention du Conseil fédéral.

СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ

1431 Fallout program quarterly summary report, October 1, 1972,
HASL-259.

1431/Add.1 Appendix to HASL-259.

1432. Index to fallout program quarterly summary reports, October 1, 1972,
HASL-266.

НОВАЯ ЗЕЛАНДИЯ

1433 Fallout from nuclear weapons tests conducted by France in the South Pacific from June to August 1971. (NRL-F/47).

1434 Annual report for the year 1971. (NRL-AR/22).

№ документа

Страна и название

ЯПОНИЯ

1435 Radioactivity survey data in Japan. No. 34. February 1972.

НОВАЯ ЗЕЛАНДИЯ

1436 Environmental radioactivity. Annual report 1971. (NRL-F/48).

СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ

1437 Fallout program quarterly summary report, January 1, 1973, HASL-268.

1437/Add.1 Appendix to HASL-268.

ИТАЛИЯ

1438 Data on environmental radioactivity collected in Italy (January-December 1969).

СОЕДИНЕННОЕ КОРОЛЕВСТВО ВЕЛИКОБРИТАНИИ И СЕВЕРНОЙ ИРЛАНДИИ

1439 Radioactive fallout in air and rain. Results to the middle of 1972.

СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ

1440 Fallout program quarterly summary report, April 1, 1973, HASL-273.

1440/Add.1 Appendix to HASL-273.

ЯПОНИЯ

1441 Radioactivity survey data in Japan. No. 36. August 1972.

АВСТРАЛИЯ

1442 Strontium-90 and Caesium 137 in the Australian environment during 1970 and some results for 1971.

1443 Fallout over Australia from nuclear weapons tested by France in Polynesia during June and July 1972.

ФРАНЦИЯ

1444 Surveillance de la radioactivité en 1972.

СОЕДИНЕННОЕ КОРОЛЕВСТВО ВЕЛИКОБРИТАНИИ И СЕВЕРНОЙ ИРЛАНДИИ

1445 Radioactivity in human diet in the United Kingdom, 1972.

1446 Assay of strontium-90 in human bone in the United Kingdom. Results for 1970.

СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ

1447 Fallout program quarterly summary report, July 1, 1973, HASL-274.

1447/Add.1 Appendix to HASL-274.

№ документа

Страна и название

- ЯПОНИЯ**
- 1448 Radioactivity survey data in Japan. No. 37. November 1972.
- СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ**
- 1449 Fallout program quarterly summary report, 1 October, 1973, HASL-276.
- 1449/Add.1 Appendix to HASL-276.
- ШВЕЙЦАРИЯ**
- 1450 Seizième rapport de la Commission fédérale de la radioactivité pour l'année 1972, à l'intention du Conseil fédéral.
- АВСТРАЛИЯ**
- 1451 Data on levels of radioactivity in Australia, 1971-1973.
- СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ**
- 1452 Fallout program quarterly summary report, January 1, 1974, HASL-278.
- 1452/Add.1 Appendix to HASL-278.
- СОЮЗ СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК**
- 1453 К вопросу о возможности использования анализа волос для определения полония-210 в костной ткани и печени человека.
- 1454 К вопросу о поведении цезия-137 в дерново-подзолистых почвах украинского Полесья.
- 1455 Весовые показатели развития скелета плода человека и содержание в нем стронция и кальция.
- 1456 О взаимодействии радиоактивных изотопов с органическим веществом почвы.
- 1457 Миграция стронция-90 и цезия-137 в почвенно-растительном покрове конечноморенных ландшафтов.
- 1458 Скорость выпадения аэрозолей цезия-137 и стронция-90 из атмосферы.
- 1459 Миграция глобальных цезия-137 и стронция-90 по пищевым цепочкам населения отдельных районов украинского Полесья.

№ документа

Страна и название

СОЮЗ СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК

- 1460 Радиоактивность внешней среды, пищевых продуктов и организма человека на Украине в период 1962-1969 гг.
- 1461 Свинец-210, полоний-210, радий-226, торий-228 и плутоний-239 в цепочке лишайник-олень-человек на **Крайнем** севере СССР.
- 1462 Относительная подвижность, состояние и формы нахождения стронция-90, стабильного стронция и кальция в почвах.
- 1463 Долгоживущие искусственные и естественные радиоизотопы в зерне сельскохозяйственных культур в **Подмосковье**.
- 1464 Состояние и формы нахождения радиоизотопов в глобальных выпадениях.
- 1465 Содержание стронция-90 в костной ткани взрослых и в зубах лиц разного возраста.
- 1466 О связи стронция-90 с различными фракциями органического вещества почв.
- 1467 Всасывание свинца-210 и полония-210 в желудочно-кишечном тракте у крысы и человека.
- 1468 Естественные **радиоактивные** изотопы в морской рыбе и воде.
- 1469 О миграции стронция-90 и цезия-137 в почвах.
- 1470 Ландшафтно-геохимические аспекты поведения стронция-90 в лесных и пойменных биогеоценозах полесий.
- 1471 Водная миграция стронция-90.
- 1472 Оценка популяционной дозы внутреннего облучения некоторых народностей Крайнего севера Советского Союза от глобального цезия-137.
- 1473 Концентрация стронция-90 в продуктах питания и поступление его с пищевым рационом населению Грузинской ССР в результате стратосферных выпадений.
- 1474 Распределение радиоактивных изотопов в системе водохранилища.

СОЕДИНЕННОЕ КОРОЛЕВСТВО ВЕЛИКОБРИТАНИИ И СЕВЕРНОЙ ИРЛАНДИИ

- 1475 Radioactive fallout in air and rain. Results to the middle of 1973.

№ документа	Страна и название
НОВАЯ ЗЕЛАНДИЯ	
1476	Environmental radioactivity . Fallout from nuclear weapons tests conducted by France in the South Pacific during July and August 1973 and comparisons with previous test series.
СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ	
1477	Serum immunoglobulin levels in atomic bomb survivors in Hiroshima, Japan.
1478	Spleen index in atomic bomb survivors.
1479	The health of atomic bomb survivors: a decade of examinations in a fixed population.
1480	Fallout program quarterly summary report, 1 April, 1974, HASL-281.
1480/Add.1	Appendix to HASL-281.
СОЕДИНЕННОЕ КОРОЛЕВСТВО ВЕЛИКОБРИТАНИИ И СЕВЕРНОЙ ИРЛАНДИИ	
1481	Radioactivity in human diet in the United Kingdom, 1973
МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ	
1482	Extracts from the Agency's programme for 1975-80 and Budget for 1975. (GC(XVIII)/526).
1483	Annual report 1 July 1973-30 June 1974. (GC/XVIII)/525).
НОВАЯ ЗЕЛАНДИЯ	
1484	Monitoring of radioactive fallout from the 1974 French South Pacific nuclear tests.
ФРАНЦИЯ	
1485	Surveillance de la radioactivité en 1973.
НОВАЯ ЗЕЛАНДИЯ	
1486	Fallout from nuclear weapons tests conducted by France in the South Pacific during June and July 1972 and comparisons with previous test series.
1487	Environmental radioactivity. Annual report 1972.
1488	Environmental radioactivity. Annual report 1973.
АРГЕНТИНА	
1489	Fallout radioactivo debido a las explosiones en el Pacifico Sur en el período enero-octubre de 1973.
1490	Fallout radioactivo debido a las explosiones en el Pacifico Sur en el período 1971-1972.
1491	Monitoraje de Sr-90 y Cs-137 debidos al fallout en República Argentina.

№ документа

Страна и название

АРГЕНТИНА

- 1492 Estudio comparativo del metabolismo, en ratas, del plomo 210 y del polonio 210.
- 1493 Incorporación de radioestroncio por organismos marinos.

ЧЕХОСЛОВАКИЯ

- 1494 Values of ^{90}Sr in vertebrae and femoral diaphysis of adults in Czechoslovakia in 1971.
- 1495 The values of the ratio ^{90}Sr in vertebrae/ ^{90}Sr in diaphysis in different age groups. (Czechoslovakia 1969, 1970, 1971).

НОВАЯ ЗЕЛАНДИЯ

- 1496 Fallout from French nuclear tests in the South Pacific, 1974.

АВСТРАЛИЯ

- 1497 Data from the Australian fallout monitoring programs.

СОЮЗ СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК

- 1498 Коэффициенты распределения радиоизотопов между твердой и жидкой фазами в водоемах.
- 1499 Оптимальная интерпретация измерений радиоктивности океана.
- 1500 Дозовая нагрузка на мышевидных грызунов, обитающих на участках повышенной естественной радиоактивности.
- 1501 Влияние неразделенной смеси продуктов ядерного деления на реакции иммунитета.
- 1502 Содержание стронция-90 и цезия-137 в пищевом рационе населения Советского Союза в 1967-1969 гг.
- 1503 Определение генетически значимых доз за счет медицинской рентгенологии в Иркутске.
- 1504 Иммунологические реакции при сочетанном действии на экспериментальных животных внешнего облучения и инкорпорированных радиоизотопов.

СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ

- 1505 Fallout program quarterly summary report, July 1, 1974, HASL-284.
- 1505/Add.1 Appendix to HASL-284.

№ документа

Страна и название

СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ

1506 Fallout program quarterly summary report, 1 October, 1974,
HASL-286.

1506/Add.1 Appendix to HASL-286.

СОЕДИНЕННОЕ КОРОЛЕВСТВО ВЕЛИКОБРИТАНИИ И СЕВЕРНОЙ ИРЛАНДИИ

1507 Radioactive fallout in air and rain: results to the middle of 1974.

ЯПОНИЯ

1508 Radioactivity survey data in Japan. No. 38. November 1973.

1509 Radioactivity survey data in Japan. No. 39. September 1974.

ФРАНЦИЯ

1510 Statistical study on 17 000 workers exposed to ionizing radiation during 1973.

БЕЛЬГИЯ

1511 La radioactivité mesurée à Mol. Année 1970.

1512 La radioactivité mesurée à Mol. Année 1971.

НОВАЯ ЗЕЛАНДИЯ

1513 Environmental radioactivity: fallout from nuclear weapons tests conducted by France in the South Pacific from June to September 1974 and comparisons with previous test series.

СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ

1514 Autopsy study of blast crisis in patients with chronic granulocytic leukaemia, Hirsoshima and Nagasaki, 1949-1969.

1515 Mortality in children of atomic bomb survivors and controls.

1516 Fallout program quarterly summary report, 1 January, 1975,
HASL-288.

1516/Add.1 Appendix to HASL-288.

1517 Environmental quarterly, 1 April, 1975, HASL-291.

1517/Add.1 Appendix to HASL-291.

1518 Index to fallout program quarterly summary reports, 1 April, 1975,
HASL-292.

1519 Epidemiologic studies of coronary heart disease and stroke in Japanese men living in Japan, Hawaii and California: demographic, physical, dietary and biochemical characteristics.

№ документа

Страна и название

СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ

- 1520 Environmental quarterly, 1 July, 1975, HASL-294.
1520/Add.1 Appendix to HASL-294.

ФРАНЦИЯ

- 1521 Surveillance de la radioactivité: en 1974.

ГЕРМАНИИ, ФЕДЕРАТИВНАЯ РЕСПУБЛИКА

- 1522 Environmental radioactivity and radiation levels, annual report 1973.

СОЕДИНЕННОЕ КОРОЛЕВСТВО ВЕЛИКОБРИТАНИИ И СЕВЕРНОЙ ИРЛАНДИИ

- 1523 Radioactivity in human diet in the United Kingdom, 1974.

СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ

- 1524 Environmental quarterly, 1 October, 1975, HASL-297.
1524/Add.1 Appendix to HASL-297.
1525 Environmental quarterly, 1 January, 1976, HASL-298.
1525/Add.1 Appendix to HASL-298.

НОВАЯ ЗЕЛАНДИЯ

- 1526 Environmental radioactivity: annual report 1974.

СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ

- 1527 A review of thirty years of study of Hiroshima and Nagasaki atomic bomb survivors.
1528 Environmental quarterly, 1 April, 1976, HASL-302.

ЯПОНИЯ

- 1529 **исключен**
1530 **исключен**
1531 Estimation of population doses from diagnostic medical examinations in Japan, 1974 (1 to 4).
1532 Estimation of population doses from brachytherapy in Japan.

ШВЕЙЦАРИЯ

- 1533 Dix-huitième rapport de la Commission fédérale de la radioactivité à l'intention du Conseil fédéral, pour l'année 1974.

СОЕДИНЕННОЕ КОРОЛЕВСТВО ВЕЛИКОБРИТАНИИ И СЕВЕРНОЙ ИРЛАНДИИ

- 1534 Radioactive fallout in air and rain: results to the end of 1975.

СОЮЗ СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК

- 1535 Методический подход к оценке дозовых нагрузок от остеотропных изотопов с учетом изменения параметров обмена в процессе роста организма.
- 1536 Исследование и нормирование радиоактивности строительных материалов.
- 1537 Материалы к нормированию и нормативы предельно допустимых поступлений радиоактивных изотопов йода в организм человека.

СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ

- 1538 Environmental quarterly, 1 July, 1976, HASL-306.
- 1538/Add.1 Appendix to HASL-306.

СОЕДИНЕННОЕ КОРОЛЕВСТВО ВЕЛИКОБРИТАНИИ И СЕВЕРНОЙ ИРЛАНДИИ

- 1539 Radioactivity in human diet in the United Kingdom, 1975.

ФРАНЦИЯ

- 1540 Surveillance de la radioactivité en 1975.

ЯПОНИЯ

- 1541 Radioactivity survey data in Japan. No. 40. November 1975.

СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ

- 1542 Environmental quarterly, 1 October, 1976, HASL-308.
- 1542/Add.1 Appendix to HASL-308.

ГЕРМАНИИ, ФЕДЕРАТИВНАЯ РЕСПУБЛИКА

- 1543 Environmental radioactivity and radiation levels in 1974.
- 1544 Environmental radioactivity and radiation levels, annual report 1974.

НОВАЯ ЗЕЛАНДИЯ

- 1545 Environmental radioactivity: annual report 1975. (NRL-F/55).

ШВЕЙЦАРИЯ

- 1546 Dix-neuvième rapport de la Commission fédérale de la radioactivité pour l'année 1975, à l'intention du Conseil fédéral.

ЧЕХОСЛОВАКИЯ

- 1547 The values of the ratio ^{90}Sr in vertebrae/ ^{90}Sr in diaphysis in different age groups.

№ документа

Страна и название

СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ

- 1548 Environmental quarterly, 1 January, 1977, HASL-315.
1548/Add.1 Appendix to HASL-315.

СОЕДИНЕННОЕ КОРОЛЕВСТВО ВЕЛИКОБРИТАНИИ И СЕВЕРНОЙ ИРЛАНДИИ

- 1549 The data submitted by the United Kingdom to UNSCEAR for the 1977 report to the General Assembly.

СОЮЗ СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК

- 1550 Кинетика процессов поражения-восстановления, развивающихся в эмбрионах пресноводных рыб при инкубации их в радиоактивной среде.
- 1551 Некоторые особенности миграции стронция-90 по пищевым цепям в условиях **Крайнего** севера.
- 1552 Радиоактивность внешней среды и пищевых продуктов на территории СССР в 1970-1974 гг.
- 1553 О влиянии пестицидной (**ДДТ**) интоксикации на кинетику обмена и натрия в организме крыс.
- 1554 Содержание трития в жидких средах и воздухе рабочих помещений АЭС СССР.
- 1555 Цезий-137 и стронций-90 в цепочке лишайник - олень-человек на **Крайнем** севере СССР.
- 1556 Стронций-90 глобальных выпадений в кости ткани населения Советского Союза за 1970-1973 гг.
- 1557 Содержание стронция-90 и цезия-137 глобального происхождения в пищевом рационе населения Советского Союза в 1970-1973 гг.
- 1558 Естественные радиоактивные нуклиды в пахотных почвах и фосфорсодержащих удобрениях.
- 1559 Влияние гормона парацитовидных желез на возникновение лучевых остеосарком.
- 1560 Метаболизм некоторых соединений углерода-14 в организме животных и подход к проблеме нормирования.

كيفية الحصول على منشورات الأمم المتحدة

يمكن الحصول على منشورات الأمم المتحدة من المكتبات ودور التوزيع في جميع أنحاء العالم . استلم عنها من المكتبة التي تتعامل معها أو اكتب الى : الأمم المتحدة ، قسم البيع في نيويورك أو في جنيف .

如何购取联合国出版物

联合国出版物在全世界各地的书店和经售处均有发售。请向书店询问或写信到纽约或日内瓦的联合国销售组。

HOW TO OBTAIN UNITED NATIONS PUBLICATIONS

United Nations publications may be obtained from bookstores and distributors throughout the world. Consult your bookstore or write to: United Nations, Sales Section, New York or Geneva.

COMMENT SE PROCURER LES PUBLICATIONS DES NATIONS UNIES

Les publications des Nations Unies sont en vente dans les librairies et les agences dépositaires du monde entier. Informez-vous auprès de votre libraire ou adressez-vous à : Nations Unies, Section des ventes, New York ou Genève.

КАК ПОЛУЧИТЬ ИЗДАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ

Издания Организации Объединенных Наций можно купить в книжных магазинах и агентствах во всех районах мира. Наводите справки об изданиях в вашем книжном магазине или пишите по адресу: Организация Объединенных Наций, Секция по продаже изданий, Нью-Йорк или Женева.

COMO CONSEGUIR PUBLICACIONES DE LAS NACIONES UNIDAS

Las publicaciones de las Naciones Unidas están en venta en librerías y casas distribuidoras en todas partes del mundo. Consulte a su librero o diríjase a: Naciones Unidas, Sección de Ventas, Nueva York o Ginebra.

Litho in United Nations, New York

Price: \$U.S. 4.00
(or equivalent in other currencies)
GA/OR/XXXII, Suppl. 40

United Nations publication
13411—August 1977—375