



**ДОКЛАД
НАУЧНОГО КОМИТЕТА
ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ
ПО ДЕЙСТВИЮ
АТОМНОЙ РАДИАЦИИ**

**ГЕНЕРАЛЬНАЯ АССАМБЛЕЯ
ОФИЦИАЛЬНЫЕ ОТЧЕТЫ • ДЕВЯТНАДЦАТАЯ СЕССИЯ
ДОПОЛНЕНИЕ № 14 (A/5814)**

ОРГАНИЗАЦИЯ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ



ДОКЛАД
НАУЧНОГО КОМИТЕТА
ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ
ПО ДЕЙСТВИЮ АТОМНОЙ РАДИАЦИИ

ГЕНЕРАЛЬНАЯ АССАБМЛЕЯ

ОФИЦИАЛЬНЫЕ ОТЧЕТЫ • ДЕВЯТНАДЦАТАЯ СЕССИЯ
ДОПОЛНЕНИЕ № 14 (A/5814)

ОРГАНИЗАЦИЯ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ

Нью-Йорк • 1964

ПРИМЕЧАНИЕ

В настоящем докладе ссылки на приложения к нему обозначаются буквой, за которой следует цифра; буква относится к соответствующему приложению, а цифра — к соответствующему пункту данного приложения. В каждом приложении ссылки на упоминаемую научную литературу обозначаются цифрами.

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.

СОДЕРЖАНИЕ

	<i>Стр.</i>
Сокращения	IV
<i>Глава</i>	
I. Введение	1
II. Радиоактивное загрязнение окружающей среды в результате ядерных испытаний	5
III. Радиационный канцерогенез человека	8

ПРИЛОЖЕНИЯ

A. Радиоактивное загрязнение окружающей среды в результате ядерных испытаний	13
B. Радиационный канцерогенез человека	93
C. Список докладов, полученных Комитетом	134
<i>Дополнение I.</i> Список научных экспертов—членов национальных делегаций	142
<i>Дополнение II.</i> Список научных экспертов, сотрудничавших с Комитетом в процессе подготовки доклада	144

СОКРАЩЕНИЯ

ВМО	—Всемирная метеорологическая организация
ВОЗ	—Всемирная организация здравоохранения
КИПАВ	—Комиссия по изучению последствий атомных взрывов
МАГАТЭ	—Международное агентство по атомной энергии
МКЗРИ	—Международная комиссия по защите от радиоактивного излучения
МКРЕИ	—Международная комиссия по радиологическим единицам и измерениям
ФАО	—Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций
МЭЧР	—Минимальный эквивалент чистого радия
НО	—Наблюдаемое отношение
ПДК	—Предельно допустимая концентрация
РНК	—Рибонуклеиновая кислота

ГЛАВА I

ВВЕДЕНИЕ

Создание Комитета и его функции

1. Научный комитет Организации Объединенных Наций по действию атомной радиации был учрежден Генеральной Ассамблеей 3 декабря 1955 года на десятой сессии в соответствии с резолюцией 913 (X), принятой Ассамблеей в результате происшедших в Первом комитете с 31 октября по 10 ноября 1955 года прений. Функции Комитета были изложены в пункте 2 вышеупомянутой резолюции, в которой Генеральная Ассамблея предлагала Комитету:

«а) принимать и собирать в надлежащей и удобной форме следующие радиологические сведения, представляемые государствами — членами Организации Объединенных Наций или членами специализированных учреждений:

- i) доклады о наблюдаемой степени ионизирующего излучения и радиоактивности в окружающей среде;
- ii) доклады о научных наблюдениях и опытах в области действия ионизирующего излучения на человека и окружающую его среду, которые уже проводятся или будут проводиться национальными научными организациями или правительственными учреждениями;

б) выработать рекомендации относительно единообразных норм, касающихся метода собирания проб и аппаратуры, а также способов измерения радиации при анализе проб;

с) подбирать и систематизировать различные доклады, указанные выше в подпункте а (i), о наблюдаемой степени радиации;

д) изучать и составлять упомянутые выше в подпункте а (ii) доклады государств, производя оценку каждого из них с точки зрения его пользы для целей Комитета;

е) составлять ежегодные доклады о ходе работы и подготовить к 1 июля 1958 года или ранее, если собранные данные будут это оправдывать, обзор поступивших докладов о степени радиации и действия радиации на человека и окружающую среду, приложив к нему упомянутые выше в подпункте д оценки и указав те научно-исследовательские проекты, которые могут потребовать дальнейшего изучения;

ф) передавать время от времени, по своему усмотрению, вышеупомянутые документы и оценки Генеральному Секретарю для опубликования и распространения в государствах, состоящих членами Организации Объединенных Наций или специализированных учреждений».

2. Членами Комитета состоят: Австралия, Аргентина, Бельгия, Бразилия, Индия, Канада, Мексика, Объединенная Арабская Республика, Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии, Соединенные Штаты Америки, Союз Советских Социалистических Республик, Франция, Чехословакия, Швеция и Япония.

Деятельность Комитета

3. С момента своего создания Комитет провел четырнадцать сессий. Работа первых одиннадцати сессий Комитета рассматривается во введении к общим докладам, которые Комитет представил тринадцатой и семнадцатой сессиям Генеральной Ассамблеи в 1958¹ и 1962 годах² соответственно. Общий доклад Комитета, представленный им семнадцатой сессии Генеральной Ассамблеи в 1962 году, был отмечен в резолюции 1764 (XVII) от 21 ноября 1962 года. В этой резолюции Генеральная Ассамблея:

- 1) выразила одобрение Научному комитету Организации Объединенных Наций по действию атомной радиации за его работу и представленный им ценный доклад;
- 2) выразила свою признательность Международному агентству по атомной энергии, специализированным учреждениям, международным неправительственным и национальным научным организациям и отдельным ученым, которые помогли Комитету в его работе;
- 3) обратила особое внимание на заключение Научного комитета, а именно, что радиоактивное облучение человечества растущим числом искусственных источников, включая глобальное загрязнение окружающей среды коротко- и долгоживущими изотопами в результате испытаний атомного оружия, требует самого тща-

¹ Официальные отчеты Генеральной Ассамблеи, тринадцатая сессия, Дополнение № 17 (A/3838).

² Там же, семнадцатая сессия, Дополнение № 16 (A/5216).

тельного внимания, особенно вследствие того, что эффекты, вызванные любым увеличением радиоактивного облучения, возможно, не проявятся полностью в течение нескольких десятилетий в случае соматических заболеваний; и в течение жизни многих поколений в случае генетического повреждения;

- 4) настоятельно просила всех заинтересованных принять к сведению рекомендации и взгляды, высказанные в докладе Научного комитета;
- 5) просила Научный комитет продолжать свою работу по оценке опасности, представляемой излучениями, а также по обзору тех исследований и дальнейших изысканий, которые должны быть предприняты в интересах улучшения знакомства человечества с действием атомной радиации, и представить Генеральной Ассамблее на восемнадцатой сессии доклад о достигнутом им прогрессе и о его будущей программе работы;
- 6) призвала Международное агентство по атомной энергии, специализированные учреждения, международные неправительственные и национальные научные организации, отдельных ученых и правительства государств — членов Организации продолжать оказывать полное сотрудничество Научному комитету в выполнении им его дополнительных важных обязанностей;
- 7) рекомендовала правительствам государств — членов Организации разработать и провести в жизнь по мере своих возможностей широкие программы осведомления относительно действия ионизирующей радиации;
- 8) предложила Генеральному Секретарю Организации Объединенных Наций продолжать оказывать Научному комитету содействие, необходимое для ведения его работы.

4. В соответствии с предложением, содержащимся в этой резолюции, Комитет на своей двенадцатой сессии, проходившей в Европейском отделении Организации Объединенных Наций в Женеве с 21 по 30 января 1963 года, обсудил программу своей работы и изложил ее в своем докладе, представленном Генеральной Ассамблее³.

5. В этом докладе отмечалось, что предложение Генеральной Ассамблеи о продолжении Комитетом работы по оценке радиационной опасности связано с обзором, с одной стороны, количественных вкладов от различных источников излучения, а с другой — с обзором результатов биологических и медицинских исследований, которые привели бы к лучшему представлению о генетических и соматических эффектах радиации и зависимости частоты их появления от дозы излучения. Любое значительное изменение оценок доз, получаемых тканями человека, или расчетов количественных соотношений между дозой и эффектами может

³ Там же, восемнадцатая сессия, Приложения, пункт 31 повестки дня, документ A/5406.

потребовать пересмотра оценок радиационной опасности.

6. Комитет также высказал мнение, что Генеральная Ассамблея может быть достаточно исчерпывающим образом информирована о результатах происходящих в Комитете дискуссий, если Комитет будет представлять через относительно частые, но не обязательно годовые, интервалы краткие или специальные доклады по любым заключениям, существенно сказывающимся на оценке радиационной опасности. Комитет оставил нерешенным вопрос о возможности составления нового общего обзора всей деятельности, охватываемой его функциями, до того времени, когда, по его мнению, этого потребует научный прогресс.

7. Этот доклад был рассмотрен Генеральной Ассамблеей на восемнадцатой сессии. По окончании прений в Специальном политическом комитете Генеральная Ассамблея 12 ноября 1963 года приняла резолюцию 1896 (XVIII), в которой Научному комитету предлагалось осуществлять и в дальнейшем свою программу и работу по координации деятельности, направленную на пополнение сведений об уровнях атомной радиации от всех источников и о ее действии.

8. Во исполнение этого предложения на тринадцатой сессии Комитета была рассмотрена информация о заражении окружающей среды и об индукции злокачественных опухолей в порядке предварительной работы по составлению настоящего доклада, который был закончен и утвержден 10 июля 1964 года на четырнадцатой сессии Комитета.

9. На четырнадцатой сессии Комитета был также обсужден вопрос о том, каким образом Комитет должен продолжать свою работу по оценке радиационной опасности от всех источников, и была выражена просьба принять меры для проведения сессии в 1965 году. Комитет выразил надежду, что он сможет представить Генеральной Ассамблее следующий обстоятельный доклад в 1966 году.

Источники информации

10. Перечень докладов, полученных Комитетом за период с 10 марта 1962 года по 3 июля 1964 года включительно от государств — членов Организации Объединенных Наций и членов специализированных учреждений и Международного агентства по атомной энергии, а также от самих учреждений, приведен в приложении С. Список представленных до 10 марта 1962 года докладов был приведен в докладах Комитета, подготовленных в 1958 и 1962 годах. Эти доклады дополнялись рядом других научных публикаций, а также неопубликованными личными сообщениями отдельных ученых.

Организация работы Комитета

11. По примеру прежних сессий обсуждение и оценка полученной Комитетом информации производились на неофициальных заседаниях групп

специалистов, созданных Комитетом, причем сделанные ими общие заключения выносились затем на рассмотрение всего Комитета. В соответствии с установившейся в Комитете практикой подробного протокола прения по техническим вопросам не велась.

12. На двенадцатой и тринадцатой сессиях Комитета обязанности Председателя исполнял г-н Д. Х. Бенинсон (Аргентина), а Заместителя председателя — г-н М. Э. А. эль-Харадли (Объединенная Арабская Республика). На тринадцатой сессии г-н Д. Дж. Стивенс (Австралия) и г-н А. Р. Гопал-Айенгар (Индия) были выбраны соответственно Председателем и Заместителем председателя четырнадцатой и пятнадцатой сессий Комитета. Список ученых, участвовавших в качестве членов делегаций отдельных стран в работе двенадцатой, тринадцатой и четырнадцатой сессий Комитета, приводится в дополнении I.

Помощь научных сотрудников

13. Как и в прошлом, Комитету оказывали помощь небольшая группа штатных научных сотрудников и консультанты, назначенные Генеральным Секретарем. На научный персонал и консультантов возлагались обязанности по предварительному рассмотрению и оценке научной информации, полученной Комитетом или опубликованной в технической литературе.

14. Хотя ответственность за подготовку доклада возлагалась целиком на Комитет, Комитет хотел бы выразить свою признательность за оказанную ему помощь и советы тем ученым, фамилии которых перечислены в дополнении II. Комитет многим обязан их сотрудничеству и доброй воле.

Взаимоотношения со специализированными учреждениями Организации Объединенных Наций и с другими организациями

15. Комитет был удовлетворен оказанной ему во время сессий помощью со стороны Международной организации труда (МОТ), Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (ФАО), Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), Всемирной метеорологической организации (ВМО), которые являются специализированными учреждениями Организации Объединенных Наций, со стороны Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ), а также Международной комиссии по защите от радиоактивного излучения (МКЗРИ) и Международной комиссии по радиологическим единицам и измерениям (МКРЕИ), являющихся неправительственными организациями.

16. По просьбе Комитета ФАО собрала данные по радиоактивному заражению по пищевой цепочке, которые были использованы при составлении настоящего доклада, а ВМО оказала помощь при рассмотрении проблем перемещения и распределения радиоактивных осколков, создав группу ведущих метеорологов, которые

приняли участие в дискуссии по заражению атмосферы, состоявшейся в ходе тринадцатой сессии Комитета.

17. Как отмечено в докладе 1962 года, на одиннадцатой сессии Комитета по просьбе генерального секретаря ВМО был обсужден проект плана этой организации по претворению в жизнь рекомендаций, содержащихся в разделе II резолюции 1629 (XVI) Генеральной Ассамблеи. В соответствии с новой просьбой генерального секретаря ВМО на двенадцатой сессии Комитета был обсужден пересмотренный план, составленный этой организацией с учетом ранее сделанных Комитетом рекомендаций. В результате обсуждения этого плана Комитет утвердил направленные впоследствии генеральному секретарю ВМО заключение, в котором содержался ряд рекомендаций по тем аспектам плана, которые относились к кругу ведения Комитета.

Объем и цель настоящего доклада

18. В настоящем докладе не ставится задача охватить все вопросы, связанные с действием атомной радиации, как это было сделано в докладах Комитета в 1958 и 1962 годах. Настоящий доклад скорее ограничивается лишь двумя вопросами: загрязнением окружающей среды в результате ядерных взрывов и возможностью количественной оценки опасности индуцирования злокачественных опухолей человека под действием радиации.

19. Что касается первого вопроса, то Комитет считал нужным подробно рассмотреть имеющуюся на июнь 1964 года информацию, с тем чтобы дополнить обзор, содержащийся в докладе Комитета, выпущенном в 1962 году. После утверждения этого доклада загрязнение атмосферы в результате ядерных взрывов продолжалось в большом масштабе до конца 1962 года, создавая таким образом необходимость пересмотра оценки доз и опасности от радиоактивных осколков. Помимо того, с марта 1962 года были опубликованы результаты ряда новых исследований, которые до некоторой степени разъяснили многие проблемы, оставшиеся неразрешенными в докладе 1962 года. Поэтому при оценке опасности, связанной с загрязнением окружающей среды, в настоящем докладе будет учитываться не только количество радиоактивного материала, присутствующего в настоящее время в окружающей среде, но также и новые представления о механизмах распределения этого материала в данной среде и поглощения его по пищевым цепочкам, достигающего в конечном счете тканей организма человека. Поскольку в настоящем докладе рассматриваются только те аспекты этого вопроса, которые значительно изменились в результате прогресса, достигнутого после 1962 года, читателю рекомендуется обращаться к докладу 1962 года за необходимой основной информацией.

20. Что касается вопроса об индукции злокачественных опухолей, то, хотя наши представле-

ния в этой области не претерпели коренных изменений после 1962 года, последние сведения позволяют лучше обосновать некоторые оценки опасности, которые уже были получены Комитетом ранее, подтвердить те из них, о которых было получено лишь общее представление, и предложить новые. Точно так же по вопросу об индукции злокачественных опухолей читателю рекомендуется обратиться к докладу 1962 года, где подробно рассматриваются многие вопросы радиационного канцерогенеза, не обсуждаемые в настоящем докладе.

21. Как и в предыдущих докладах Комитета, основной текст этого доклада сопровождается специальными приложениями, в которых очень подробно рассматриваются имеющиеся в распоряжении Комитета научные данные. Комитет желает особо указать, как он это делал и в прошлом, что его выводы, основанные на имеющихся в настоящее время научных данных, не следует рассматривать как окончательные; эти данные нуждаются в пересмотре по мере развития научного прогресса.

ГЛАВА II

РАДИОАКТИВНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В РЕЗУЛЬТАТЕ ЯДЕРНЫХ ИСПЫТАНИЙ

1. Ядерные взрывы, произведенные с сентября 1961 по декабрь 1962 года, резко повысили радиоактивное загрязнение окружающей среды, а следовательно, и дозы радиации, воздействию которых человечество будет подвергаться. Вместе с тем Комитет отмечает, что после прекращения экспериментальных ядерных взрывов в атмосфере, в космосе и под водой и в силу достигнутых благоприятных обстоятельств дальнейшее радиоактивное загрязнение окружающей среды за счет указанных источников приостановилось. Для определения доз, которым подвергаются ткани человеческого тела, необходимо иметь данные о количестве различных радиоактивных изотопов в атмосфере и о скоростях их выпадения на поверхность земли и поступления в пищевую цепочку. После прекращения в декабре 1962 года ядерных испытаний в атмосфере Комитету удалось собрать достаточное количество информации, позволяющей ему внести соответствующие поправки в оценку получаемых доз.

2. Почти все продукты деления, образовавшиеся в результате ядерных взрывов в 1961—1962 годах, были выброшены в стратосферу. В результате этих испытаний в конце 1962 года общее количество стронция-90 в стратосфере возросло примерно на 5 мекюри по сравнению с уровнем его содержания в середине 1961 года (A32—34)⁴.

3. Скорость выпадения продуктов деления из стратосферы на поверхность земли зависит от высоты, на которую они поднялись в атмосфере, а также от широты, на которой были произведены ядерные взрывы. Например, среднее время пребывания радиоактивных веществ в стратосфере на высоте свыше 100 км превышает пять лет, в то время как в нижней атмосфере оно составляет менее одного года (A16—19). На основе оценки экспериментальных данных Комитет принял среднее для всего земного шара значение времени пребывания в стратосфере сложных продуктов деления, равное двум годам (A20). Хотя эта величина и меньше значения, использованного в докладе 1962 года, предсказанное отложение стронция-90 и цезия-137 в результате изменения среднего времени пребывания отличается незначительно.

4. В 1962 году скорость выпадения долгоживущих радиоактивных веществ была в три раза выше, чем в 1960—1961 годах, а в 1963 году скорость выпадения была выше, чем в любом предыдущем году (A36—38). Комитет предполагает, что в 1964 году скорость выпадения может составлять примерно две трети значения, наблюдаемого в 1963 году, и что в последующие годы будет происходить ее постепенное уменьшение.

5. Скорость выпадения короткоживущих радиоактивных веществ в 1963 году упала до незначительного уровня, и поэтому после 1964 года они не скажутся на значении дозы (A56—59).

6. Радиоактивные вещества, выпавшие на поверхность земли, являются источниками как внешнего, так и внутреннего облучения населения. В то время как их вклад в дозу внешнего облучения зависит от обусловливаемого ими гамма-излучения, величина дозы внутреннего облучения определяется главным образом степенью поступления различных изотопов по пищевым цепочкам в организм человека.

7. Стронций-90 и цезий-137 являются наиболее важными из образующихся при ядерных взрывах продуктов деления, которые заражают пищевой рацион человека. В докладе 1962 года был широко освещен механизм, регулирующий перенос стронция-90 по пищевым цепочкам в пищевой рацион человека⁵. Полученные позднее данные не вызывают необходимости в пересмотре основы оценки. В 1962 году зараженность пищевого рациона в северном полушарии была несколько выше, чем в 1959 году, в котором наблюдался максимальный до того времени уровень. В 1963 году зараженность пищевого рациона в северном полушарии была по крайней мере в два раза выше, чем в 1962 году (A80). В южном полушарии зараженность пищевого рациона в 1962 и 1963 годах возросла, хотя и в меньшей степени, причем ее уровни оставались более низкими, чем в северном полушарии (A81).

8. Последние данные о перемещении цезия-137 по пищевым цепочкам помогли создать более твердую основу для оценки доз облучения организма человека цезием-137 (A134, 135, 178—180). В настоящее время очевидно, что в докладе 1962

⁴ На протяжении всего доклада ссылки на приложения обозначаются прописной буквой, которая ставится перед цифрой. Так, в данном случае обозначение A32—34 указывает на пункты 32—34 приложения А.

⁵ *Официальные отчеты Генеральной Ассамблеи, семнадцатая сессия, Дополнение № 16 (A/5216), глава V, пункты 60—69.*

года дозы облучения цезием-137 были несколько завышены. В период с 1961 по 1963 год изменения уровней содержания цезия-137 в пищевом рационе были во многом отношении аналогичны изменениям уровней содержания стронция-90 (A117).

9. Было обнаружено, что при некоторых местных экономических условиях перенос цезия-137 в организм человека возрастает, приводя к максимальному его содержанию в теле, поддающемуся измерению. Так, в арктических районах уровни содержания цезия-137 в сыром мясе северного оленя и оленя карibu высоки за счет накопления этого радиоактивного изотопа в растительности, которой питаются эти животные (A118). Содержание цезия-137 в организме небольших групп местных жителей, которые питаются почти исключительно мясом северного оленя и карibu, превышало среднюю мировую величину в некоторых случаях более чем в сто раз (A128).

10. Начиная с конца 1961 года измерение содержания короткоживущих радиоактивных изотопов в окружающей среде, в пищевых продуктах и в организме человека проводилось более регулярно, чем во время предыдущих серий ядерных испытаний. В результате этого дозы облучения, обуславливаемые этими изотопами, рассчитываются в настоящее время с большей точностью. Особое внимание было уделено иоду-131 (A136—146), ибо его поглощение младенцами со свежим молоком приводит к облучению щитовидной железы. Взрослые облучаются в значительно меньших дозах, поскольку они потребляют меньше свежего молока, а их щитовидная железа имеет меньшие размеры.

11. В большинстве районов умеренной зоны северного полушария средняя доза облучения щитовидной железы детей, употреблявших свежее молоко, в 1961 году составляла примерно 0,1 рд (A, табл. ХХХ). Аналогичные значения дозы были получены в 1962 году, в то время как в 1963 году они были незначительными (A182, 183). В южном полушарии значения доз были гораздо ниже. В 1962 году концентрация иода-131 в молоке, полученном в некоторых ограниченных районах, находящихся в нескольких сотнях километров от испытательного полигона, была в десять раз выше средней величины; дозы, полученные щитовидной железой, были соответственно более высокими (A138).

12. Комитет еще раз рассмотрел вопрос о дозах, обуславливаемых углеродом-14, радиоактивным изотопом с периодом полураспада примерно в 5700 лет, который образуется из атмосферного азота как естественным путем, за счет постоянного воздействия космических лучей, так и искусственно, за счет нейтронов, высвобождаемых в результате ядерных взрывов. Содержание искусственного углерода-14 в атмосфере в результате проведения испытаний в 1961—1962 годах возросло примерно в три раза. В июле 1963 года концентрация искусственного углерода-14 в при-

земном воздухе достигла 90 процентов концентрации углерода-14 естественного происхождения в северном полушарии (A, табл. XV). Со временем искусственный углерод-14 будет проявлять тенденцию к равномерному распределению в атмосфере и будет постепенно поглощаться океанами. Так, к 2000 году концентрация искусственного углерода-14 в атмосфере упадет примерно до 3 процентов концентрации углерода-14 естественного происхождения (A71).

13. Как и в своем докладе 1962 года ⁶, Комитет основывал свою оценку сравнительной опасности проведенных ранее ядерных взрывов на расчетах ожидаемых доз облучения гонад, клеток, выстилающих поверхность костей, и костного мозга, поскольку облучение этих тканей может вызвать наследственные дефекты, костные опухоли и лейкоз соответственно. Под ожидаемой дозой подразумевается полная доза, которая будет получена в виде средней величины для населения всего мира соответствующими тканями после полного распада радиоактивных веществ, выброшенных в окружающую среду. Ожидаемые дозы могут быть получены тканями по частям в течение очень длительного периода времени. Величины ожидаемых доз, обусловленных всеми испытаниями, проведенными до января 1963 года, приведены в таблице I.

14. В настоящем докладе значения ожидаемых доз выражены в радах ⁷. Что касается радиации, обусловленной ядерными взрывами, то используемые в настоящем докладе дозы в радах и дозы в бэрах (по определению, приведенному в докладе 1962 года ⁸) численно эквивалентны. В настоящем докладе дозы, полученные за счет природного уровня радиации, также выражаются в радах, и поэтому численно они несколько меньше выраженных в бэрах доз, значение которых приведено в докладе 1962 года. Они составляют 99, 96 и 95 мрд в год для гонад, клеток, выстилающих поверхность костей, и костного мозга соответственно.

15. Оценка сравнительной опасности может быть сделана путем использования доз, получаемых от естественных источников облучения. Одна из присущих подобному сравнению трудностей вызвана произвольным периодом, в пределах которого должно быть произведено интегрирование дозы, получаемой от естественного источника облучения. В принципе возможно несколько вариантов:

1) Ожидаемую дозу можно сравнить с дозой, получаемой от естественных источников радиации в течение времени, равного периоду, на протяжении которого получена значительная доля ожидаемой дозы. Это сравнение может

⁶ A/5216, глава VI.

⁷ Рад — единица измерения поглощенной дозы; A/5216, глава II, пункт 23.

⁸ A/5216, глава II, пункт 26; недавно Международная комиссия по радиологическим единицам и измерениям дала новое определение бэра.

Таблица I. ОЖИДАЕМЫЕ ДОЗЫ, ОБУСЛОВЛЕННЫЕ ЯДЕРНЫМИ ВЗРЫВАМИ^a

Ткань	Источник радиации	Ожидаемые дозы (мрд)		
		В результате испытаний в 1954—1960 гг. (значения, взятые из доклада 1962 г.)	В результате испытаний в 1954—1962 гг. (новые значения)	Пункт приложения А
Гонады	Внешний, короткоживущий ^b	11	21	163
	Cs ¹³⁷	16	29	165
	Внутренний, Cs ^{137b}	8	13	179
	C ¹⁴	5 ^c	13 ^c	187
	Всего	40	76	
Клетки, выстилающие поверхность костей	Внешний, короткоживущий ^b	11	21	163
	Cs ¹³⁷	16	29	165
	Внутренний, Sr ⁹⁰	67	174	173
	Cs ^{137b}	14	13	179
	C ¹⁴	8 ^c	20 ^c	187
	Sr ⁹⁰	0,15	0,30	176
Всего	116	257		
Костный мозг	Внешний, короткоживущий ^b	11	21	163
	Cs ¹³⁷	16	29	165
	Внутренний, Sr ⁹⁰	33	87	174
	Cs ^{137b}	10	13	179
	C ¹⁴	5 ^c	13 ^c	187
	Sr ⁹⁰	0,07	0,15	176
Всего	75	163		

^a В докладе 1962 года значения этих доз были даны в миллибэрах. Как поясняется в пункте 191 приложения А, значения доз, приведенных в настоящем докладе, даны в миллирадах.

^b Ожидаемые дозы, обусловленные короткоживущими изотопами Cs¹³⁷ внутреннего источника радиации, были вычислены в этом докладе на несколько иной основе (пункты 162, 178 приложения А), чем это было сделано в докладе 1962 года.

^c Для ожидаемой дозы, обусловленной C¹⁴, по-видимому, уместно включить лишь дозу, которая накопится к 2000 году; к тому времени дозы, обусловленные другими изотопами, будут в основном получены полностью. Общая ожидаемая доза, обусловленная C¹⁴, которая будет получена в результате испытаний, проведенных до 1960 года, составляет для гонад, клеток, выстилающих поверхность костей, и костного мозга 48, 80 и 48 мрд соответственно. Для всех испытаний, проведенных до конца 1962 года, значения ожидаемой дозы, обусловленной C¹⁴, составляют 180, 290 и 180 мрд соответственно.

вводить в заблуждение в том смысле, что продолжительность облучения в результате будущих ядерных испытаний может перекрывать этот период.

2) Как и в докладе 1962 года⁹, можно также произвести сравнение с дозой, полученной от естественных источников радиации в период ядерных испытаний, с учетом того, что значение в данном случае имеет именно доля дозы, получаемая в течение этого отрезка времени, вне зависимости от источника радиации. Однако последнее сравнение также можно считать неудовлетворительным, поскольку продолжительность периода трудно определить.

3) Прямое сравнение значений ожидаемой дозы (в мрд) и годовой мощности (в мрд/год), обусловленных естественными источниками радиации, вряд ли оправдано.

4) Возможный метод оценки, который был использован в докладе 1962 года¹⁰ и которого придерживаются также в настоящем докладе, состоит в выражении ожидаемых доз на основе отрезка времени, в течение которого естественная радиация должна возрасти вдвое, для того чтобы повысить дозу на величину, равную ожидаемой дозе.

16. Для всех ядерных испытаний, проведенных до января 1963 года, значения этих отрезков времени соответствуют для гонад примерно 9 месяцам, для клеток, выстилающих поверхность костей, 32 месяцам и для костного мозга 20 месяцам. Эти значения не поддаются прямому сравнению со значениями, приведенными в докладе 1962 года, поскольку они учитывают лишь ту часть ожидаемой дозы, обусловленной углеродом-14, которая будет получена до 2000 года. Кроме того, периоды, которые даются в докладе 1962 года, относятся к испытаниям, проведенным в 1954—1961 годах, и основаны на предположении о проведении испытаний в 1961 году.

⁹ А/5216, глава VI.

¹⁰ А/5216, глава VI, пункт 17.

ГЛАВА III

РАДИАЦИОННЫЙ КАНЦЕРОГЕНЕЗ ЧЕЛОВЕКА

1. К основным проблемам, которые обсуждались в докладах 1958 и 1962 годов, принадлежит проблема оценки абсолютной опасности возникновения ряда последствий при облучении в таких дозах и мощностях, которые получены от естественных источников, а также от радиоактивных осадков, выпавших в результате ядерных испытаний. В докладе Комитета 1958 года приводятся ориентировочные и весьма предположительные оценки абсолютной опасности, которые были представлены в виде ожидаемой частоты возникновения данного последствия на единицу дозы; к тому же эти оценки во многих случаях основывались на вряд ли оправданных предположениях относительно приложения результатов, полученных при больших дозах и их мощностях, к малым дозам и мощностям, а также к различным условиям облучения. По этим причинам Комитет в своем докладе, опубликованном в 1962 году, ограничился оценкой относительной опасности. Рассмотрев еще раз имеющуюся информацию по радиоиндуцированию рака у человека, Комитет не видит возможности изменить эту процедуру в настоящее время.

2. Однако на основании данных, опубликованных после 1962 года, Комитет пришел к выводу о возможности — лишь для немногих тканей и главным образом в диапазоне больших доз — оценки опасности (B20)¹¹ (выраженной, например, как число случаев в год на один рад среди миллиона облученных лиц), которая справедлива в отмеченном диапазоне доз и при данных условиях облучения. Кроме того, и особенно когда рассматриваемые дозы находятся в диапазоне, частота возникновения того или иного последствия в котором быстро возрастает с увеличением дозы, маловероятно, что опасность, приходящаяся на единицу дозы, при очень малых дозах будет хотя бы сколько-нибудь больше, чем при больших дозах, а скорее всего она будет намного меньше. Таким образом, рассчитанная на единицу дозы опасность будет представлять в большинстве случаев верхний предел возникновения того или иного последствия при очень малых дозах (B18, 19).

3. Появились новые возможности проанализировать увеличение частоты заболевания лейкозом в зависимости от дозы среди лиц, выживших

после взрывов в Хиросиме и в Нагасаки, благодаря выборочному обследованию выживших после взрывов лиц, которые были разделены на группы в соответствии с предположительно полученными ими дозами облучения. Этот расчет был произведен с учетом расстояния от эпицентра и степени защиты от радиации (B25—30). Точность расчета доз определить трудно, поскольку вполне возможно, что на ней сказалась какая-то систематическая ошибка, вызванная, в частности, нашим ограниченным представлением об относительном значении нейтронов и гамма-лучей, образующихся во время взрывов. Однако оценки доз почти наверняка не являются ошибочными, если они различаются не более чем в два-три раза.

4. При использовании номинальных значений доз среднегодовая частота заболевания лейкозом в результате облучения, рассчитанная на основании данных за девять лет (1950—1958 годы), в диапазоне примерно от 100 до 900 рд, будет почти пропорциональна дозе. Рост заболеваемости лейкозом при повышении дозы на один рад составляет один-два случая в год среди одного миллиона облученных лиц (B30). Неизвестно, в течение какого периода времени будет наблюдаться повышенная частота заболевания лейкозом среди лиц, выживших после взрывов. Имеются некоторые указания на то, что она несколько снизилась в течение 60-х годов.

5. В отношении всего населения подобную оценку абсолютной опасности следует применять весьма осторожно. Выжившее население прошло тщательный отбор уже в силу летального эффекта самого облучения, в результате чего выжившие лица не всегда могут являться представителями облученной популяции с точки зрения ее чувствительности к радиационному канцерогенезу.

6. Оценка, сделанная на основе обследования выживших после взрывов атомных бомб, совпадает с оценкой, полученной для диапазона доз облучения от 300 до 1500 рд в результате совершенно иного обследования — обследования лиц, подвергшихся терапевтическому облучению по поводу анкилозирующего спондилита (B40—55). Облучение в этом случае было фракционированным, причем значения доз были известны с большей точностью; наблюдавшееся число случаев лейкоза, однако, очень невелико. Кроме того, нельзя каким-либо образом определить, в какой степени сама болезнь, по поводу которой больные подвергались облучению, или другие использованные

¹¹ На всем протяжении доклада ссылки на приложения обозначаются прописной буквой, которая ставится перед цифрой. Так, в данном случае обозначение B20 указывает пункт 20 приложения В.

терапевтические средства могли обуславливать повышение частоты заболевания лейкозом. Таким образом, оценка, сделанная на основании лишь этого обследования, может применяться только к больным спондилитом.

7. В докладе 1962 года вкратце рассматриваются данные об индуцировании злокачественных опухолей у детей, подвергшихся облучению в матке. В то время эти данные считались спорными. Недавние сообщения подтвердили более высокую частоту возникновения злокачественных заболеваний, включая лейкоз, среди детей, подвергшихся облучению в матке (диагностическое облучение, в некоторых случаях неоднократное) (B62—73). Несмотря на отсутствие точных оценок доз, есть основания полагать, что порядок значеный доз составляет несколько рад. Оценки опасности, основанные на этом предположении, дают право предполагать, что опасность заболеваний лейкозом на единицу дозы может быть в несколько раз выше для детей, подвергшихся облучению в матке, чем для взрослых (B72). Эти обследования позволили сделать имеющее важное значение предположение о том, что в определенных условиях облучение в малых дозах (порядка нескольких рад) может вызвать злокачественное заболевание. Как и в случае анкилозирующего спондилита, существует вероятность, что выбранные для обследования облученные дети могут и не характеризовать всей детской популяции (B73).

8. В докладе 1962 года также рассматриваются данные, полученные на основании регистрации опухолей в Хиросиме, с учетом связи между расстоянием от эпицентра и общей частотой возникновения опухолей. В настоящее время Комитетом рассматриваются новые данные, полученные на основании регистрации опухолей в Хиросиме и Нагасаки. Хотя эти данные все еще указывают на снижение частоты возникновения опухолей в зависимости от расстояния от эпицентра, эта связь теперь выражена менее четко, чем связь, полученная на основании предыдущих сообщений, причем она не поддается количественному анализу. Несмотря на то что другое, недавно проведенное обследование выживших после взрыва атомной бомбы японцев, основанное на ограниченной, но более точно определенной выборке населения, свидетельствует о повышении смертности от лейкоза, оно не представляет ясных доказательств того, что облучение сказывается на смертности от каких-либо других причин через 5—14 лет после облучения. Однако имеются некоторые указания на увеличение частоты других злокачественных заболеваний (B175—180).

9. Комитет рассмотрел результаты последних исследований индуцирования рака щитовидной железы в результате терапевтического облучения области щитовидной железы детей (B105—119). Облучение часто было фракционным. Как и во всех случаях терапевтического облучения, невозможно отделить последствия облучения от последствий того заболевания, по поводу которого облучение производилось. Точность оценки доз

облучения щитовидной железы невелика, но она достаточна, чтобы позволить сделать некоторые заключения взаимосвязи между дозой и частотой рака щитовидной железы.

10. Как и в случае лейкоза, частота рака щитовидной железы в диапазоне доз от 100 до 300 рд почти пропорциональна дозе, что дает оценку опасности, составляющую около одного случая в год на один рад среди миллиона облученных лиц, усредненную примерно по шестнадцатилетнему периоду, прошедшему после облучения (B117). Однако период опасности может быть несколько более продолжительным. Среди взрослых, выживших после атомных взрывов, также наблюдалась более высокая частота опухолей щитовидной железы (B90—100). Это увеличение связывается с расстоянием от эпицентра, однако имеющихся данных недостаточно для количественной оценки опасности.

11. Комитет рассмотрел данные, касающиеся оценки опасности возникновения некоторых других злокачественных заболеваний, а именно: костных опухолей у лиц, подвергавшихся действию радия (B130—145), опухолей печени у лиц, принимавших препараты тория в диагностических целях (B146—151), рака кожи в результате внешнего облучения (B126—129) и опухолей легкого у шахтеров, подвергавшихся действию радиоактивной пыли (B152—174). Несовершенство отбора проб и дозиметрии, более продолжительные латентные периоды и возможно меньшая вероятность индуцирования заболеваний делают ненадежной количественную оценку, основанную на имеющихся в настоящее время данных. Однако Комитет полагает, что для некоторых заболеваний, за исключением лейкозов и опухолей щитовидной железы, не исключена возможность своевременного получения сведений, достаточных для дополнительной оценки возможной опасности, и что исследования, направленные на установление важных количественных соотношений между дозами и наблюдаемой частотой какого-либо злокачественного заболевания человека, должны настоятельно поощряться и всемерно поддерживаться.

12. Однако не следует рассчитывать на то, что подобные оценки могут быть получены для всех или по крайней мере для многих видов тканей человека. Единственными данными, пригодными для определения общей опасности возникновения радиоиндуцированных злокачественных заболеваний, являются данные, полученные в результате обследования лиц, подвергшихся общему облучению в значительных дозах, как это имело место в Хиросиме и Нагасаки. Продолжение этих обследований имеет поэтому огромное значение. Прошло еще слишком мало времени после облучения жителей этих городов для развития всевозможных злокачественных заболеваний; однако настоящие данные дают основание полагать, что лейкоз может быть преобладающим видом возникающего злокачественного заболевания и что общая опасность возникновения всех

злокачественных заболеваний вряд ли будет во много раз превышать то значение, которое приводилось выше для лейкоза (B179—180).

13. Важно использовать все средства для выяснения возможности проведения серьезных обследований облученных групп населения, причем в таких условиях, когда можно будет применить

надежные эпидемиологические методы. С другой стороны, ценность таких данных для оценки влияния очень малых доз должна зависеть от степени нашего понимания основных механизмов канцерогенеза, характера действия облучения и его взаимодействия с другими канцерогенными агентами в окружающей среде.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Blank page

Page blanche

ПРИЛОЖЕНИЕ А

РАДИОАКТИВНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В РЕЗУЛЬТАТЕ ЯДЕРНЫХ ИСПЫТАНИЙ

СОДЕРЖАНИЕ

	Пункты		Пункты
ВВЕДЕНИЕ	1	Уровни содержания цезия-137 в продуктах питания	117—119
I. ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ РАДИОАКТИВНЫХ ИЗОТОПОВ В ЗЕМНОЙ АТМОСФЕРЕ	2— 30	Метаболизм цезия в организме человека	120—122
Радиоактивные аэрозоли	3— 6	Наблюдаемые уровни содержания Cs ¹³⁷ в организме человека	123—129
Перенос в атмосфере	7— 26	Зависимость между содержанием цезия-137 в радиоактивных осадках и продуктах питания и его содержанием в организме человека	130—135
Перемещение в стратосфере	10— 20	Йод-131	136—146
Перемещение в тропосфере	21— 26	Содержание йода-131 в пищевых продуктах	136—140
Механизмы осаждения	27— 30	Содержание йода-131 в щитовидной железе человека	141—146
II. ОБЩЕЕ СОДЕРЖАНИЕ И ОТЛОЖЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ РАДИОАКТИВНЫХ ИЗОТОПОВ	31— 77	IV. ДОЗЫ ОТ ДОПУСТИМЫХ ВНЕШНИХ И ВНУТРЕННИХ ЗАРАЖЕНИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОСАДКОВ И НАСЕЛЕНИЯ	147—155
Стронций-90	31— 34	Дозы внешнего облучения	156—165
Атмосфера	32— 34	Измеренные мощности воздушной дозы	156—157
Измерения в осадках и почве	35— 50	Короткоживущие продукты деления	158—163
Реки и озера	42— 43	Цезий-137	164—165
Океаны	44— 50	Дозы внутреннего облучения	166—188
Цезий-137	51— 54	Стронций-90	166—174
Криптон-85	55	Стронций-89 и барий-140	175—177
Короткоживущие продукты деления	56— 59	Цезий-137	178—180
Стронций-89	56— 58	Йод-131	181—183
Другие короткоживущие продукты деления	59	Радиоактивные изотопы в дыхательном и желудочно-кишечном трактах	184—185
Углерод-14	60— 71	Углерод-14	186—188
Общее содержание	60— 66	V. ВЫВОДЫ	189—195
Циркуляция углерода-14	67— 68	Таблицы	59
Будущие уровни содержания углерода-14	69— 71	Литература	82
Другие искусственные радиоактивные изотопы	72— 77		
III. ЗАРАЖЕНИЕ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ И ТКАНЕЙ ЧЕЛОВЕКА	78—146		
Стронций-90 и стронций-89	78—110		
Цезий-137	111—135		
Механизмы пищевой цепочки	111—116		

Введение

1. Цель настоящего приложения состоит в том, чтобы дать оценку поступивших в распоряжение Комитета после представления им Генеральной Ассамблее [1]^a доклада 1962 года^b данных о загрязнении окружающей среды в результате

ядерных взрывов, а также в том, чтобы получить пересмотренные оценки уровня возникшей вследствие загрязнения окружающей среды радиации, действию которой подвергается человечество. Такое пополнение доклада последними данными необходимо потому, что после утверждения доклада 1962 года происходило дальнейшее заражение, хотя после прекращения в декабре 1962 года испытаний в атмосфере уровни радиоактивности, обусловленной короткоживущими изотопами, в течение 1963 года значительно снизились. Кроме того, заслуживает внимания развитие представ-

^a Цифры указывают на соответствующие ссылки в списке литературы, приведенные в конце настоящего приложения.

^b Официальные отчеты Генеральной Ассамблеи, семнадцатая сессия, Дополнение № 16 (A/5216); этот доклад в дальнейшем упоминается как «доклад 1962 года».

лений о механизмах переноса радиоактивного вещества от источника его образования в окружающую человека среду. Что касается тех многочисленных аспектов проблемы загрязнения окружающей среды, в которых со времени опубликования упомянутого доклада не было достигнуто больших успехов, то читатель отсылается к приложению F к докладу 1962 года.

1. Перемещение искусственных радиоактивных изотопов в земной атмосфере

2. Основная часть всех продуктов деления, образовавшихся в результате ядерных взрывов к концу 1962 года, была выброшена в стратосферу. Для того чтобы рассчитать скорость будущего выпадения, требуются данные об общем содержании продуктов деления в стратосфере, а также о механизмах их переноса на поверхность земли. За период, прошедший после опубликования доклада 1962 года, получено значительное число новых данных о перемещении осколков деления в атмосфере. В силу этого представляется целесообразным вновь рассмотреть главные особенности связанных с этим перемещением процессов, уделяя особое внимание последним достижениям в этой области.

РАДИОАКТИВНЫЕ АЭРОЗОЛИ

3. Образовавшиеся в результате ядерного взрыва продукты деления находятся в огненном шаре, первоначально в виде паров. По мере подъема и расширения этого шара горячее облако охлаждается за счет рассеяния тепла адиабатического охлаждения, а также смешения с более холодным воздухом, вызывающим конденсацию продуктов деления и образование аэрозолей, состоящих из мельчайших частиц. Так как радиоактивность продуктов деления, выброшенных в 1961 и 1962 годах, возникла в основном в результате взрывов высокой мощности, большая часть образовавшихся осколков продуктов деления была перенесена далеко в стратосферу [2].

4. Распределение осколков продуктов деления между локальными, тропосферными и стратосферными выпадениями было рассмотрено в докладе 1962 года. Большая часть радиоактивных осколков, образовавшихся в течение 1961 и 1962 годов, была выброшена в стратосферу, и эти осколки вместе с уже находящимися в стратосфере осколками, образовавшимися в результате предыдущих испытаний, являлись основным источником последующего заражения всего земного шара. Локальные выпадения имеют значение только вблизи места проведения испытаний, в то время как отложение тропосферных выпадений происходит приблизительно в течение месяца после испытаний.

5. Радиоактивность, образовавшаяся в результате ядерных испытаний, может существовать либо в газообразном виде, либо в виде частиц. В верхней атмосфере на высоте около 100 км даже очень маленькие частицы будут иметь высокую скорость осаждения [3, 4]. С другой стороны, на больших высотах газообразные вещества

имеют большую скорость молекулярной диффузии, чем частицы. В нижних слоях тропосферы частицы быстро уносятся из нее во время осадения. Вскоре после проведения одного из испытаний в приземном воздухе и в осадках были обнаружены частицы, обладающие высокой радиоактивностью [29, 35]. Однако большинство измерений, произведенных в стратосфере до высоты примерно 20 км через несколько месяцев после прекращения ядерных испытаний, свидетельствует о том, что большинство радиоактивных частиц по своим размерам меньше микрона и, следовательно, имеют незначительные скорости осаждения [5]. В отличие от газов частицы могут удаляться в результате соударений или осадения после коагуляции другими аэрозолями.

6. В другой работе было показано наличие корреляции между радиоактивностью и содержанием сульфата в пробах, отобранных в стратосфере [6]. Это свидетельствует о коагуляции или, возможно, о том, что сульфат накапливается на радиоактивных частицах, размер которых после этого увеличивается. Стореб провел теоретическое исследование роста размера частиц при подъеме атомного облака и обнаружил, что конечные размеры частиц могут быть достаточными для того, чтобы гравитационное осаждение приобрело некоторое значение по сравнению с перемещениями частиц в результате обмена воздуха [3]. Распределение находящихся в стратосфере частиц по размерам свидетельствует о том, что основная масса осколков на этих высотах перемещается главным образом за счет движения воздуха. Однако существенное увеличение размеров частиц в результате их агломерации в нижних слоях тропосферы может значительно увеличить скорость осаждения аэрозолей.

ПЕРЕНОС В АТМОСФЕРЕ

7. Для того чтобы понять перемещение радиоактивных осколков в атмосфере, необходимо глубоко знать общую циркуляцию земной атмосферы. Такие знания необходимы для предсказания пространственного и временного распределения будущих выпадений, вызванных выбросом осколков в стратосферу на различных широтах, высотах и в различное время. В настоящее время наши представления о некоторых аспектах перемещения воздуха в стратосфере, особенно на больших высотах, страдают неполнотой. Однако некоторые основные характеристики этого перемещения в настоящее время установлены с достаточной достоверностью.

8. Одной из ярких особенностей циркуляции атмосферы является система западных струйных течений, наблюдающихся в средних широтах на высотах около 10 км (рис. 1). Скорости 100—300 км в час являются обычными для этих районов. В средних и высоких широтах обращение воздуха вокруг земного шара происходит примерно в течение одной недели, а в тропических районах — в течение одного-двух месяцев [7]. Поскольку в стратосфере эти промежутки времени яв-

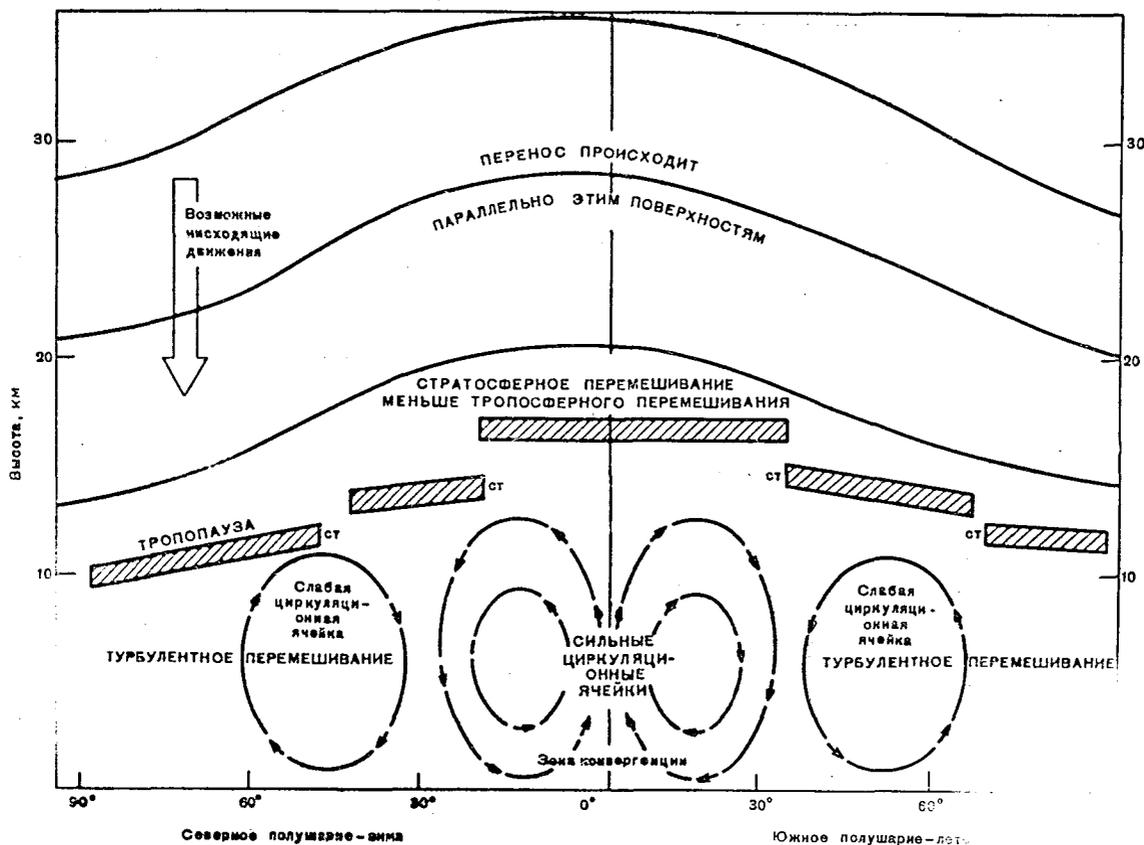


Рис. 1. Схематический разрез, показывающий характеристики междуширотного переноса («ст» дает указание на типичное расположение струйных течений)

ляются короткими по сравнению с временем перемещения в меридиональном и вертикальном направлениях, то можно полагать, что осколки смешиваются в зонах настолько хорошо, что через несколько месяцев после проведения испытания они равномерно распределяются вдоль широтных полос [7]. В тропосфере вертикальные движения происходят быстро, однако в нижней стратосфере скорости этих вертикальных движений, а следовательно, и вертикального перемещения намного меньше [7, 8].

9. Продукты деления, выброшенные в стратосферу во время испытаний, широко используются для изучения направлений потоков воздуха [9, 10]. В частности, было проведено много обследований концентрации Sr^{90} в стратосферном воздухе [11], а также была исследована радиоактивность W^{185} и Rh^{102} , выброшенных в стратосферу в течение 1958 года [12, 13, 14]. Кроме того, было изучено распределение радиоактивных изотопов Be^7 , Pb^{210} , P^{32} и C^{14} естественного происхождения, а также озона и водяных паров [15, 16]. Эти исследования внесли большой вклад в наши представления о перемещениях воздуха в стратосфере.

Перемещение в стратосфере

10. Измерения концентрации озона и водяных паров в стратосфере показывают, что в течение зимы и начала весны отмечается нисходящее

перемещение веществ в направлении полюсов [16, 17, 18]. Распределение озона в нижней стратосфере свидетельствует о том, что в нижних слоях стратосферы экваториальных районов может происходить восходящее движение воздуха [16]. Исходя из перемещения W^{185} в течение 1958 года из экваториальных районов в полярные, Фили и Спар сделали вывод о том, что это перемещение в направлении полюсов обуславливается главным образом интенсивной турбулентной диффузией [19].

11. Перемещение в экваториальные районы Sr^{90} и Mn^{54} , выброшенных в стратосферу в северном полярном районе в конце 1961 года, также можно было бы объяснить турбулентной диффузией. Однако Ньюэлл доказывает, что перемещение вдоль пологих плоскостей (рис. 1) происходит, вероятно, в результате как турбулентного смешения, так и среднего междуширотного переноса [20]. Изучая время осаждения Rh^{102} в стратосфере на высоких широтах, Телегадас и Лист обнаружили, что за период с декабря 1959 по март 1960 года осколки опустились с 20 до 14 км и после этого оставались в северном полушарии неподвижными в течение лета [21]. Аналогичная скорость опускания была отмечена для Cd^{109} в южном полушарии в период с апреля по август 1963 года [380]. Эти наблюдения свидетельствуют о том, что вертикальное перемещение продуктов деления в стратосфере в полярных районах вы-

зывается главным образом нисходящими движениями в течение зимы.

12. Можно сделать вывод, что осколки, выброшенные в стратосферу в экваториальных районах на высоту до 30 км, в течение зимы в каждом полушарии совершают нисходящие перемещения в направлении полюсов. Восходящее движение веществ, выброшенных в нижние слои в полярных районах, по-видимому, не является сколько-нибудь значительным, однако некоторая их часть перемещается в экваториальные районы в нижние слои стратосферы. Был предложен ряд моделей стратосферной циркуляции, однако в настоящее время ни одна из них не является полностью удовлетворительной для того, чтобы предсказывать перемещение продуктов деления [9, 31, 412]. В настоящее время очевидно, что в стратосферной циркуляции большую роль играют как адвективные, так и диффузионные процессы. Описанные выше стратосферные перемещения показаны на рис. 1.

13. О перемещении воздуха на высотах более 30 км в настоящее время имеется очень мало данных. В результате взрыва, произведенного в августе 1958 года над островом Джонстон на высоте около 43 км, в стратосферу был выброшен Rh^{102} [23]. Согласно произведенным расчетам, радиоактивное облако поднялось на высоту, достигающую по крайней мере 100 км. С октября 1959 года по февраль 1960 года в северном полушарии наблюдалось значительное увеличение концентрации Rh^{102} на высоте 20 км [12, 21]. В южном полушарии основное увеличение концентрации падает на зиму 1959 года и зиму 1960 года, причем начиная с середины 1960 года концентрация радиоактивных веществ в этом полушарии была почти такой же, как и в северном полушарии. В течение 1960 и 1961 годов концентрации на этих высотах оставались довольно постоянными, вероятно за счет верхних слоев.

14. Прделанные недавно в стратосфере измерения активности, обусловленной Cd^{109} , часть которой в количестве около 0,25 мкюри была выброшена в июле 1962 года на высоте более 400 км над островом Джонстон в районе 17° северной широты, показывают, что некоторое количество этого изотопа опустилось через пять-шесть месяцев до высоты 30 км [22, 24, 380]. Cd^{109} не только появился в нижних слоях стратосферы южного полушария раньше, чем в северном полушарии, но и его содержание в нем, по крайней мере в средних широтах, до августа 1963 года было более высоким. Предполагается, что на высотах от 40 до 400 км гравитационное осаждение, а в случае заряженных частиц — и электромагнитные явления влияют на оседание осколков продуктов деления [53]. Измерения Rh^{102} , образовавшегося в результате взрыва ракеты на большой высоте (Орандж), осуществленного в августе 1958 года в экваториальных районах, свидетельствуют о том, что Rh^{102} распространился в полярные районы обоих полушарий и позднее опустился ниже [25, 26, 381].

15. Существует много механизмов, которые могут объяснять перемещение радиоактивных частиц из стратосферы в тропосферу. Махта провел сравнение вероятного переноса Sr^{90} согласно каждому из механизмов с наблюдаемым впоследствии выпадением Sr^{90} в северном полушарии в начале 1960 и 1961 годов [34]. Результаты этого сравнения могут быть подытожены следующим образом:

a) Тяжелые частицы могут осаждаться через тропопаузу, однако основная радиоактивность в нижних слоях стратосферы создается за счет частиц, слишком малых для того, чтобы гравитационное осаждение существенным образом сказывалось на нисходящем перемещении через тропопаузу.

b) Как вертикальное перемешивание в тропопаузе, так и горизонтальный обмен через разрывы в тропопаузе (рис. 1) сами по себе могут обуславливать унос вещества из стратосферы, объясняя таким образом последующее выпадение. Эти расчеты исходят из предположения, что коэффициент диффузии представляет собой коэффициент пропорциональности между потоком Sr^{90} и градиентом концентрации Sr^{90} . Этот коэффициент диффузии характеризует различные сложные метеорологические процессы лишь в общем виде. Много неопределенного существует и в отношении величины этого коэффициента. Равенство диффузионного переноса и последующего выпадения не всегда является убедительным доказательством существования или величины этого механизма перемещения.

c) В умеренных и полярных районах в конце зимы и весной тропопауза поднимается на более значительные высоты. Если предположить, что в результате этого процесса стратосферный воздух переносится в тропосферу, тогда содержащийся в этом воздухе Sr^{90} может значительно увеличить последующее выпадение. В 1960 и 1961 годах этот механизм был ответственен не более чем за одну четверть наблюдавшегося выпадения.

d) Некоторые модели циркуляции атмосферы, как, например, модель Брюэра — Добсона, подразумевают нисходящее движение через тропопаузу в некоторых районах. Некоторыми из этих моделей постулируются нисходящие движения, перенос Sr^{90} в результате которых может обуславливать частичное или полное наблюдаемое выпадение. Однако в настоящее время реальность этой модели, а также значение и величину вертикальных течений следует считать сомнительными.

e) Даниельсен измерил радиоактивность в ряде тонких слоев воздуха на тропосферных высотах. Он показал, что эти активные слои представляют собой массы стратосферного воздуха, проникшие в тропосферу [32, 33]. Этот процесс образования складок тропопаузы показан схематически на рисунке 2. После того как «язык» стратосферного воздуха, имеющий высокую концентрацию радиоактивных веществ, переносится через тропосферу,

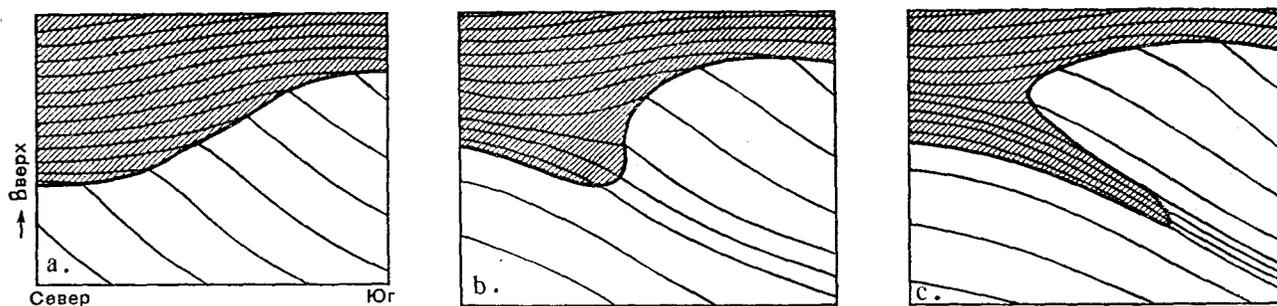


Рис. 2 а, б, с. Вертикальный разрез, показывающий постепенное образование изогнутости и складок в тропопause (север находится слева). Такими линиями изображены изолинии потенциальной температуры. Языки воздуха стремятся перемещаться вдоль этих изотерм в течение переходного периода, равного нескольким дням [33]

он в результате диффузионного смешения попадает в состав тропосферы. Количественная оценка перенесенного в тропосферу Sr^{90} , проделанная Махтой с использованием рассчитанных Стэйли значений частоты, интенсивности и площади, на которой происходит вытеснение воздуха, свидетельствуют о том, что этим процессом может обуславливаться не более чем примерно одна треть наблюдаемого стратосферного выпадения [30, 34].

16. Для предсказания будущих отложений долгоживущих продуктов деления полезно ввести понятие о среднем времени пребывания. Оно определяется как среднее время, в течение которого продукты деления находятся в стратосфере до их переноса в тропосферу. При таком определении вовсе не подразумевается, что вещества хорошо перемешаны в стратосфере или что задержка материала при его переносе в тропосферу происходит в тропопause [7]. Такие условия, которые необходимы для того, чтобы обосновать использование кинетического уравнения первого порядка, не применимы для переноса из стратосферы в тропосферу. Однако для предсказания будущего выпадения используется понятие среднего времени пребывания.

17. Для оценки переноса в тропосферу находящихся в стратосфере осколков деления среднее время пребывания может быть вычислено на основе опубликованных данных о содержании Sr^{90} и W^{185} в стратосфере и их годовом отложении. Для получения оценок, приведенных в табл. I, было использовано три метода, указанных в ней. Каждый из этих методов не является достоверным. В частности, полученное при помощи метода *b* время пребывания может не иметь никакого смысла, если распределение в стратосфере изменяется между периодами проводимых измерений. Среднее время пребывания для одного полушария может оказаться ненадежным, если происходит значительное перемещение из одного полушария в другое. Несмотря на это, все три метода подтверждают, что значения среднего времени пребывания больше для южного, чем для северного полушария.

18. Для многих метеорологических параметров нижних слоев стратосферы обнаружена двух-

годичная или двадцатимесячная периодичность [38]. Эта цикличность проявляется в отношении содержания озона в атмосфере над Австралией [37], а также в отношении концентрации Ve^7 в стратосфере южного полушария [408]. Возможно, что модуляция выпадения может частично происходить по этому же циклу, по крайней мере в южном полушарии.

19. Среднее время пребывания в стратосфере радиоактивных осколков, образовавшихся в результате какого-то конкретного взрыва, зависит от высоты, широты и, возможно, от времени их выброса. Так, среднее время пребывания продуктов деления в нижних слоях стратосферы в полярных районах может составлять шесть или менее месяцев, тогда как среднее время пребывания осколков, образовавшихся в результате взрывов на средних высотах, вероятно, достигает двух-трех лет [39]. На более значительных высотах, превышающих 100 км, время пребывания, как показал опыт с Rh^{102} , увеличивается до пяти — десяти лет [12, 381, 401]. Эти разные значения могут быть количественно воспроизведены при помощи теоретических моделей переноса и диффузии. При помощи одной из таких предварительных моделей, созданной Боленом [7] для объяснения наблюдений за содержанием озона, можно также довольно правдоподобно воспроизвести характер выпадения. Наконец, представляется вероятным, что предсказания, сделанные при помощи таких согласующихся в метеорологическом отношении моделей, составят основу для прогнозов выпадения.

20. Стратосферное распределение в январе 1964 года было примерно таким же, как и в 1960 году или в начале 1961 года. Поэтому было бы целесообразно использовать наблюдаемые значения среднего времени пребывания, установленные в течение 1960 и 1961 годов, для расчета полного содержания радиоактивных веществ в стратосфере в 1964 году с целью составления прогнозов в настоящем докладе. В табл. I сведены данные о значениях среднего времени пребывания, полученных в 1960—1961 годах. Для предсказания зараженности Sr^{90} , Cs^{137} и C^{14} после 1963 года была взята средняя мировая величина за два года. Вероятно, что по мере равномерного рас-

предела концентрации в стратосфере в результате смешения может проявляться тенденция к увеличению среднего времени пребывания. Использование постоянного, а не возрастающего значения среднего времени пребывания может привести к некоторому завышению оценки доз облучения Sr^{90} и Cs^{137} .

Перемещение в тропосфере

21. Попав в тропосферу, радиоактивные осколки довольно быстро смешиваются в пределах того полушария, в которое они проникли. В тропосфере смешение посредством турбулентной диффузии и конвекции происходит намного быстрее, чем в стратосфере. Как будет показано ниже, величина отношения Sr^{89}/Sr^{90} в месячных осадках в период с сентября по декабрь 1961 года оставалась довольно постоянной в различных широтных поясах северного полушария [27, 376]. Между 10 и 70° северной широты скорость междуширотного смешения высока по сравнению с периодом полураспада Sr^{89} (50,5 дня). Как и в стратосфере, осколки продуктов деления смешиваются в пределах зоны довольно быстро. В районе северных широт вблизи 40° для перемещения воздуха вокруг земли в западном направлении требуется 12 дней [40]. В меридиональном разрезе, как это показано на рисунке 1, в пределах каждого полушария имеются две циркуляционные ячейки. В тропических районах эта ячейка хорошо заметна по поднимающемуся в экваториальных районах воздуху, который затем опускается в районе 20—30° северной широты. На более высоких широтах ячейковая циркуляция выражена менее четко, причем воздух здесь опускается на широтах 40—50° и поднимается на более высоких широтах, в то время как в районе средних и высоких широт происходящие в крупных масштабах завихрения приводят к быстрому междуширотному переносу.

22. Общая бета-активность приземного воздуха измеряется на многих станциях всего мира. Несмотря на важность этих измерений для наблюдений и изучения метеорологических явлений, они имеют небольшое значение при оценке доз радиации, обусловленной продуктами деления. Из ряда стран получены сообщения об активности отдельных продуктов деления в воздухе [41—47]. Особый интерес представляют измерения активности в воздухе, произведенные на станциях, расположенных вдоль 80-го меридиана западной долготы. На рисунке 3 показана средняя двухмесячная активность Sr^{90} , зарегистрированная на станциях северного и южного полушарий в течение 1958—1963 годов [28, 378, 379]. В 1960 и частично в 1961 году, в течение которых число испытаний было невелико, активность Sr^{90} в воздухе в обоих полушариях стремилась к равновесию. Активность Sr^{90} в северном полушарии достигала высоких максимальных значений весной каждого года, однако в южном полушарии эти максимумы были менее заметными.

23. После возобновления испытаний в конце 1961 года произошло быстрое увеличение активности Sr^{90} в воздухе северного полушария. В южном полушарии это увеличение было незначительным до апреля 1962 года, когда в Тихом океане были возобновлены экваториальные испытания. Локарт и Блейхродт [41, 50] сообщили об обнаружении в средних широтах северного полушария радиоактивных осколков, образовавшихся во время этих испытаний, а в других сообщениях указывается на обнаружение в мае — июне 1962 года активности Ba^{140} в дождевых осадках в Вествуде (штат Нью-Джерси, Соединенные Штаты Америки) [48—50]. Подобные данные были получены в результате измерений, произведенных в Соединенном Королевстве [45]. В 1962 году средняя активность Sr^{90} в воздухе северного полушария достигла максимального значения в 0,03 пкюри/м³, а в 1963 году — 0,1 пкюри/м³. Замеры общего содержания бета-частиц в воздухе в пределах более мелких районов земной поверхности, например в Норвегии, Соединенном Королевстве и Соединенных Штатах Америки, показали, что средняя активность в приземном воздухе, несмотря на значительные различия в количестве дождевых осадков, не подвержена значительным местным колебаниям [45, 51, 52].

24. В тропосфере обмену радиоактивных частиц через метеорологический экватор препятствуют следующие два обстоятельства. Во-первых, в результате схождения воздушных течений в одной точке в нижних слоях атмосферы (рис. 1) проявляется тенденция к удержанию воздуха в том же полушарии, а также задерживается газовый обмен. Второй причиной является удаление частиц в результате выпадения дождевых осадков в зоне схождения. За период с сентября по декабрь 1961 года уровень активности Sr^{90} вдоль 80-го меридиана западной долготы в направлении с севера на юг (рис. 4) резко уменьшается в зоне схождения вблизи географического экватора [41]. Эта короткоживущая активность возникла в результате взрывов в умеренных или высоких широтах северного полушария. Для сравнения на рисунке 4 также показано распределение Sr^{90} , образовавшегося главным образом в стратосфере каждого полушария. Распределение Sr^{89} между Севером и Югом во время ядерных взрывов и после этого, представленное на рисунке 4, подтверждается данными Краснопецева об измерениях над Тихим океаном вдоль 170° восточной долготы (на рис. 4 также изображены данные для Zr^{95}), а также данными Лабейри и Ламберта, полученными в восточной части Атлантического океана [47, 55].

25. В тропосфере среднее время обмена между полушариями, определяемое как среднее время нахождения молекул компонентов воздуха в северном полушарии до их переноса в южное полушарие и наоборот, было рассчитано при помощи использования различных газообразных индикаторов [54, 56—58, 409, 410]. Результаты этих расчетов приведены в таблице II. Указанные в таблице II значения времени обмена являются довольно постоянными, за исключением значений, полу-

ченных с помощью меченого тритием метана, и свидетельствуют о том, что время обмена равно примерно полутора годам.

26. Среднее время пребывания продуктов деления, выброшенных в тропосферу, по расчетам Стюарта, составляет тридцать дней [59, 60]. Полученные в настоящее время данные говорят о том,

ся на поверхности земли [65]. Кроме того, при помощи ряда механизмов происходит сухое удаление продуктов деления. Для сухого удаления путем седиментации, имеющего значение лишь в случае местного выпадения, необходимо, чтобы частицы имели диаметр по меньшей мере около 5 мк. Сухое отложение выпадений во всемирном масштабе является важной составной

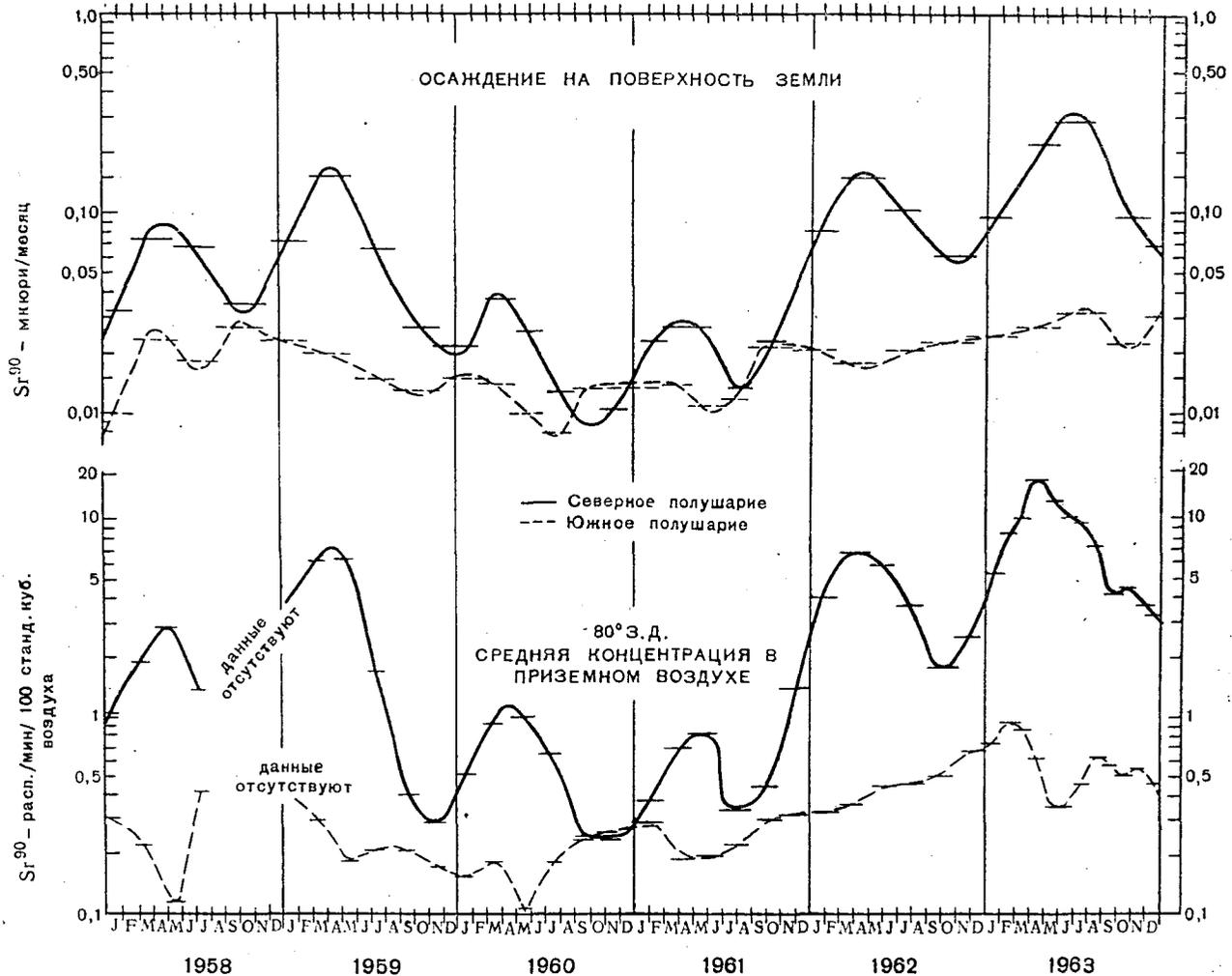


Рис. 3. Скорость осаднения Sr^{90} и его концентрация в приземном воздухе [28, 378, 379]

что в более низких слоях атмосферы, где образуются дождевые облака, частицы находятся примерно в течение пятидневного периода [62]. Однако время пребывания частиц, находящихся значительно выше слоев, в которых образуются дождевые облака, может достигать 40 дней [15, 60].

МЕХАНИЗМЫ ОСАЖДЕНИЯ

27. После вхождения в тропосферу сверху продукты деления переносятся до уровня дождевых облаков главным образом в результате турбулентного перемешивания. Это нисходящее движение ускоряется над районами антициклонов и затормаживается над районами циклонов [32]. Ниже этого уровня радиоактивные частицы быстро вымываются выпадающими осадками и отлагают-

частью общего выпадения лишь в районах с незначительными осадками.

28. Продукты деления могут попадать в дождевую воду в результате происходящих внутри облака процессов (так называемое выпадение с дождем) или захватываться дождевыми каплями ниже этого облака (так называемое вымывание). Для аэрозолей с частицами небольшого размера процесс вымывания происходит сравнительно медленно, и поэтому выпадение с дождем, вероятно, является наиболее важным процессом мокрого отложения [9, 63]. Вероятно, в результате небольшого значения процессов вымывания в общем отложении активность продуктов деления в приземном воздухе лишь в незначительной степени зависит от скорости выпадения осадков [51, 52].

Выпадение продуктов деления с дождем может быть ускорено при наличии в нижней атмосфере естественных аэрозолей, и было высказано предположение, что более высокая концентрация хлористого натрия в атмосфере над водной поверхностью может увеличивать скорость отложения над океанами [63].

29. Опыт показывает, что усредненное по времени отложение Sr^{90} почти пропорционально количеству осадков [67]. Эта зависимость является лишь приближенной в тех случаях, когда срав-

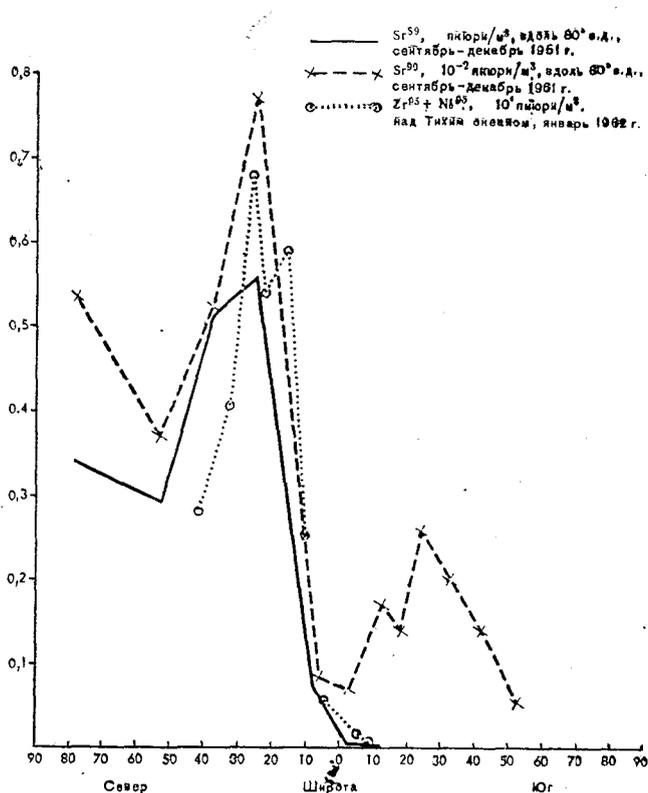


Рис. 4. Широтные колебания концентрации продуктов деления в приземном воздухе [41, 47]

ниваются данные станций, отстоящих друг от друга на больших расстояниях, например всех станций, расположенных в одной широтной полосе. Эта зависимость становится более достоверной, когда расположение таких станций ограничивается одной и той же общей климатической областью, и весьма благоприятной, когда эти станции расположены близко друг от друга. Пример последнего приведен на рисунке 5, на котором изображена зависимость кумулятивного отложения Sr^{90} в почве (графство Клэлэм, штат Вашингтон) в течение 1960 года от количества выпавших осадков [66]. Наблюдающаяся в данном случае линейная связь между выпавшей активностью и атмосферными осадками указывает на почти постоянную удельную активность в дождевой воде на всех станциях этого графства.

30. Один из методов расчета размеров сухого выпадения в районе, в котором имеются местнос-

ти с различным количеством атмосферных осадков, основан на получении зависимости между отложением и количеством осадков и на экстраполяции этого соотношения к нулевому количеству осадков. Так, если прямую, изображенную на рисунке 5, продлить до нулевого значения дождевых осадков, то будет получено значение сухого отложения на западном побережье Соединенных Штатов Америки в 1960 году, равное 7 мкюри/км². Подобный же анализ кумулятивного отложения Sr^{90} в Норвегии в 1959 году приводит к значению сухого отложения, равному около 5 мкюри/км² [69]. Это косвенно наблюдаемое количество выпадения, рассчитанное путем экстраполяции кривых зависимости между выпадением и атмосферными осадками к нулевому количеству атмосферных осадков, может являться выражением максимального сухого выпадения. Мияке утверждает, что зависимость между выпадением и атмосферными осадками отклоняется от прямой по мере приближения к более низкому уровню выпадения при очень малых количествах атмосферных осадков [61]. Вполне вероятно, что величина сухого отложения и удельная активность Sr^{90} в атмосферных осадках будут колебаться в зависимости от климатических условий и концен-

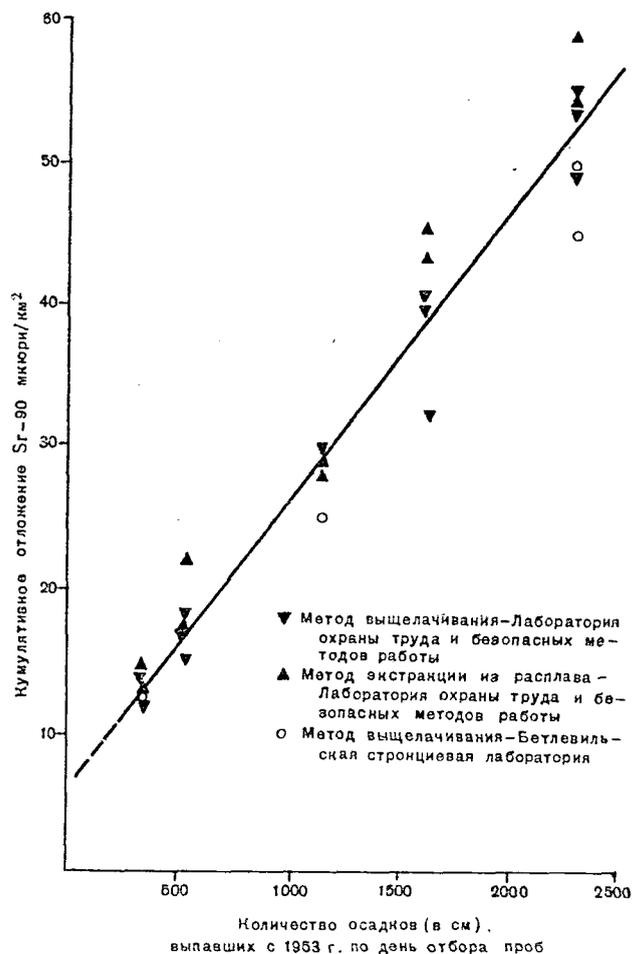


Рис. 5. Зависимость отложения стронция-90, определенного с помощью анализа почвы в 1960 году, от количества выпавших осадков [66]

трации воздуха. На сухое отложение влияют многие факторы, как, например, микротурбулентность и степень растительного покрова [64].

II. Общее содержание и отложение искусственных радиоактивных изотопов

СТРОНЦИЙ-90

31. Оценка общего содержания отдельных радиоактивных изотопов в идеальном случае должна была бы основываться на данных о количестве

32. Для оценки общего содержания Sr⁹⁰ в стратосфере при помощи самолетов было отобрано значительное количество проб воздуха в слоях между тропопаузой и высотой в 21 км [11, 14, 71, 72]. Общее содержание Sr⁹⁰ на высоте 21—30 км было установлено путем отбора проб воздуха при помощи шаров-зондов лишь над двумя участками: над Сан-Анджело (штат Техас, США) и над Милдьюра (Австралия) [73]. Оценки общего содержания Sr⁹⁰ на высоте более 20 км долж-

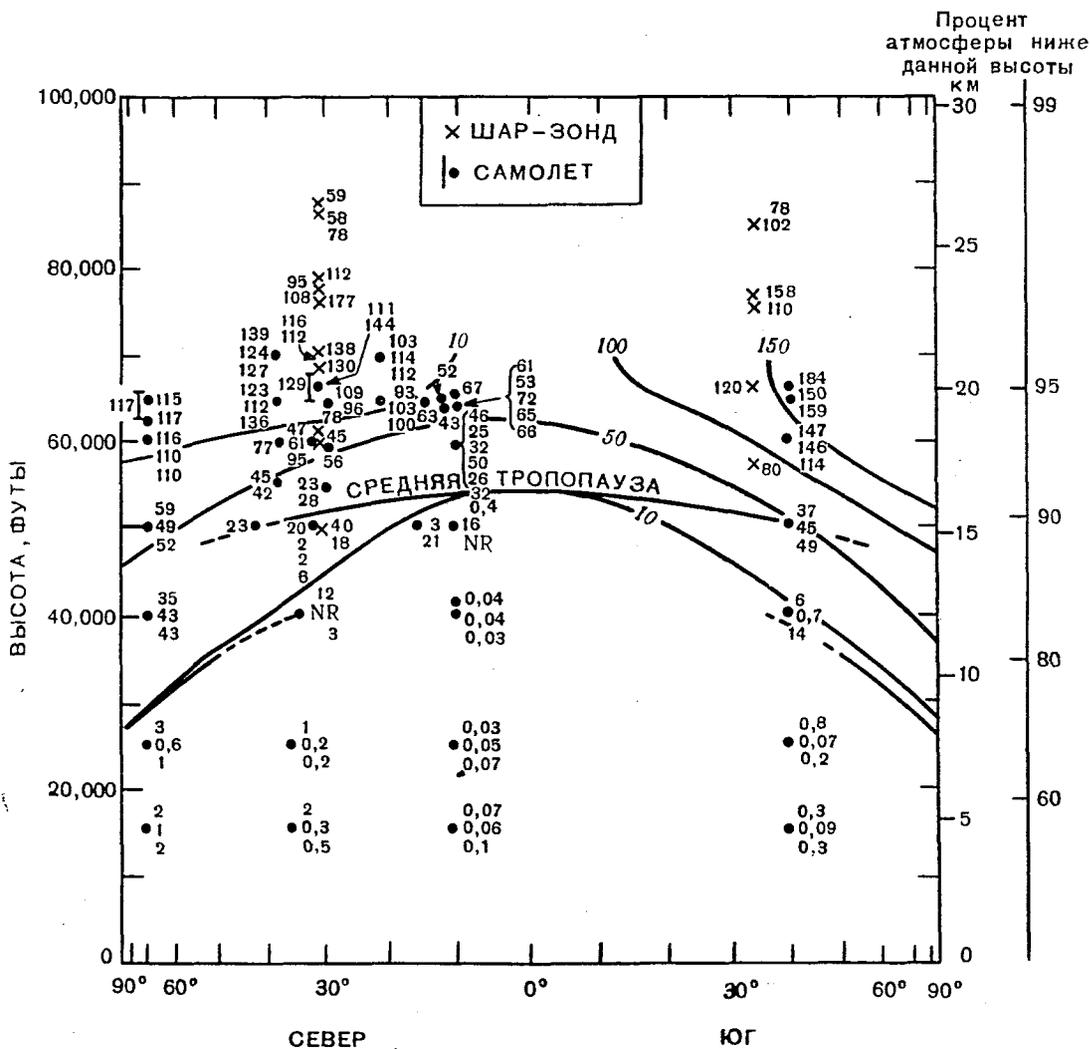


Рис. 6. Активность стронция-90 в атмосфере, май—июль 1961 года
расп./мин. Sr⁹⁰/1000 станд. куб. футов (1000 станд. куб. футов=35 кг) [23,34]

радиоактивных изотопов, выброшенных в атмосферу. Эти данные могут быть рассчитаны по опубликованным значениям мощности взрывов (табл. III) [70], степень надежности которых, однако, не может быть установлена на основе имеющихся в распоряжении Комитета сведений. Поэтому в настоящем докладе, как и в докладе 1962 года, общее содержание радиоактивных изотопов будет оцениваться по результатам фактических измерений.

ны рассматриваться отчасти как приближенные. При оценке общего содержания Sr⁹⁰ в стратосфере по результатам этих отдельных измерений предполагается, что в стратосфере наблюдается довольно быстрая зональная циркуляция и что, следовательно, удельная активность в любой момент зависит исключительно от географической широты и высоты [23]. Активность Sr⁹⁰ в стратосфере на различных высотах и широтах в течение 1961 и 1963 годов показана на рисунках 6, 7, 8

и 9 [22, 23, 34]. При оценке общих запасов для интегрирования используются изолинии. Что касается данных, полученных при помощи шаровозондов, то в отношении их возможно лишь самое приближенное интегрирование:

33. На рисунке 6 показано, что значения концентрации Sr^{90} в тропосфере на несколько порядков меньше, чем соответствующие значения в стратосфере. Для оценки общего содержания Sr^{90} в тропосфере для каждого полушария принимается средняя величина активности. Наличие в стра-

то было [23]. Было оценено, что общая погрешность при расчете общего содержания Sr^{90} в стратосфере составляет ± 50 процентов с вероятностью в 90 процентов [23]. В таблице IV показано глобальное содержание Sr^{90} в различные годы, вплоть до января 1964 года [22, 23, 34, 377].

ИЗМЕРЕНИЯ В ОСАДКАХ И ПОЧВЕ

35. По выпадению Sr^{90} было опубликовано много данных, и многочисленные сведения были получены Комитетом от большого числа стран

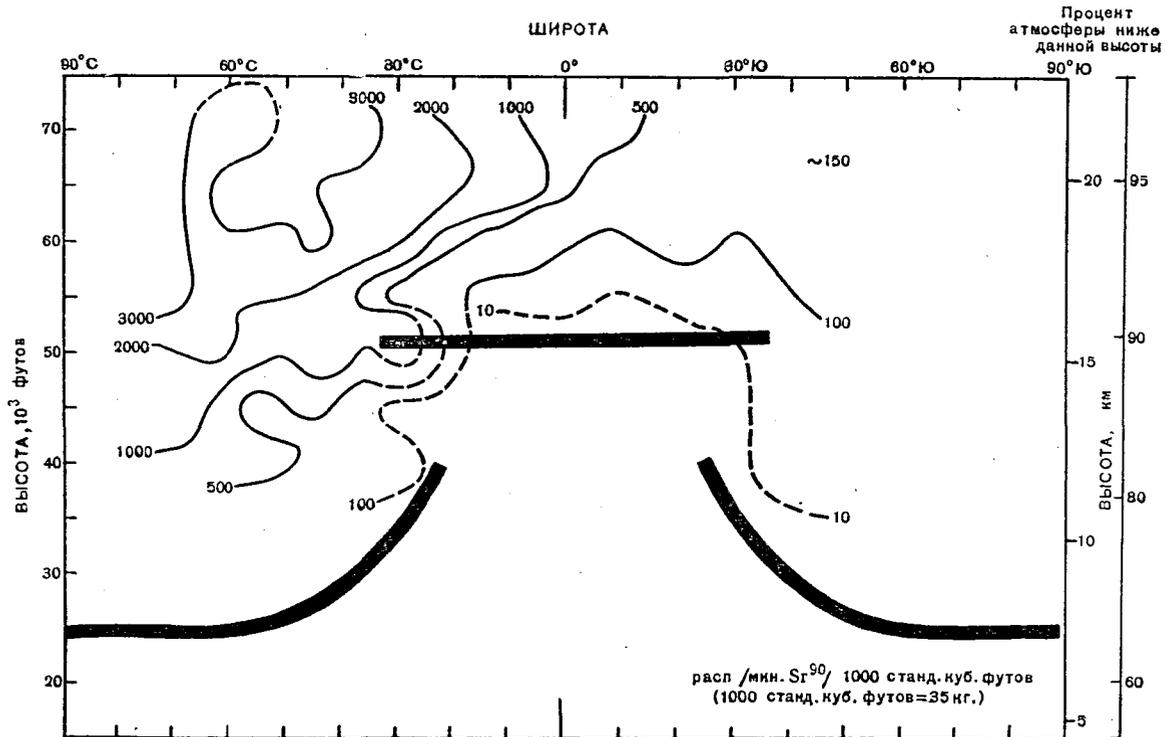


Рис. 7. Активность стронция-90 в атмосфере, декабрь 1962 года — февраль 1963 года [23, 34]

тосфере больших градиентов концентрации может вызвать сомнение в правильности оценки общего содержания. Возможным источником погрешности является также недостаточность данных о концентрациях на высотах более 21 км. Это обстоятельство особенно важно при оценке общего содержания продуктов деления в 1963 году, поскольку предполагается, что на высоте более 21 км к северу от 31° концентрации были значительными [23]. Однако следует отметить, что на высоте более 21 км находится лишь 4 процента атмосферы, а выше 30 км — лишь 1 процент.

34. Для проверки зональной однородности в пределах стратосферы было произведено сравнение активности Cs^{137} , измеренной над Соединенным Королевством, с активностью Sr^{90} , измеренной над Канадой и Соединенными Штатами Америки, причем для перевода данных использовался коэффициент, равный 1,7. Хотя это сравнение и не показало убедительно отсутствия зональных вариаций, никаких систематических расхождений данных отмечено не

мира [26, 42, 45, 46, 74—104]. В качестве примера на рисунке 10 показано ежемесячное отложение Sr^{90} в Нью-Йорке [75]. На рисунке 11 изображено кумулятивное отложение Sr^{90} в ряде пунктов [45, 59, 68, 69, 75, 76, 89, 96]. В таблице V приводится среднемесячное и среднегодовое осаждение Sr^{90} в различных районах Советского Союза в течение 1961, 1962 и 1963 годов [81, 418]. Данные по измерениям осаждения [45], произведенным сетью станций, находящихся в ведении Управления по атомной энергии Соединенного Королевства, согласуются с приведенными в таблице VI результатами, полученными более широкой сетью станций, находящихся в ведении Комиссии по атомной энергии Соединенных Штатов Америки. На рисунке 12 показано распределение отложения Sr^{90} в 1962 году по широтам [27].

36. В таблице VI показано годовое отложение в течение 1961, 1962 и 1963 годов в каждой 10-градусной широтной полосе между 50° южной и 80° северной широты [27, 105, 376, 419]. Для более высоких широт имеется мало данных, однако

отложение в этих широтах не увеличивает в сколько-нибудь значительной степени величину ожидаемой дозы, поскольку плотность населения на таких высоких широтах является небольшой. Суммарное отношение рассчитывалось путем усреднения годового отложения на станциях, ре-

37. В таблице VII показано годовое отложение Sr^{90} в каждом полушарии в течение 1961, 1962 и 1963 годов, а также кумулятивное отложение за период по декабрь 1963 года. Последние цифровые данные были получены путем сложения кумулятивных значений за 1960 год, взятых из доклада

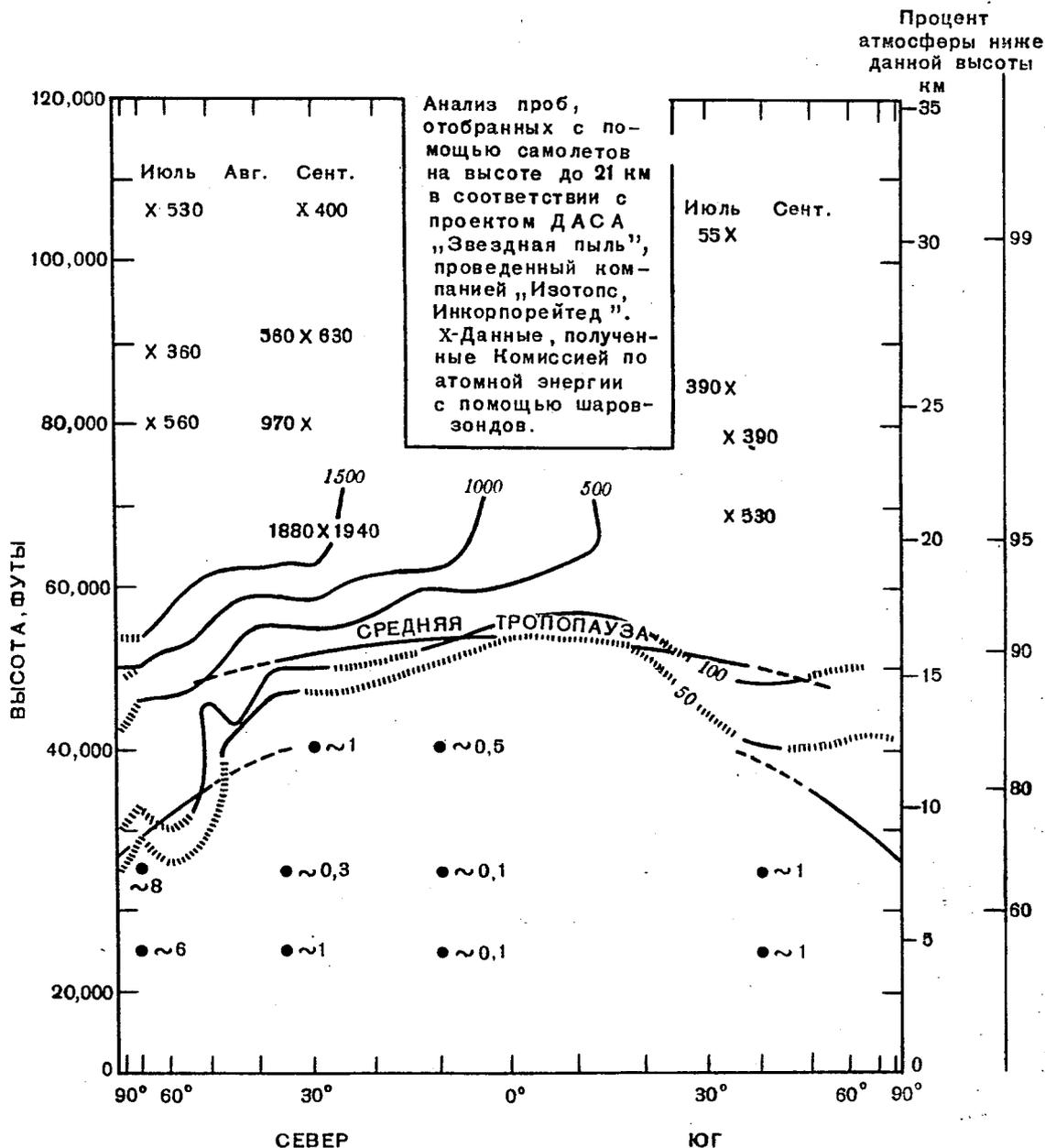


Рис. 8. Активность стронция-90 в атмосфере, сентябрь 1963 года, расп. мин. $Sr^{90}/1000$ станд. куб. футов (1000 станд. куб. футов=35 кг) [23, 34]

гистрирующих выпадение в каждой широтной полосе. Телегас [28, 407] произвел сравнение результатов этого расчета с результатами, полученными путем умножения удельной активности Sr^{90} в дождевой воде на среднегодовые дождевые осадки для данной широтной полосы. Он почти не обнаружил расхождений между результатами, полученными при помощи этих двух методов расчета.

1962 года, и внесения поправок на распад. В 1963 году на поверхность земли отложилось 2,5 мкюри Sr^{90} , что является максимальным из когда-либо зарегистрированных годовых отложений.

38. На рисунке 3 изображены скорости отложения Sr^{90} для каждого полушария, а также значения концентрации Sr^{90} в воздухе в 1953—1962 годах [28, 378, 379]. Из этих данных очевидно

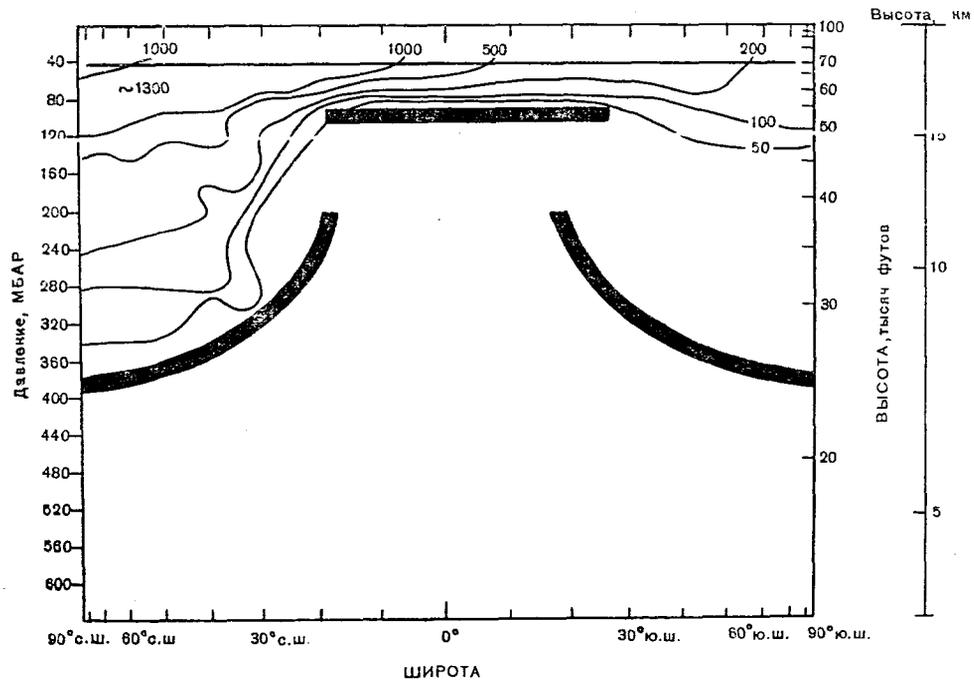


Рис. 9. Активность Sr^{90} в атмосфере в январе 1964 года расп./мин. $Sr^{90}/1000$ станд. куб. футов (1000 станд. куб. футов=35 кг) [22]

наличие тесной корреляции между отложением и концентрацией Sr^{90} в воздухе. Скорость отложения Sr^{90} в северном полушарии была неизменно выше, иногда на порядок величин, чем в южном полушарии, и лишь в течение 1960 и в начале 1961 года скорости отложения в обоих полушариях проявляли тенденцию к выравниванию.

39. В прошлом оценки кумулятивного отложения Sr^{90} в значительной степени основывались на содержании Sr^{90} , определенном по данным анализа проб почвы, отобранных на достаточной

глубине с целью выделения большей части накопленного Sr^{90} [68, 106]. За период, истекший после утверждения доклада 1962 года, были получены результаты нового глобального обследования содержания Sr^{90} , проведенного в 1963 году [103]. К настоящему времени завершен анализ почв на содержание Sr^{90} , пробы которых были отобраны в 96 пунктах [103]. Кумулятивное отложение в этих пунктах изображено на карте мира на рисунке 13. Кумулятивное отложение Sr^{90} в каждом полушарии также было рассчитано с использованием скорости месячных отложений

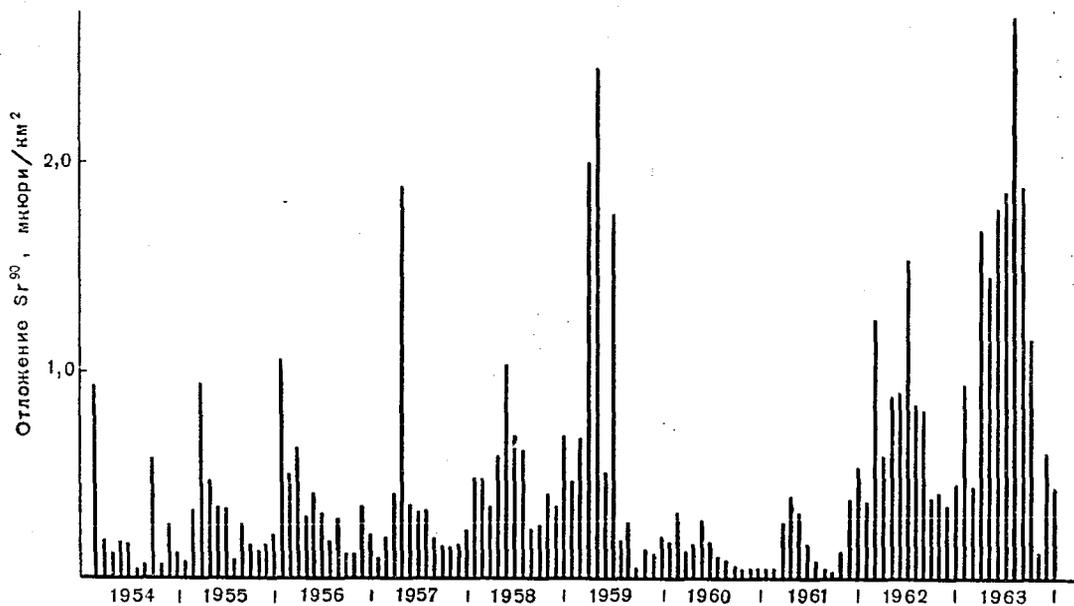


Рис. 10. Ежемесячное отложение стронция-90 в г. Нью-Йорке [75]

Sr^{90} на станциях глобальной сети Соединенных Штатов Америки по сбору данных о выпадении радиоактивных осадков [27, 105, 379]. Полученные таким образом данные о кумулятивном отложении Sr^{90} в каждом полушарии за период 1954—1962 годов показаны на рисунке 14.

40. В таблице VIII дается сравнение оценок кумулятивного отложения Sr^{90} по широтным поясам, полученных в результате анализа почвы,

41. Установить точно степень достоверности, с которой данные всемирной сети пунктов отбора проб почвы отражают глобальное отложение, не представляется возможным. Однако тщательный анализ возможных причин погрешностей [23] свидетельствует о том, что неопределенность в этом отношении, по-видимому, не является большой по сравнению с неопределенностью при оценке других параметров. Возможно, что в оценку глобального отложения Sr^{90} вкрадывается система-

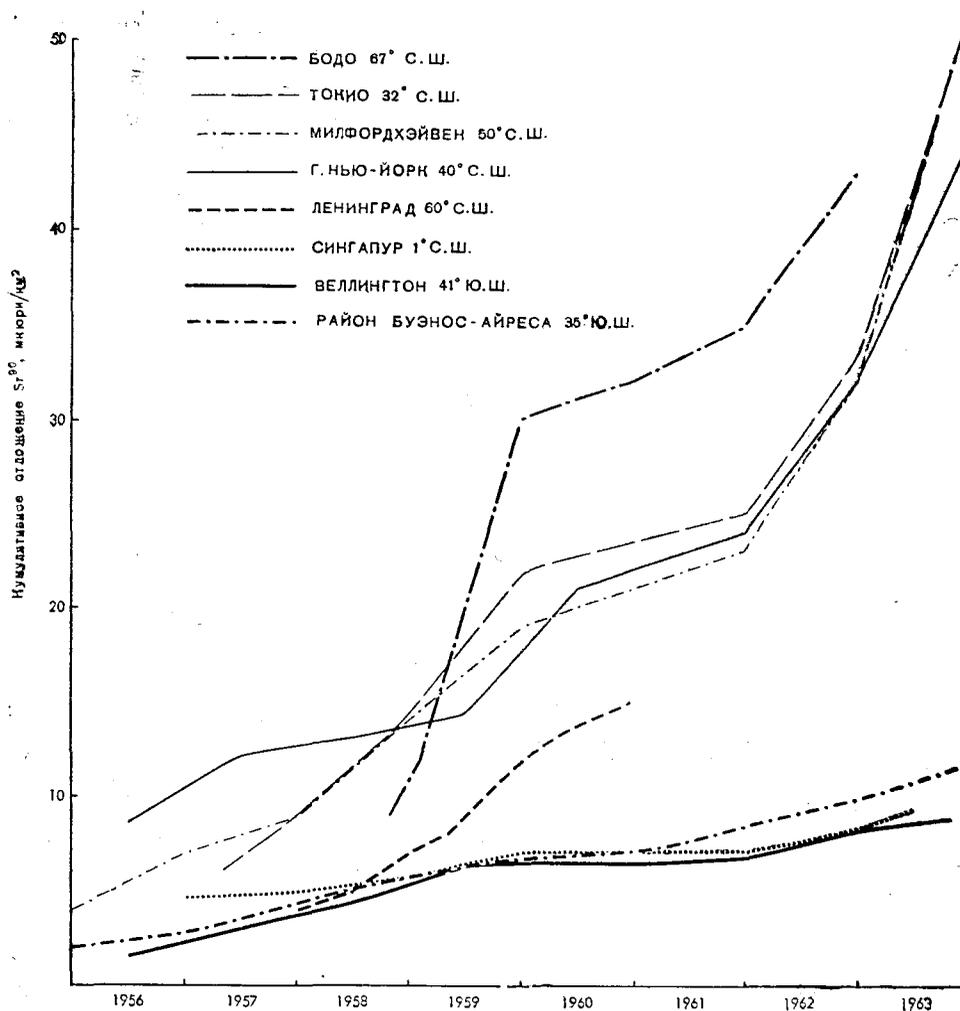


Рис. 11. Увеличение кумулятивных отложений стронция-90 со временем [27, 45, 68, 69, 89, 96, 426, 429]

проведенного в 1963 году, с оценками, основанными на измерениях атмосферных осадков в 1961—1963 годах, а также данных анализа почв за 1960 год. Эти два вида оценок согласуются довольно хорошо, за исключением широтных полос 10—20° и 20—30° северной широты, где число пунктов отбора проб почвы было невелико. Этот вывод согласуется с результатами проведенного в 1960 году анализа почвы на Sr^{90} , который показал, что в широтной полосе 20—70° северной широты оценки отложения, полученные по данным о выпадении осадков, незначительно отличаются от оценок, полученных на основе анализа почвы. Для расчета доз используется среднее значение отложения, равное 9,6 мкюри.

тическая ошибка, которая, в частности, могла быть вызвана географическим распределением пунктов отбора проб. Возможное неравенство скоростей выпадения над океанами и континентами могло также привести к соответствующей систематической ошибке.

Реки и озера

42. Из ряда стран получены сообщения о концентрации Sr^{90} и Cs^{137} в водах рек [52, 107—109, 383]. Измерения, произведенные в течение 1958 и 1959 годов для вод озера Гросетванн (Норвегия), показали, что концентрация Sr^{90} в этих водах составляет около 10 процентов концентрации его

в осадках. Однако в начале и в конце зимы по мере таяния снегов концентрация Sr^{90} во впадающих паводковых водах значительно возрастает, что свидетельствует о том, что в течение данного периода до впадения этих вод в озеро с почвой обменивается меньшая часть содержащегося в поверхностных водах Sr^{90} . Подобные же результаты были обнаружены для рек Советского Союза, где значения активности Sr^{90} , замеренные во время паводка, в 5—10 раз превышали уровень мало-

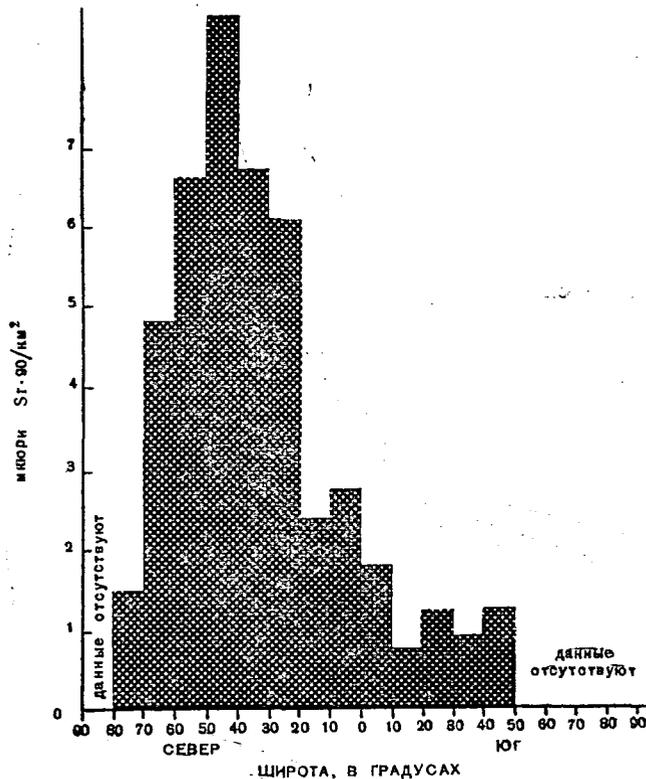


Рис. 12. Общее отложение стронция-90 в течение 1962 года по широтным полосам [27]

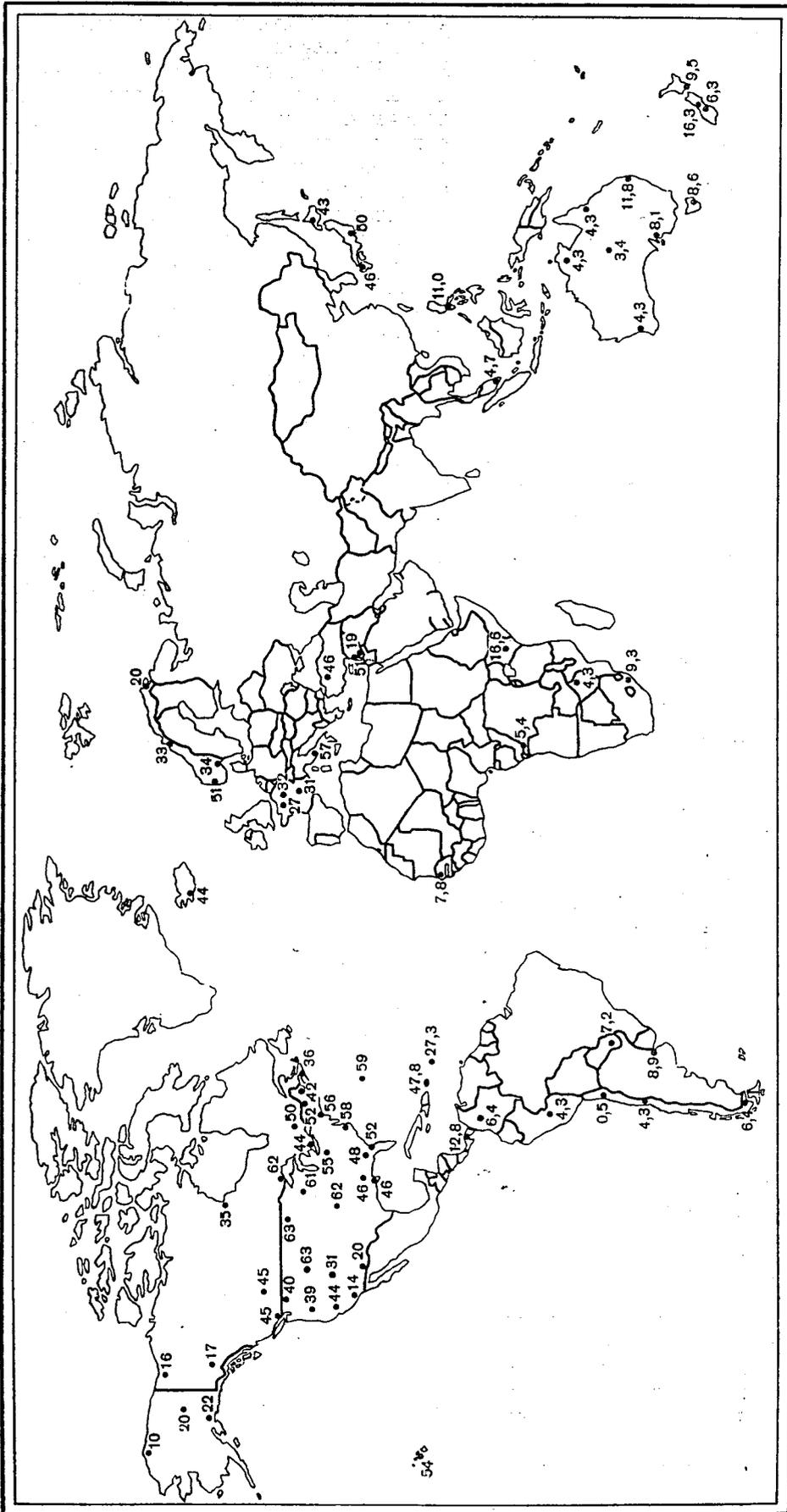
водного сезона [108]. Средние значения концентрации Sr^{90} в 45 реках европейской части Советского Союза составляли 0,5 пкюри/л в течение второй половины 1961 года и 0,9 пкюри/л — в течение первых трех кварталов 1962 года. Средние значения концентрации Sr^{90} в 37 реках азиатской части Советского Союза составляли соответственно 0,6 и 0,8 пкюри/л.

43. Как это исследование, проведенное в Советском Союзе, так и подобное исследование содержания Sr^{90} в реках Японии свидетельствуют о том, что около 5—10 процентов свежееотложившегося Sr^{90} уносится с речными водами, однако скорость удаления суммарного осадка Sr^{90} намного меньше и лежит в пределах 0,2—1,5 процента в год [107, 403]. Можно сделать вывод, что основная часть отложившегося в почве Sr^{90} остается в ней до тех пор, пока не произойдет ее распад.

44. Океаны занимают около 60 процентов поверхности земли в северном полушарии и около 65 процентов — в южном. Поскольку прогнозы будущего выпадения Sr^{90} на поверхность земли делаются на основе общего содержания в атмосфере, любое расхождение скоростей выпадения на поверхность океанов и земли может привести к соответствующей ошибке в прогнозах будущего выпадения.

45. Некоторые измеренные в течение последних пяти лет значения концентрации Sr^{90} в Тихом, Атлантическом и Индийском океанах представляются слишком высокими и поэтому не могут быть объяснены с помощью таких же скоростей выпадения, которые были получены над сушей [110]. Боуэн и Сугихара в 1957 и 1958 годах обнаружили, что в верхних слоях Атлантического океана на глубине 100 м Sr^{90} был перемешан хорошо [111]. На глубине 100—400 м наблюдался резкий градиент концентраций, причем на глубинах более 1000 м концентрации были значительными. Более поздние измерения, по-видимому, подтвердили наличие активности Sr^{90} на этих больших глубинах [112, 117]. Несколько кривых распределения обусловленной Sr^{90} активности в Атлантическом океане в 1960 и 1961 годах показаны на рисунке 15. Используя некоторые результаты Боуэна, Шведов произвел расчет, согласно которому кумулятивное выпадение Sr^{90} над Атлантическим океаном в широтной полосе между 30 и 40° северной широты в 1957 и 1958 годах колебалось в пределах 28—42 мкюри/км² по сравнению с 10 мкюри/км², измеренными над сушей [113]. Получены сообщения о том, что концентрация Sr^{90} в глубоких слоях западной части Тихого океана является даже более высокой, чем концентрация, измеренная в Атлантическом океане [404].

46. Однако Рокко и Брокер сообщили об измерениях содержания Sr^{90} и Cs^{137} в поперечных сечениях Атлантического и Тихого океанов, которые показали наличие малой активности на глубине более 300 м [114]. На глубинах более 1000 м было отмечено значительное увеличение концентрации этих изотопов, однако, по мнению авторов, эти измерения недостаточно надежны. Они неизменно обнаруживали значительную активность Sr^{90} и Cs^{137} на больших глубинах лишь в океанических водах внутри Южного полярного круга. Это последнее распределение по глубине больше соответствует характеру океанической циркуляции, предположительно определенному на основе измерений C^{14} [115, 116]. Интегрирование концентрации Sr^{90} до глубины 1000 м дает значение отложения этого изотопа, равное 11 мкюри/км² для Карибского моря в районе 18° северной широты, 6 мкюри/км² — для восточной части Тихого океана в районе 0° южной широты и 10 мкюри/км² — для Атлантического океана в районе 20° южной широты. Эти цифровые данные не указывают на какое-либо заметное увеличение выпадения по сравнению с выпадением над ма-



Map No. 1354 Rev. 3 (R) United Nations
September 1964

Рис. 13. Кумулятивное оглошение стронция-90, определенное по результатам анализа проб почв, отобраных в 1963 году, мкюри/км² [103]
Границы, помеченные на данной карте, не являются в ряде случаев окончательными, и их воспроизведение не означает официального одобрения или согласия на это со стороны Организации Объединенных Наций.

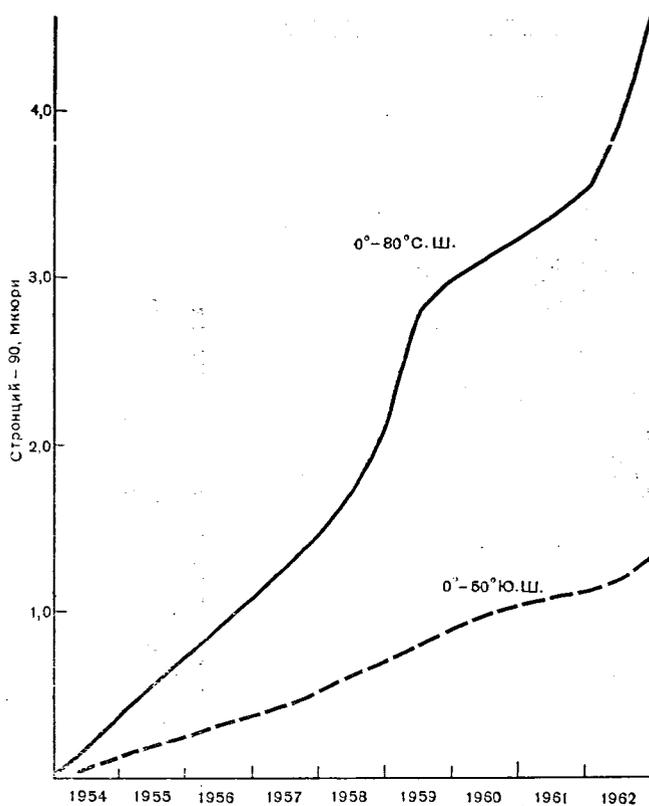


Рис. 14. Кумулятивное отложение стронция-90 (по результатам измерений, проведенных сетью станций США по сбору данных о выпадении радиоактивных осадков. До 1958 года число таких станций было сравнительно невелико) [27, 104]

териками на тех же широтах. Эти же исследователи также получили среднее значение отношения Cs^{137}/Sr^{90} в океанских водах, равное 1,6, что согласуется с измерениями радиоактивных выпадений и их наличием в стратосферном воздухе.

47. Были получены сообщения о многочисленных измерениях концентрации Sr^{90} в поверхностных слоях океанских вод [113, 115, 117—120, 411]. Концентрация на поверхности Тихого океана в 1961 году была более равномерной, чем в 1958 году, что свидетельствует о значительном горизонтальном перемешивании. Во всех случаях изменения концентрации в поверхностных водах в зависимости от широты были значительно менее заметными, чем в воздухе и в осадках [117]. Получены сообщения, что в поверхностных водах западной части Тихого океана в период с 1957 по 1959 год средняя концентрация составляла 1,7 пюри Sr^{90} на литр [411].

48. Косвенные указания на различие скоростей выпадения над океанами и над материками могут быть получены из сравнения относительного выпадения над островами и над континентами. Выпадение Sr^{90} , измеренное в 1962 году на девяти станциях, расположенных на небольших островах Атлантического и Тихого океанов, сравнивалось с выпадением, измеренным в течение того же года на девяти континентальных станциях [27]. Все эти станции расположены в широтной полосе

0—40° северной широты и являются составной частью глобальной сети станций Соединенных Штатов Америки по сбору данных о выпадении Sr^{90} . Кроме того, было произведено сравнение данных о кумулятивном отложении Sr^{90} в почве, полученных на разбитых на пары станциях, причем одна из станций каждой пары была расположена вблизи океана, а другая находилась на континенте [420]. Никакого существенного различия между выпадением на островных и континентальных станциях, расположенных на одной и той же широте, обнаружено не было, несмотря на то обстоятельство, что среднее количество дождевых осадков, выпавших в районе островных станций, было почти в три раза больше, чем количество осадков, выпавших в районе континентальных станций.

49. Имеется несколько дополнительных примеров противоречивости данных относительно избыточного выпадения над океанами. Произведенные в Средиземном море и в Гасконском заливе измерения свидетельствуют о том, что отложение Zr^{95} над морем было большим, чем на прилегающих к этому району участках суши [421]. Подобные результаты были получены на Черном море для

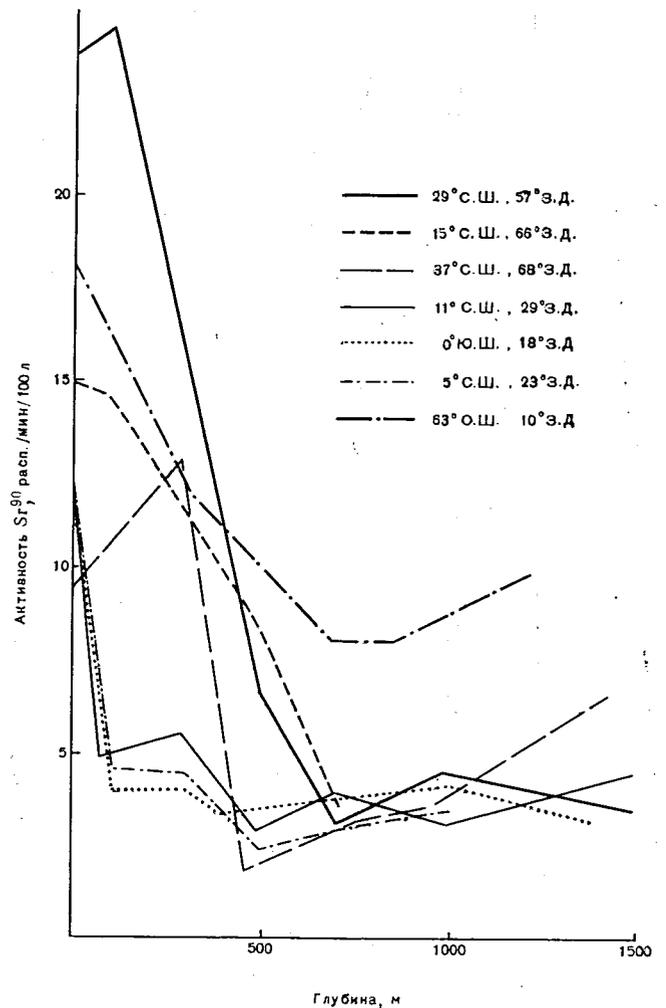


Рис. 15. Концентрация стронция-90 в водах Атлантического океана в период 1960—1961 годов [112]

выпадения Sr^{90} [120]. С другой стороны, используя C^{14} в качестве индикатора стратосферного Sr^{90} , О'Брайен обнаружил соответствие между ограниченным приемной площадью глобальным выпадением Sr^{90} и его количеством, выпадающим из стратосферы [400]. Таким образом, в соответствии с его выводами, в 1960, 1961 и 1963 годах отложение Sr^{90} над океаном не должно быть большим, чем отложение в районе соседних материковых станций.

50. Подводя итоги, следует сказать, что многие данные, по-видимому, свидетельствуют о том, что скорость выпадения Sr^{90} над океаном является примерно такой же, что и скорость выпадения на поверхность земли; однако, с другой стороны, получены сообщения о значительном числе измерений, указывающих на заметный уровень активности Sr^{90} на большой глубине, что не согласуется с нынешними оценками отложения. В настоящее время нет соответствующего объяснения этой разницы, и для выяснения этого вопроса требуется проведение дополнительной работы. Для целей оценки доз предполагается, что скорость выпадения над океаном равна скорости выпадения над сушей, поскольку использование этого предположения не приведет к занижению доз.

ЦЕЗИЙ-137

51. Содержание Cs^{137} в атмосферных осадках во всем мире не измерялось в таких широких масштабах, как содержание Sr^{90} , хотя число станций регистрации Cs^{137} в настоящее время больше, чем до 1960 года. Ввиду того что эти станции не охватывали всего земного шара, в докладе 1962 года мировое отложение Cs^{137} рассчитывалось по средним значениям отношения Cs^{137}/Sr^{90} для различных лет, в течение которых проводились исследования, и данным о глобальном выпадении Sr^{90} . В настоящем документе применяется такой же метод.

52. Периоды полураспада Sr^{90} и Cs^{137} , составляющие соответственно 28 и 30 лет, настолько близки друг к другу, что любые изменения величины отношения активности Cs^{137}/Sr^{90} в результате радиоактивного распада за десятилетний или более короткий период можно не принимать во внимание. Первоначальные значения отношения Cs^{137}/Sr^{90} , оцениваемые по выходу продуктов деления, колеблются от 1,0 до 3,0 для различных расщепляющихся материалов и для разных значений энергии нейтрона [121]. Измерение содержания Sr^{90} и Cs^{137} в атмосферных осадках показало, что это соотношение также несколько варьируется в зависимости от географического положения [45, 89]. В целях получения достоверной оценки средних значений отношения Cs^{137}/Sr^{90} ниже было использовано большое число таких измерений.

53. На рисунке 16 изображены среднеквартильные значения отношения Cs^{137}/Sr^{90} для дождевой воды, собираемой с января 1961 года по май 1963 года на расположенных в северном полуша-

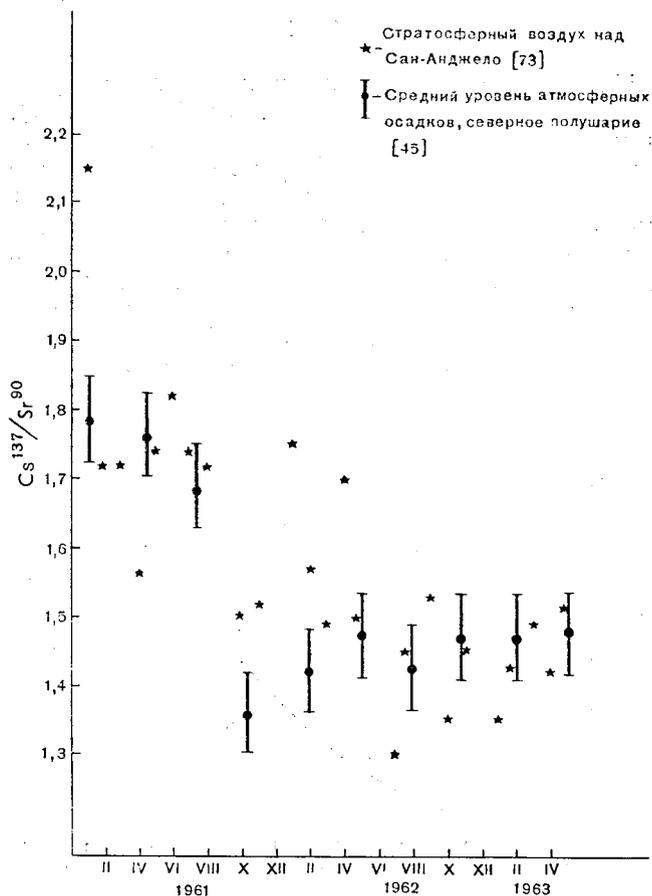


Рис. 16. Отношение активности Cs^{137}/Sr^{90} в стратосферном воздухе и атмосферных осадках

ри двадцати станциях, входящих в сеть станций Соединенного Королевства по измерению атмосферных осадков [45]. На этом рисунке также показаны значения отношения Cs^{137}/Sr^{90} в стратосферном воздухе, полученные в результате отбора проб при помощи шаров-зондов над Сан-Анджело (штат Техас, Соединенные Штаты Америки) за период с января 1961 года по ноябрь 1963 года [73]. Очевидно, что значение указанного отношения с сентября 1961 года значительно уменьшилось, возможно по причинам, упомянутым в предыдущих пунктах. Средние значения отношения Cs^{137}/Sr^{90} до и после сентября 1961 года рассчитывались на тех станциях, которые имели достаточные данные. В таблице IX приведены средние значения отношения Cs^{137}/Sr^{90} в атмосферных осадках на вышеупомянутых станциях, в стратосферном воздухе над Сан-Анджело и в воздухе северного полушария, пробы которого отбирались при помощи самолетов. Наблюдаемое уменьшение этого отношения после возобновления испытаний имеет статистическую значимость.

54. В целях оценки общего отложения Cs^{137} величина отношения Cs^{137}/Sr^{90} для 1961 года была принята равной 1,7, а для 1962—1963 годов — 1,5. Значения отложения Sr^{90} , приведенные в таблицах VII и VIII, умножались на значения этих отношений, и оценки отложения Cs^{137} приводятся в таблице X.

55. С 1954 года концентрация Kr^{85} в атмосфере постоянно увеличивалась [122, 123, 405] (рис. 17), и к 1962 году в воздухе северного полушария она составила 7 пкюри/м³. Из известного содержания Kr^{85} в осколках деления вытекает, что лишь небольшая часть его обусловлена проведением испытаний, а остальное же его количество, по-видимому, было выброшено в тропосферу атомными электростанциями. Это подтверждается и тем фактом, что концентрация Kr^{85} в воздухе в отличие от концентрации других продуктов

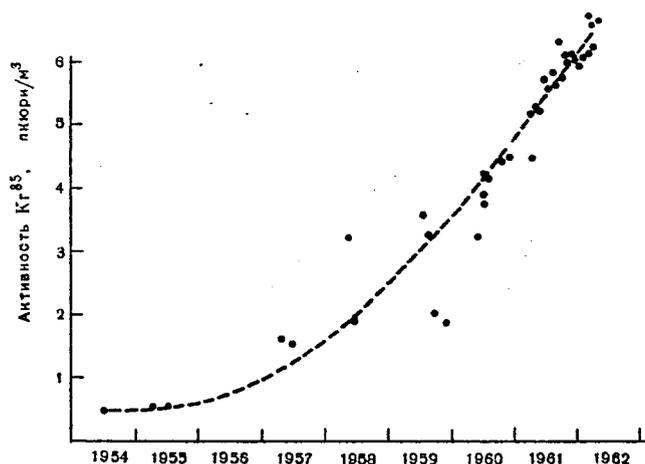


Рис. 17. Активность криптона-85 в воздухе северного полушария [122, 123, 405]

деления не подвержена сезонным колебаниям и не показывает какой-либо корреляции с испытаниями [122]. Поскольку Kr^{85} , являясь благородным газом, полностью остается в атмосфере, результаты измерений его концентрации в воздухе обоих полушарий могут быть использованы для изучения механизмов обмена в тропосфере. В настоящее время концентрация Kr^{85} в атмосфере недостаточна для того, чтобы явиться причиной облучения населения в сколько-нибудь значительной дозе.

КОРОТКОЖИВУЩИЕ ПРОДУКТЫ ДЕЛЕНИЯ

Стронций-89

56. Отложение Sr^{89} на протяжении уже около шести лет измеряется большим числом станций, расположенных по всему миру [27]. Поскольку период полураспада Sr^{89} составляет 50 дней, скорость его выпадения является довольно хорошим показателем количества отлагающихся короткоживущих продуктов деления. На рисунке 18 показано среднеемесячное отношение Sr^{89}/Sr^{90} для различных широтных полос за период с сентября по декабрь 1961 года [27]. Даже по состоянию на декабрь 1961 года величина отношения Sr^{89}/Sr^{90} почти не изменялась в зависимости от широты, что свидетельствует об относительно быстром пере-

мешивании вдоль меридианов в северном полушарии.

57. Общее отложение Sr^{89} в различных широтных полосах за сентябрь — декабрь 1961 года, а также за 1962 и 1963 годы показано в таблице XI [27, 124, 376]. В 1962 году отложение было максимальным в полосе 30—50° северной широты, причем в тропических районах оно было вдвое меньшим, а в высокоширотных полосах — еще меньшим. Ежемесячное отложение Sr^{89} в различных районах северного полушария, а также средние значения для южного полушария изображены на рисунке 19 [75], из которого следует, что скорости выпадения Sr^{89} для этих трех районов северного полушария несколько сходны. Это свидетельствует о том, что осколки деления хорошо перемешиваются в пределах данной зоны, а также о том, что они имеют главным образом стратосферное происхождение.

58. Месячное отложение Sr^{89} на средних широтах северного полушария в течение января 1962 года достигло максимального значения, равного примерно 25 мкюри/км², а в августе 1962 года прошло через минимум, составляющий около 3 мкюри/км². Отложение снова возросло в конце 1962 года и в апреле 1963 года достигло максимального значения, равного 20 мкюри/км². Проводимые в настоящее время измерения показывают, что осаждение Sr^{89} в 1964 году практически будет равно нулю. В южном полушарии скорость отложения Sr^{89} , также показанная на рисунке 19, оставалась невысокой до мая 1962 года, после чего она возросла примерно до 2 мкюри/км² в месяц и оставалась приблизительно на этом же уровне до конца года. В таблице XI включены данные о годовых отложениях Sr^{89} в каждом полушарии в течение 1961 и 1962 годов. Отложение Sr^{89} в южном полушарии в течение 1962 года составило лишь одну шестую отложения в северном полушарии.

Другие короткоживущие продукты деления

59. На земную поверхность в значительных количествах отлагается и ряд продуктов деления с периодами полураспада от 8 (для J^{131}) до 244 дней (для Ce^{144}). В таблице XII [45] приведены месячные отложения короткоживущих продуктов деления в Милфорд Хэйвене и Чилтоне (Соединенное Королевство). На ряд этих изотопов, особенно на $Zr^{95} + Nb^{95}$, падает значительная доля ожидаемой внешней дозы облучения гамма-лучами, обусловленной ядерными взрывами. Хотя измерения содержания J^{131} в молочных продуктах проводятся на очень широкой основе, измерение его содержания в атмосферных осадках, собранных на многих пунктах, не проводилось. Однако скорость отложения Ba^{140} является довольно хорошим показателем отложения J^{131} . Активность короткоживущих продуктов деления Sr^{89} , Zr^{95} , Ru^{103} , Ru^{106} , J^{131} , Ba^{140} , Ce^{141} и Ce^{144} , отложившихся в течение 1962 года, показана в таблице XIII [45], 75. Произведенные в Соединенном Королев-

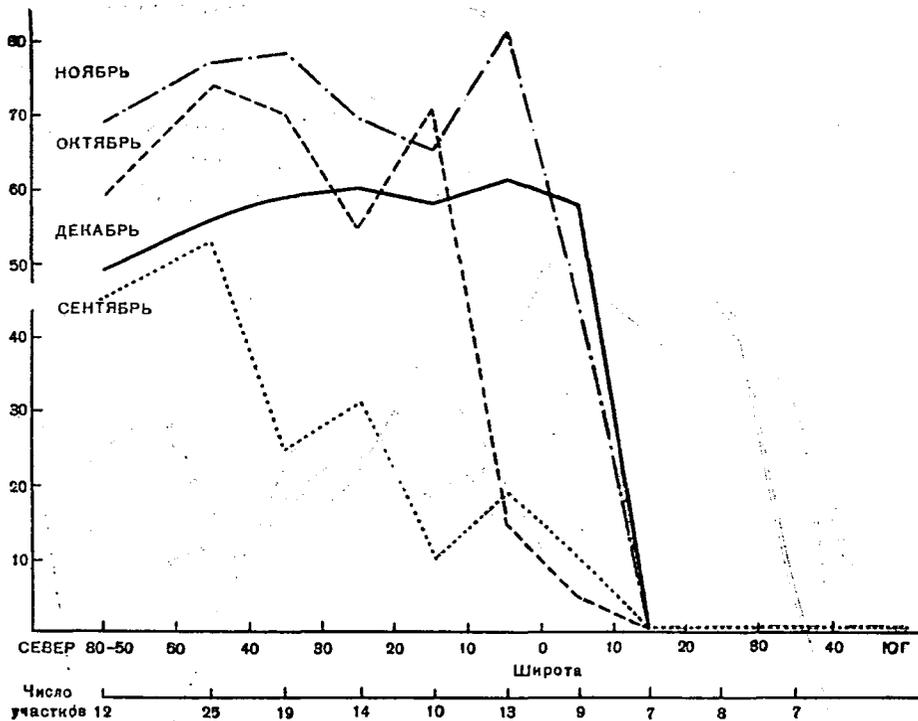


Рис. 18. Среднее отношение Sr^{89}/Sr^{90} в осадках в каждой 10° широтной полосе, 1961 год [27]

стве измерения указывают на значение сухого отложения короткоживущих продуктов деления [45]. Об измерениях отложения короткоживущих продуктов деления в южном полушарии получено мало сведений, не считая данных о Sr^{89} .

УГЛЕРОД-14

Общее содержание

60. C^{14} , имеющий период полураспада, равный примерно 5700 годам, всегда присутствует в земной атмосфере, в которой он образуется в результате воздействия нейтронов космических лучей на атомы азота, находящиеся как в стратосфере, так и в верхних слоях тропосферы. C^{14} присутствует в атмосфере почти исключительно в виде CO_2 [406]. До проведения ядерных испытаний содержание C^{14} в атмосфере составляло около 40×10^{27} атомов. Нормальное распределение стабильного углерода и C^{14} между различными резервуарами обменивающегося углерода до того, как начали сказываться влияние промышленности и последствия испытаний атомного оружия, показано в таблице XIV. Для оценки содержания C^{14} в каждом резервуаре была использована удельная активность C^{14} в обычной древесине (выросшей в 1890 году), равная 14,5 расп./мин. на 1 г углерода [125]. Предполагается, что активность C^{14} в океанских глубинах и в гумусе составляет 84 процента от активности в обычной древесине [115]. Скорость образования природного C^{14} может быть рассчитана путем деления его общего содержания (2170×10^{27} атомов, табл. XIV) на среднюю продолжительность жизни C^{14} (8300 лет). Получен-

ная в результате этого скорость образования составляет $2,6 \times 10^{26}$ атомов в год, что соответствует 1,6 атома/см²сек.

61. По оценке Лала и Питерса, скорость образования, рассчитываемая по общему содержанию C^{14} , составляет 1,6 атома/см²сек. (с поправкой на новое значение периода полураспада C^{14}), а при расчете ее на основе данных о космических лучах — 1,8 атома/см²сек. [15, 139]. Согласно другой оценке, скорость образования C^{14} , рассчитываемая с помощью данных о космических лучах, составляет $2,5 \pm 0,5$ атома/см²сек. [422]. Для целей оценки опасности в настоящем докладе используется меньшее значение скорости образования C^{14} , а именно 1,6 атома/см²сек., так как оно не приведет к занижению ожидаемой дозы облучения. Поскольку эта скорость образования примерно на 25 процентов ниже, чем та, которая применялась в докладе 1962 года, ее использование приведет к соответствующему завышению ожидаемой дозы облучения за счет C^{14} , образовавшегося в результате ядерных испытаний.

62. За период после 1954 года в результате проведения ядерных испытаний образовалось большое количество C^{14} . Нейтроны, высвободившиеся во время ядерных взрывов в атмосфере, реагируют с атмосферным азотом, образуя C^{14} . При подземных взрывах образование C^{14} в основном равно нулю, в то время как можно предположить, что при взрывах на поверхности земли или же вблизи нее образуется примерно вдвое меньше C^{14} , чем в результате взрывов в воздухе. При взрывах на очень больших высотах некоторая часть высвободившихся нейтронов уходит в космическое

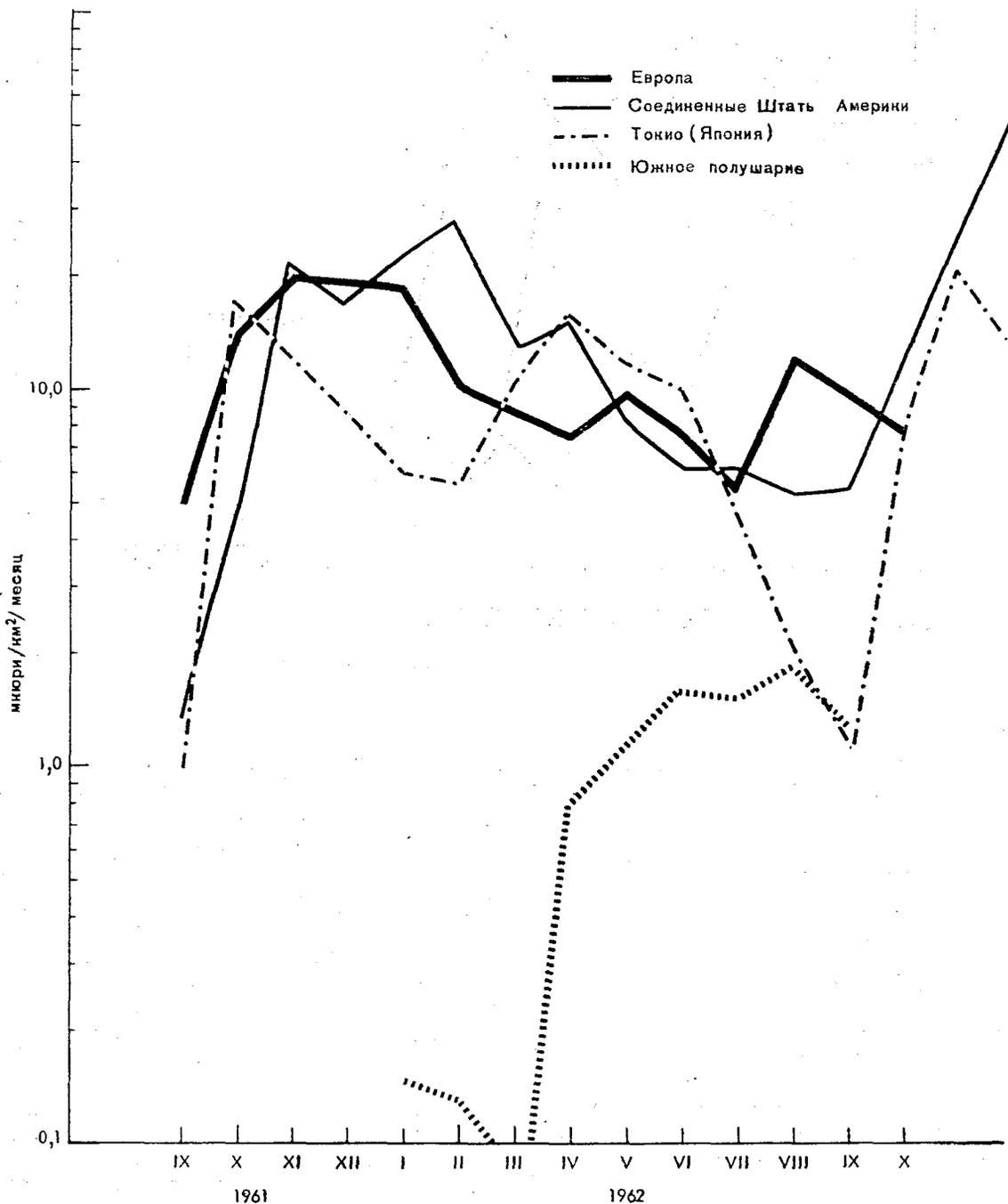


Рис. 19. Среднемесячное отложение стронция-89 [75, 89]

пространство и количество образующегося при этом C^{14} соответственно уменьшается.

63. В обоих полушариях были проведены интенсивные обследования активности C^{14} в стратосферном воздухе с использованием для отбора проб воздуха самолетов и шаров-зондов [23, 34, 127]. На основе этих измерений оценка общего содержания C^{14} в стратосфере была произведена таким же образом, как и оценка общего содержания Sr^{90} . Оценки общего содержания искусственного C^{14} в стратосфере в различные отрезки времени между июлем 1957 и январем 1964 года, а также приблизительно подсчитанное распределение искусственного C^{14} в других резервуарах приводятся в таблице XV [34, 426].

64. Данные об избыточной активности C^{14} в тропосфере в процентах активности до начала испытаний, основывающиеся на измерениях, проведенных в ряде расположенных в различных частях земного шара лабораторий, графически изображены на рисунке 20 [71, 128—137, 141]. Как видно из рисунка 20, активность атмосферной двуокиси углерода по C^{14} начала заметно превышать нормальную в 1956 году. За период с 1956 по 1958 год уровень содержания C^{14} возрастал почти линейно до максимального значения в 1959 году. В течение 1960 и 1961 годов активность тропосферного C^{14} сохранялась довольно постоянной на уровне примерно 22 процентов выше нормального.

65. С 1959 по 1961 год наблюдались незначительные ежегодные колебания активности тропосферного C^{14} [141]. Эти колебания были особенно заметными в северном полушарии и, вероятно, объяснялись тем, что в течение весенних месяцев большая часть искусственного C^{14} переместилась из стратосферы в тропосферу, создав максимальную активность в северном полушарии, в то время

личных полушариях в течение 1960—1961 годов уменьшилась (примерно до 2 процентов). Согласно проведенным примерным подсчетам, в южном полушарии обмен двуокиси углерода с океанскими водами был вдвое больше обмена в северном полушарии, чем, вероятно, и объясняется остаточная разность уровней содержания C^{14} в различных полушариях [138].

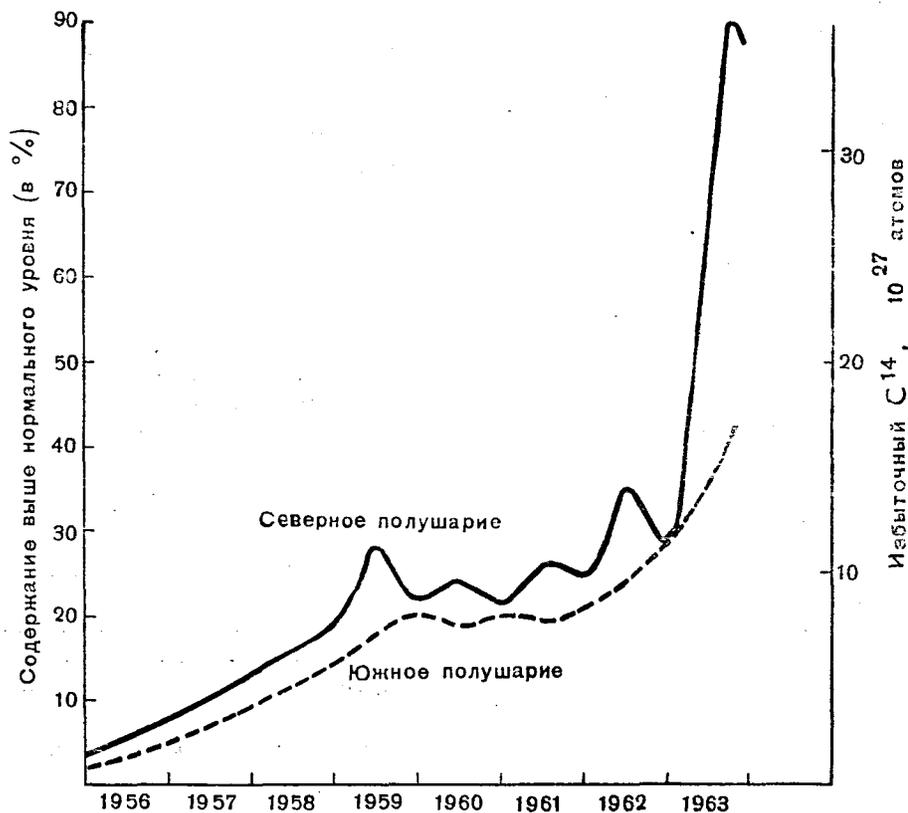


Рис. 20. Общее содержание искусственного углерода-14 в тропосфере [71, 128—137, 141]

как последующий перенос некоторой части этой активности в тропосферу южного полушария привел к снижению активности в северном полушарии в течение осени и зимы. Это объяснение подтверждается и тем обстоятельством, что колебания в северном и южном полушариях сдвинуты по фазе примерно на шесть месяцев. Следует также отметить, что, как это видно на рисунке 20, максимальная активность C^{14} в северном полушарии наблюдалась в 1959—1961 годах примерно тремя месяцами позже, чем максимальная скорость отложения Sr^{90} , изображенная на рисунке 3. Вероятно, это объясняется тем, что C^{14} уносится из тропосферы настолько медленно, что средний уровень его содержания в тропосфере имеет тенденцию оставаться пропорциональным общему количеству C^{14} , перенесенному из стратосферы.

66. В 1955—1959 годах уровень активности C^{14} в тропосфере южного полушария был примерно на 4 процента ниже, чем в тропосфере северного полушария (рис. 20). Это, вероятно, объяснялось тем, что большая часть искусственного C^{14} была выброшена в стратосферу северного полушария. Однако разность уровней содержания C^{14} в раз-

Циркуляция углерода-14

67. На протяжении ряда лет C^{14} , содержащийся в атмосфере, обменивается с углеродом, присутствующим в виде бикарбоната в поверхностных слоях океанов, а также с углеродом, находящимся в биосфере. Далее происходит более медленный обмен этого углерода с углеродом, растворенным в виде бикарбоната в океанских глубинах. Этот последний резервуар является, как это можно видеть из таблицы XIV, самым большим, и основная часть C^{14} распадается во время пребывания в нем.

68. Измерение содержания C^{14} в тропосфере северного полушария за период с 1959 по 1961 год показало его определенное колебание в зависимости от широты [141]. Эти изменения содержания C^{14} , а также его ежегодные колебания были использованы для оценки, с помощью модели линейной диффузии, перемещения C^{14} вдоль меридианов [141]. Используя полученную таким образом скорость диффузии и принимая для смешения тропосфер северного и южного полушарий модель, состоящую из двух ячеек, определили

приблизительное значение времени обмена между полушариями, равное менее чем одному году. Порядок величины времени обмена подтверждается быстрым уменьшением активности в северном полушарии в конце 1959 года.

Будущие уровни содержания углерода-14

69. Оценка будущих уровней содержания искусственного C^{14} в атмосфере произведена на основе модели, состоящей из четырех ячеек, изображающей обмен C^{14} между различными резервуарами углерода. Эта модель показана на рисунке 21.

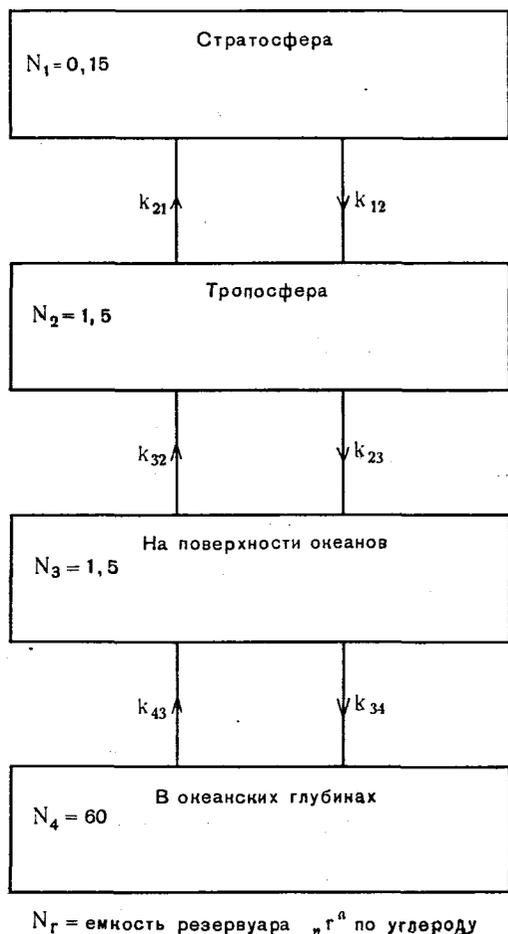


Рис. 21. Модель обмена углерода-14, состоящая из четырех ячеек

В литературе предлагалось много таких моделей, однако для предсказания будущего уровня содержания C^{14} в атмосфере использование более чем четырех ячеек вряд ли оправдано [126, 140]. При использовании модели, состоящей из четырех ячеек, можно делать более реалистичные прогнозы в течение нескольких первых десятилетий после выброса, чем при использовании модели, состоящей из двух ячеек, которая была применена в докладе 1962 года. В используемой в настоящем документе модели, состоящей из четырех ячеек, углерод биосферы рассматривается как одно целое с углеродом атмосферного резервуара, а углерод гумуса — с углеродом океанских

глубин, поскольку обмен между атмосферой и биосферой происходит довольно быстро, а обмен между атмосферой и гумусом — очень медленно [140]. Перенос C^{14} между этими резервуарами может быть описан при помощи системы четырех уравнений:

$$N_r \left(\frac{dA_r}{dt} + \lambda A_r \right) = k_{r-1,r} (A_{r-1} - A_r) - k_{r,r+1} (A_r - A_{r+1})$$

при $r = 1, 2, 3, 4$,

где A_r — концентрация C^{14} в резервуаре r , $K_{r,r+1}$ — коэффициент переноса C^{14} между резервуарами

$$r \text{ и } r+1, \text{ а } k_{01} = k_{45} = 0,$$

N_r — емкость резервуара r по углероду, λ — постоянная распада $C^{14} = 0,00012 \text{ лет}^{-1}$.

70. Предполагается, что влияние фракционирования между резервуарами невелико и при предсказании будущих уровней может не приниматься в расчет. Эти уравнения были решены в отношении концентрации C^{14} в тропосфере A_2 при условии первоначального выброса $C \times 10^{27}$ атомов C^{14} в стратосферу в нулевое время. Этот метод в основном аналогичен методу, использованному Плессэ и Лэттером [140]. Рассчитанные на основе приведенных в таблице XIV данных емкости резервуаров C^{14} в единицах атмосферной емкости составляют 0,15, 1,5, 1,5 и 60 для N_1, N_2, N_3, N_4 соответственно. Предполагается, что среднее время пребывания C^{14} в стратосфере составляет 2,0 года. Коэффициенты переноса, рассчитанные по выведенным Плессэ и Лэттером [140] уравнениям установившегося режима, составляют $k_{12} = 0,075$, $k_{23} = 0,27$ и $k_{34} = 0,082$ атмосферных единиц в год. Избыточное содержание C^{14} в тропосфере через t лет, в процентах выше нормального уровня, рассчитывается следующим образом:

$$A_2 = 0,83C [0,047e^{-0,00012t} + 1,15e^{-0,026t} + 1,34e^{-0,35t} - 2,54e^{-0,59t}].$$

71. Оценочные данные об общем содержании C^{14} , образовавшемся в результате ядерных испытаний в 1957—1963 годах в различных резервуарах углерода, приводятся в таблице XV. Увеличение содержания C^{14} в результате испытаний в 1961 и в 1962 годах было почти трехкратным. Если предположить, что 25×10^{27} атомов из общего расчетного избытка в 65×10^{27} атомов C^{14} было выброшено в стратосферу в 1958 году, а остальные 40×10^{27} атомов — в 1962 году, то предсказываемый уровень C^{14} в тропосфере A_2 через t лет после 1964 года рассчитывается при помощи следующего уравнения:

$$A_2 = [2,52e^{-0,00012t} + 64e^{-0,026t} + 26e^{-0,35t} - 26e^{-0,59t}]$$

процентов выше нормального уровня. Это уравнение дает возможность предсказать, что максимальная избыточная активность C^{14} , составляющая около 70 процентов выше нормального уровня, будет наблюдаться в 1964 или 1965 году, после

чего в течение семи- или восьмилетнего периода этот уровень понизится примерно до 60 процентов. За период с 1970 по 2040 год этот уровень постепенно снизится примерно до 3 процентов и будет находиться ниже этого значения до тех пор, пока не произойдет радиоактивный распад избыточного C^{14} .

тия в дождевой воде в Канаде, Франции и Швеции в течение 1953—1963 годов показана на рисунке 22 [143—146, 153, 156, 384, 424, 425]. Максимальная активность, достигавшая 10 000 Т. Е., была отмечена в Канаде в середине 1963 года [143]. Средняя концентрация трития в водах Тихого океана в течение 1960 и 1961 годов составляла

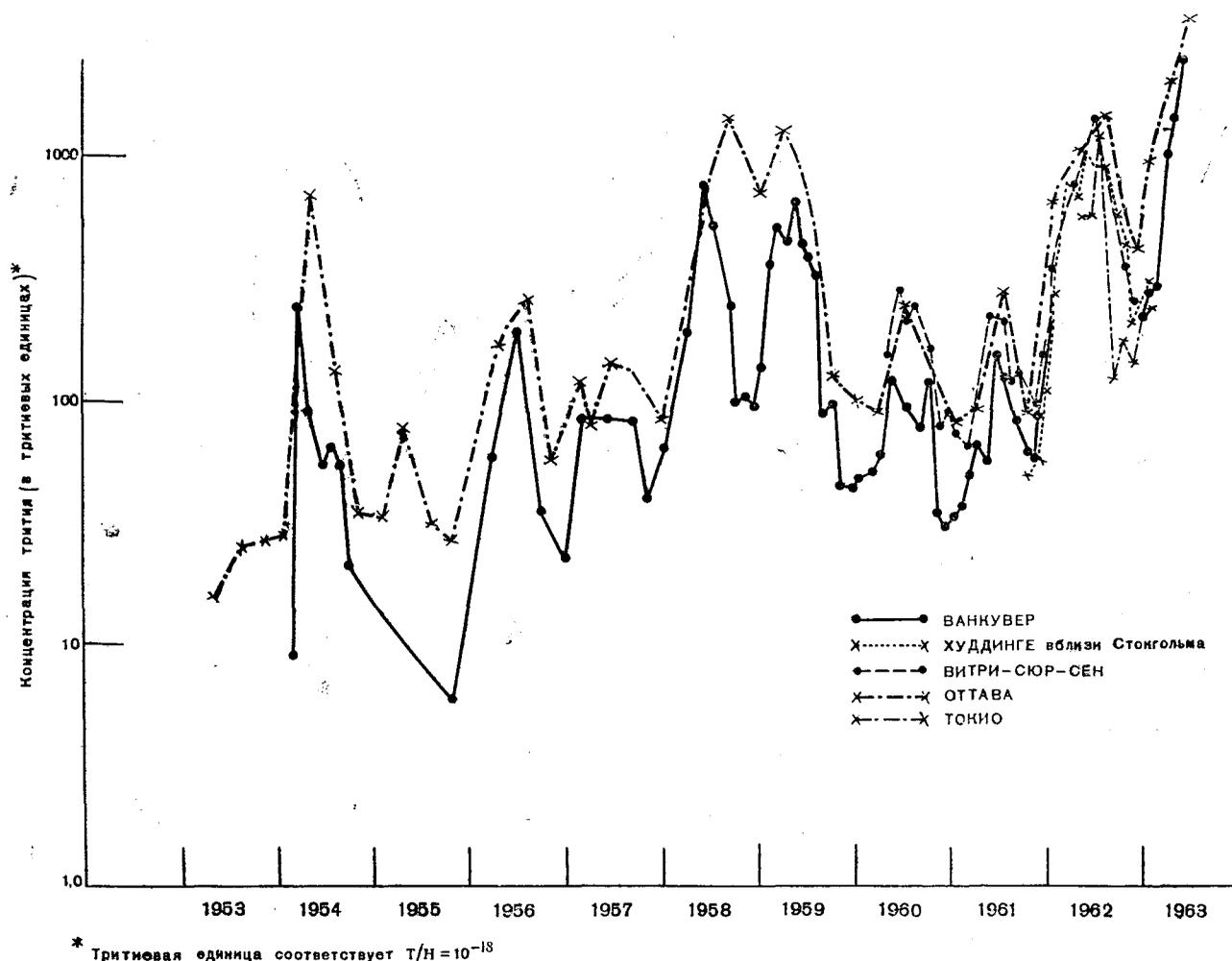


Рис. 22. Концентрация трития в атмосферных осадках [143—146, 153, 156, 424, 425]

ДРУГИЕ ИСКУССТВЕННЫЕ РАДИОАКТИВНЫЕ ИЗОТОПЫ

72. Тритий (период полураспада 12,5 года) не является продуктом деления, однако он в больших количествах был выброшен в атмосферу во время испытаний термоядерного оружия. В течение 1952—1953 годов, то есть до того, как загрязнение в результате испытаний ядерного оружия приобрело широкие масштабы, нормальная концентрация трития в дождевой воде составляла 1—10 тритиевых единиц^c [153]. Этот «природный» тритий образуется в результате воздействия космических лучей на атмосферу земли. С тех пор как начались испытания термоядерного оружия, концентрация трития в дождевой воде значительно увеличилась [146—156, 424]. Концентрация три-

8 Т. Е. [150]. В южном полушарии активность трития, помеченная по дождевой воде, была значительно ниже, чем в северном полушарии, находясь в течение 1958 и 1960 годов в диапазоне 5—20 Т. Е. [152].

73. Be^7 , период полураспада которого составляет 54 дня, образуется естественным путем в атмосфере, главным образом за счет воздействия протонов космических лучей на кислород и аргон. Возможно также, что некоторое его количество образуется в результате ядерных испытаний. Be^7 использовался в качестве природного индикатора для изучения перемещения воздушных масс в стратосфере. Концентрация как Sr^{90} , так и Be^7 в дождевой воде в Рисвике в течение 1961 и 1962 годов [157], а также в воздухе и в дождевой воде в других пунктах достигала заметных максимумов в течение весенних месяцев [158—161].

^c 1 тритиевая единица (Т. Е.) соответствует отношению $T/H = 10^{-18}$.

Максимальные значения концентрации Be^7 в течение этих двух лет были одинаковыми, в то время как активность Sr^{90} была намного больше в 1962 году, что свидетельствует о том, что большая часть Be^7 , отложившегося в течение 1961 и 1962 годов, имела естественное происхождение. Содержание Be^7 довольно интенсивно измерялось также и в стратосфере, причем измерения, проведенные с июня 1960 по май 1961 года, показали, что среднее значение отношения $\text{Be}^7/\text{Sr}^{90}$ для нижней стратосферы равно 15 [34, 157]. Используя это отношение, можно подсчитать, что приблизительная скорость отложения Be^7 стратосферного происхождения в Рисвике составляла 12 мкюри/км² в год, в то время как скорость отложения Be^7 , образовавшегося в тропосфере, равнялась 28 мкюри/км² в год.

74. Проведенное в 1962 году измерение содержания Be^7 и Sr^{89} в стратосферном воздухе над Нидерландами дает основания предполагать, что некоторое количество Be^7 [158] образовалось в результате проведения ядерных испытаний в конце 1961 года. Значения активности Be^7 , превышающие 5 пкюри/кг воздуха, указывают на линейное увеличение с ростом концентрации Sr^{89} , причем среднее значение отношения избыточной активности Be^7 к активности Sr^{89} составляло 0,04. Значения активности Be^7 , замеренные в пробах стратосферного воздуха, отобранных с самолета над территорией Соединенных Штатов Америки, показаны на рисунке 23 [34]. Очевидно, что увеличение концентрации Be^7 произошло в северном полушарии, где за период с сентября 1961 по декабрь 1962 года его концентрации часто были заметно выше ожидаемой равновесной концентрации. Этот факт также дает основания предположить, что Be^7 был образован искусственным путем во время ядерных испытаний в 1961—1962 годах. В качестве причины, вызвавшей увеличение выхода Be^7 , указывались различные ядерные реакции с участием Li^6 [158]. Путем умножения вышеприведенного значения отношения $\text{Be}^7/\text{Sr}^{89}$, равного 0,04, на значение отложения Sr^{89} , приведенное в таблице XI, подсчитано, что в течение 1962 года в северном полушарии отложилось около 1 Мкюри Be^7 , образовавшегося в результате взрыва бомб. Это эквивалентно среднему значению отложения Be^7 в северном полушарии, составляющему 4 мкюри/км².

75. В ходе измерений в атмосфере и в атмосферных осадках было обнаружено наличие ряда других изотопов, которые были либо преднамеренно введены в ядерные устройства, либо образовались во время взрывов в результате нейтронной активации [23, 73, 142]. Во время испытаний в 1958 году в стратосферу в районе экватора были выброшены W^{181} , W^{185} и Rh^{102} , периоды полураспада которых составляют соответственно 145, 74 и 210 дней. В 1962 году к ним также добавились Cd^{109} и Cd^{113} , периоды полураспада которых равны соответственно 1,6 и 14 годам. Содержание этих радиоактивных изотопов измерялось в воздухе и в атмосферных осадках, а изучение их перемещения в стратосфере внесло значительный

вклад в представления о ее циркуляции [14, 23, 73, 142]. Однако увеличение дозы облучения организма человека за счет этих радиоактивных изотопов является незначительным.

76. Во время испытаний, проведенных в 1961 и 1962 годах, в стратосферу было выброшено значительное количество Mn^{54} (период полураспада составляет 310 дней), Fe^{55} (980 дней), Sb^{124} (60 дней), Y^{88} (104 дня) и Co^{58} (72 дня). Активности этих радиоактивных изотопов в стратосфере в течение 1962 года показаны на рисунке 24 в сравнении с активностью Sr^{90} и Ce^{144} [13]. За период с июля 1962 года по июнь 1963 года в Вествуде (штат Нью-Джерси, Соединенные Штаты Америки) отложилось 128 мкюри/км² Fe^{55} [142]. В настоящее время не имеется данных, свидетельствующих о том, что дозы облучения от этих радиоактивных изотопов являются сколько-нибудь значительными.

77. Имеются данные о том, что во время ядерных взрывов, особенно в течение 1961 и 1962 годов, были выброшены Na^{22} [36] и, возможно, Rb^{210} [34, 417] в дополнение к уже имеющемуся природному уровню радиации за счет этих изотопов, находящихся в атмосфере. В атмосфере и в выпадениях было отмечено наличие различных изотопов плутония, образовавшихся в результате ядерных взрывов [45, 401, 415, 416, 423]. Кроме того, содержание Pu^{238} в атмосфере могло увеличиться в результате сгорания в стратосфере изотопа, являющегося источником ядерной энергии для космического спутника, запущенного в апреле 1964 года [413, 414]. Однако данных о том, что за счет этих радиоактивных изотопов произошло значительное увеличение дозы облучения человеческого организма, не имеется.

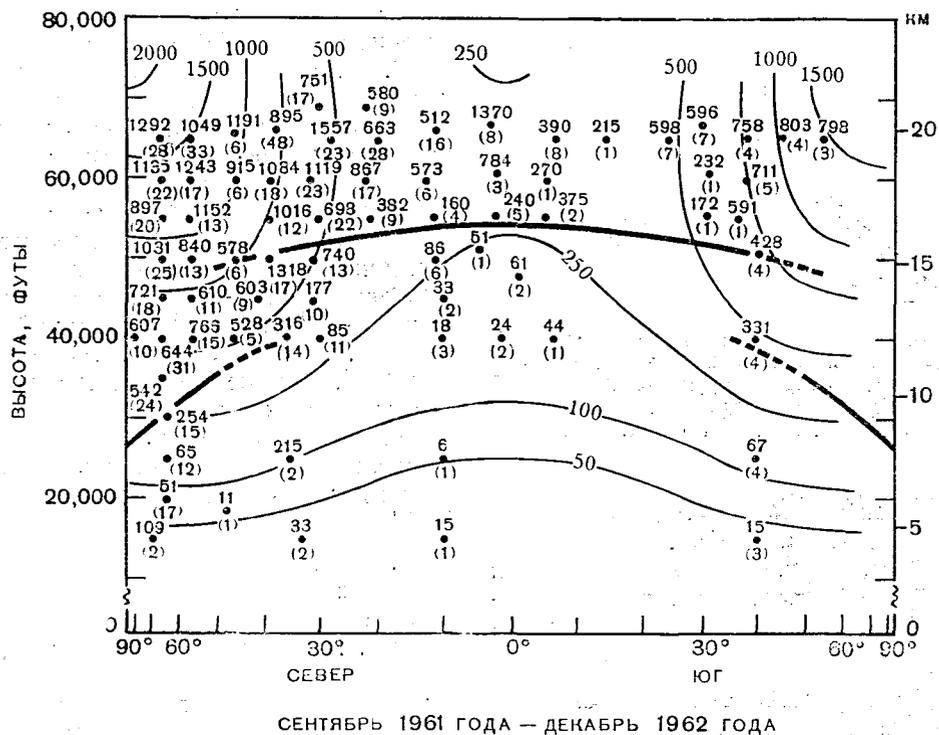
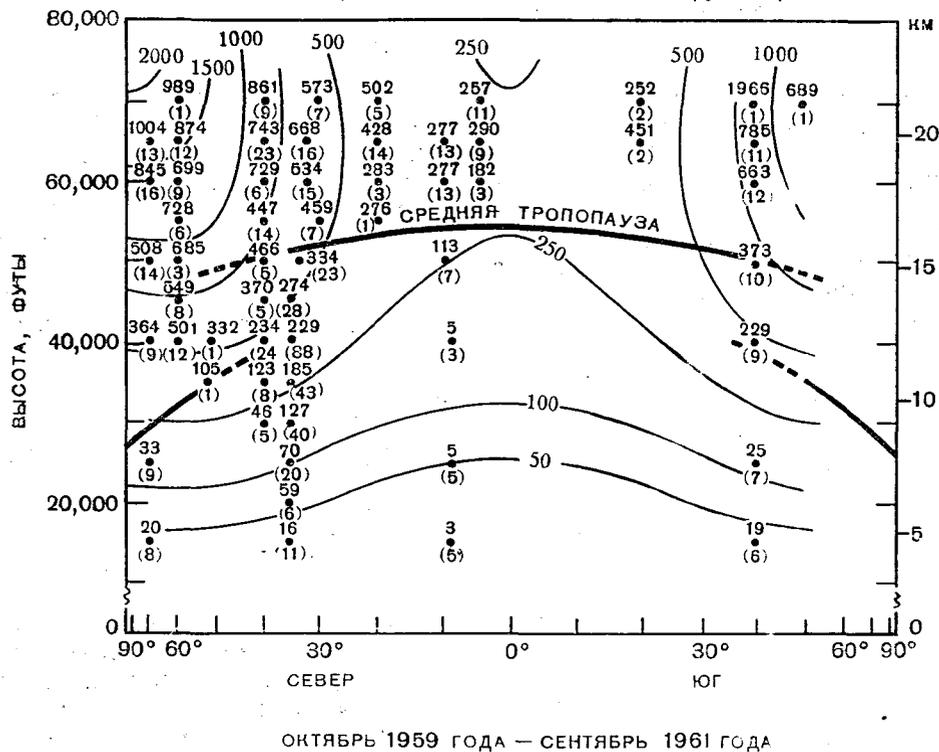
III. Заражение продуктов питания и тканей человека

СТРОНЦИЙ-90 И СТРОНЦИЙ-89

78. После возобновления ядерных испытаний в 1961 году уровень содержания Sr^{90} в продуктах питания увеличился. В 1962 году в северном полушарии уровень содержания Sr^{90} в молоке возрос, причем среднее годовое значение в общем было в два раза выше, чем в 1961 году. В 1963 году это увеличение продолжалось, и имеющиеся данные свидетельствуют о том, что в 1963 году среднегодовое значение было вдвое больше, чем в 1962 году (табл. XVI). Уровень содержания Sr^{90} в молоке в южном полушарии в 1962 и 1963 годах возрос, как это видно из данных для Аргентины, Австралии и Новой Зеландии, в значительно меньшей степени.

79. Имеющиеся данные о заражении молока Sr^{89} сведены в таблицу XVII. В течение периодов проведения испытаний высокие уровни были зарегистрированы в молоке, производимом в северном полушарии. Ввиду короткого периода полураспада Sr^{89} уровни его содержания в молоке к концу 1963 года резко снизились.

Be-7 расп/мин / 1000 станд. куб. футов



— Равновесная концентрация
наблюдаемая средняя величина.
● ЧИСЛО СЛУЧАЕВ

Рис. 23. Активность бериллия-7 в атмосфере [34]

80. В странах северной умеренной зоны увеличение отношения Sr^{90}/Ca в общем пищевом рационе было таким же, как и в молоке, причем его средние значения в 1962 году были выше, чем в 1961 году, на 70—100 процентов (табл. XVIII). Имеющиеся за 1963 год данные (Дания, Соеди-

ное Королевство, Соединенные Штаты Америки) показывают, что величина этого отношения вновь удвоилась по сравнению с данными за 1962 год.

81. В отношении степени заражения пищевого рациона в других районах, кроме Северной Аме-

рики и Еврспы, имеется очень мало данных. Величина отношения Sr^{90}/Ca в общем пищевом рационе в Объединенной Арабской Республике в 1961 и в 1962 годах была близка к самым низким показателям северной умеренной зоны (Европа, Соединенные Штаты Америки). Однако в 1963 году этот уровень в Объединенной Арабской Республике повысился лишь незначительно и в среднем был в два раза ниже, чем большинство значений северной умеренной зоны. Уровни заражения в Австралии и Аргентине были намного ниже, и за период 1961—1963 годов было отмечено лишь небольшое их повышение (табл. XVI и XVIII).

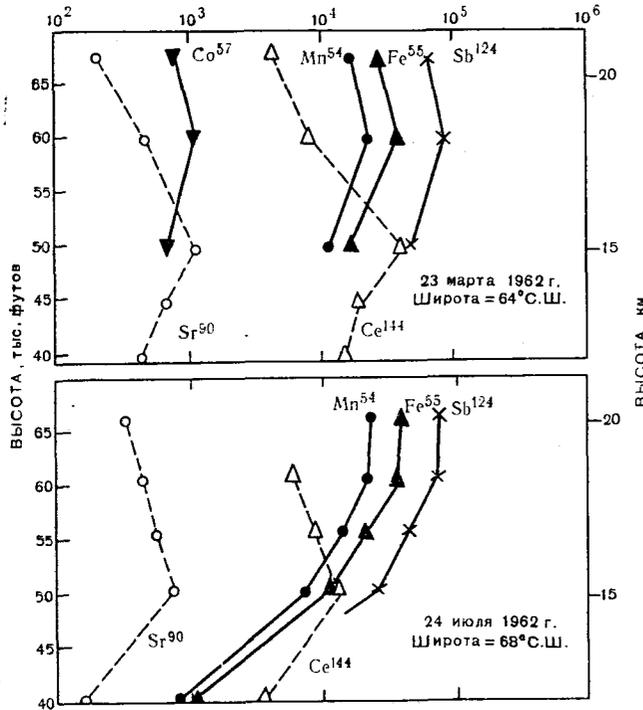


Рис. 24. Вертикальные проекции активности кобальта-57, железа-55, марганца-54 и сурьмы-124 (по состоянию на 15 октября 1961 г.) и активности стронция-90 и цезия-144 (по состоянию на дату отбора проб) [13]. Активность изотопа, расп./мин./1000 станд. куб. футов

82. Среднее значение отношения Sr^{90}/Ca в пищевом рационе в Японии (табл. XVIII) весьма близко к величинам, отмеченным в Соединенных Штатах Америки и в Европе, несмотря на совершенно различный состав среднего пищевого рациона [172].

83. Недавно была рассмотрена взаимозависимость между скоростью выпадения и кумулятивным отложением Sr^{90} , с одной стороны, и концентрацией этого изотопа в молоке — с другой [173, 174]. Эта зависимость была выражена следующим уравнением:

$$C = p_d F_d + p_r F_r,$$

где:

C — среднегодовое отношение Sr^{90}/Ca в молоке,

F_d — общее накопленное отложение Sr^{90} в почве в мкюри/км²,

F_r — годовая скорость выпадения Sr^{90} за данный год, в мкюри/км²,

p_d и p_r — соответствующие коэффициенты пропорциональности, которые также называют «почвенными» и «скоростными».

Значения почвенных коэффициентов, рассчитанных для Англии и Уэльса [173], а также для районов Нью-Йорка и Сан-Франциско [174], проявляют тенденцию к понижению по сравнению с принятой в докладе 1962 года мировой величиной, равной 0,3. С другой стороны, было показано, что значения как почвенного, так и скоростного коэффициента могут варьироваться в широком диапазоне в зависимости от местных метеорологических и сельскохозяйственных условий [175, 176]. Поскольку значение почвенного коэффициента, принятое в докладе 1962 года, не приводит к занижению дозы облучения, представляется целесообразным не изменять его.

84. Однако уровни содержания этих изотопов различны даже в пределах одной и той же страны. Так, среднегодовое значение отношения Sr^{90}/Ca в молоке для различных районов Соединенных Штатов Америки значительно отличалось от среднего значения, рассчитанного по данным, поступившим со всех станций страны [162, 163]. Максимальные и минимальные среднегодовые региональные значения в 1963 году отличались в 2 и 6 раз соответственно от среднеарифметических значений, полученных всей сетью станций страны [164]. В Новой Зеландии среднегодовые значения для местных станций в 1962 году отличались друг от друга в 6 раз [295]. Произведенное исследование трех городов [165] показало, что средние уровни в пищевом рационе жителей Нью-Йорка и Сан-Франциско систематически отличаются друг от друга в два раза. Подобное же варьирование средних значений отношения Sr^{90}/Ca в пищевом рационе различных районов страны было обнаружено в Австрии [166] и в меньшей степени в Дании [97, 167] и в Соединенном Королевстве [168, 169, 280]. Данные о географическом варьировании значений отношения Sr^{90}/Ca в общем пищевом рационе Японии свидетельствуют о том, что эти значения были систематически выше средних значений для западного и северного районов страны [170].

85. Однако следует указать, что диапазон отмеченных колебаний между районами, в которых проживает значительная часть населения данной страны, не всегда охватывает гораздо более высокие значения отношения Sr^{90}/Ca , наблюдаемые для молочных и других пищевых продуктов местного происхождения в некоторых местностях с особенно высоким количеством атмосферных осадков и особыми сельскохозяйственными условиями. Подобное положение наблюдалось в Соединенном Королевстве [168, 169, 280]. Отмеченные там концентрации Sr^{90} в молоке достигали уровня, отличающегося от среднего для всей страны значения примерно в восемь раз. Эти местности обычно ограничиваются отдельными фермами, не являющимися характерными для всего района в целом, и, таким образом, маловероятно, чтобы какая-то

значительная часть населения подверглась пищевому заражению такого характера [171]. По-видимому, сходное с этим в общих чертах положение существует в ряде районов с холодным климатом в северных умеренных широтах, например на Фарерских островах [97, 179] и в северной части Финляндии [178].

86. Результаты проведенных как в Австралии, так и в Новой Зеландии исследований свидетельствуют о том, что величина отношения Sr^{90}/Ca

увеличение поглощения Sr^{90} может происходить в значительной степени за счет питьевой воды. Согласно наблюдениям, проведенным в Японии в течение 1962 года [271], ежемесячное определение в двенадцати населенных пунктах концентрации Sr^{90} в питьевой дождевой воде дало среднее значение, равное 4,4 пкюри/л, в то время как в пробах водопроводной воды, отобранных в двадцати пяти населенных пунктах, среднее значение составляло 0,2 пкюри/л. По примерным подсчетам, около 40 процентов увеличения отношения Sr^{90}/Ca

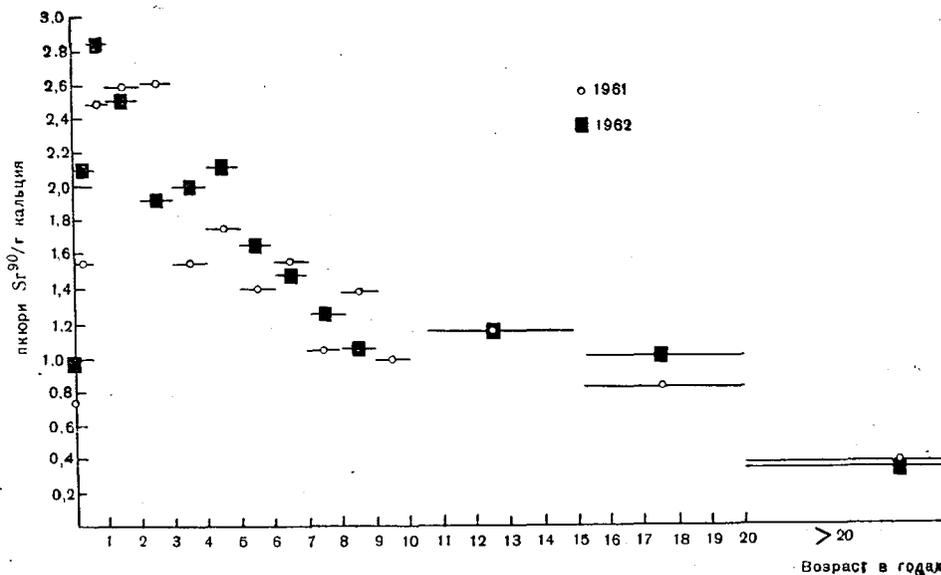


Рис. 25. Отношение Sr^{90}/Ca в костях человека в зависимости от возраста (Соединенное Королевство)

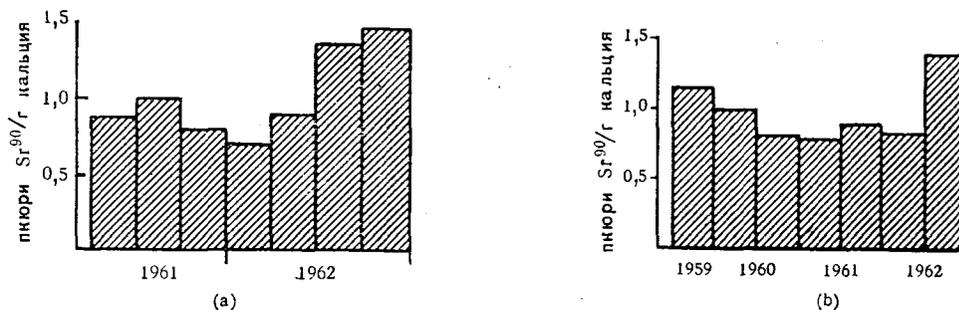


Рис. 26. Отношение Sr^{90}/Ca в костях мертворожденных и новорожденных детей в 1959—1962 годах:
а) мертворожденные дети в Федеративной Республике Германии в 1961—1962 годах, по кварталам [204, 324]; б) мертворожденные и новорожденные дети в Соединенном Королевстве в 1959—1962 годах, по полугодиям [331]

в молоке, связанного с отложением радиоактивных веществ, в этих странах выше, чем в Европе и Северной Америке. В противоположность большинству районов Европы и Северной Америки, в Австралии и Новой Зеландии значительная часть всего пищевого рациона скота потребляется им в результате круглогодичного выпаса, и представляется вероятным, что это является одной из причин относительно высоких значений отношения Sr^{90}/Ca в молоке.

87. Хотя в настоящее время имеется мало сведений, следует отметить, что в некоторых районах

в пищевом рационе было обусловлено этой причиной.

88. Данные о величине отношения Sr^{90}/Ca в пищевом рационе грудных детей ограничены. Прямые измерения содержания Sr^{90} и кальция в пищевых составах для детей грудного возраста в Соединенных Штатах Америки свидетельствуют о том, что среднее для страны значение отношения Sr^{90}/Ca в пищевом рационе детей грудного возраста в основном такое же, что и в среднем пищевом рационе взрослых [181]. Из значений отношения Sr^{90}/Ca , полученных в ходе обследования

пищевого рациона детей и подростков в Соединенных Штатах Америки [182, 366], видно, что диапазон значений в этом случае подобен диапазону, отмеченному при обследовании взрослых жителей этой страны.

89. В Аргентине в течение 1961—1963 годов [265] средние уровни отношения Sr^{90}/Ca в пищевых составах для детей грудного возраста были почти такими же, что и в молоке. Косвенные приближенные расчеты, в которых принималась во внимание более важная роль молока как источника кальция и Sr^{90} в пищевом рационе детей [168, 169, 183], также свидетельствуют о том, что уровни отношения Sr^{90}/Ca в среднем пищевом рационе детей грудного и младшего возраста вряд ли превышают значение этого отношения в пищевом рационе взрослых. Однако следует подчеркнуть, что хотя для районов, где поглощение кальция сравнительно высоко, а молоко является важной составной частью пищевого рациона, и имеется много данных, то для стран, в которых потребляется пищевой рацион других типов, количество данных невелико.

90. В докладе 1962 года для предсказания величины отношения Sr^{90}/Ca в пищевом рационе по значениям этого отношения в молоке в тех районах, в отношении которых не имелось данных, достаточных для прямой оценки поглощения с пищевым рационом, было использовано отношение

$$\text{не } \frac{Sr^{90}/Ca \text{ в полном пищевом рационе}}{Sr^{90}/Ca \text{ в молоке.}}$$

Хотя этот метод не используется в настоящем докладе, небезынтересно отметить, что за 1960—1963 годы величина этого отношения (табл. XIX) не отличается существенным образом от величин, приводившихся в докладе 1962 года. Тем не менее необходимо сделать некоторые замечания:

а) в Японии, где удельный вес молока в пищевом рационе очень низок, величина этого отношения в 1962 году была равна 2, что несколько ниже значения за 1960 год, приведенного в докладе 1962 года:

б) в Польше, где среднее потребление кальция является высоким и где за счет хлебных злаков, хлеба из непросеянной муки, а также за счет картофеля содержание кальция и Sr^{90} в среднем пищевом рационе является сравнительно высоким [183, 184], величина этого отношения выше, чем в странах, где основным источником кальция является молоко. Возможно, что подобное положение существует в большей части Восточной и Юго-Восточной Европы.

91. В докладе 1962 года был сделан вывод о том, что значение отношения Sr^{90}/Ca в костях определяется главным образом величиной отношения Sr^{90}/Ca в пищевом рационе и что в среднем за несколько лет величина указанного отношения в костях должна была составлять около одной четверти величины этого отношения в пищевом рационе, являющемся источником образования костных минеральных веществ (то есть

оно составляло 0,25)^d. Недавние исследования, явившиеся дополнительным подтверждением этого вывода, значительно увеличили наши представления о характере происходящего с возрастом изменения метаболизма этих двух элементов.

92. *Взрослые.* Для взрослых, по-видимому, вполне разумно принять значение, не равное 0,25, хотя и были получены сообщения о несколько более низких значениях [189, 193]. Наилучшее соответствие между расчетным и наблюдаемым уровнями содержания Sr^{90} в скелете взрослого человека достигается тогда, когда исходят из предположения, что 2,0—3,5 процента костного кальция ежегодно замещается кальцием, поступающим из пищевого рациона [201, 202]. Если в целях упрощения предположить, что этот обмен происходит в пределах одной ячейки, тогда скорость обмена в длинных костях (например, в бедренных) должна упасть приблизительно до 1,2—4,0 процента в год [187, 188, 193] и, по всей очевидности, достигнуть нижнего значения диапазона. Согласно ряду независимых оценок, в губчатых костях (тело позвонков) скорость обмена составляла около 8—9 процентов в год [187, 188, 193, 210]. Хорошее согласование между поглощением изотопов с пищевым рационом и их содержанием в костях наблюдалось в случаях, когда процесс обмена описывался моделью, использующей степенную функцию. Последняя была создана с помощью параметров, полученных в результате экспериментального исследования кинетики обмена в организме человека Sr^{85} , используемого в качестве индикатора [202, 203].

93. *Дети грудного возраста.* Прежние указания на то, что в самом раннем возрасте дискриминация между стронцием и кальцием является небольшой, были подтверждены недавними исследованиями, в ходе которых в пищевом рационе и в костях измерялась величина отношений стабильного стронция к кальцию или отношений Sr^{90}/Ca [193, 194]. Проведенные в Аргентине тщательные исследования с использованием обоих методов показали, что в возрасте 2—3 месяцев отношение стронция к кальцию в костях составляло около 0,8 этого отношения в пищевом рационе, причем к возрасту 9—10 месяцев это значение понижалось более чем в два раза, а в течение второго года жизни — приблизительно до 0,25 [265].

94. В первые недели жизни последствия незначительной дискриминации между Sr^{90} и кальцием при переносе их из пищевого рациона в кости частично ослабляются тем, что величина отношения Sr^{90}/Ca у плода вследствие дискриминации при преодолении плацентного барьера является небольшой. Кроме того, во время кормления ребенка грудью отношение Sr^{90}/Ca в его пищевом

^d Наблюдаемое отношение образец/предшественник = $\frac{Sr/Ca \text{ образца}}{Sr/Ca \text{ предшественника}}$ [264]. Это отношение приобретает смысл, когда образец (например, кость или весь организм) находится в состоянии метаболического равновесия с предшественником (например, с пищевым рационом).

рационе значительно ниже, чем в пищевом рационе более старших возрастных групп.

95. Скорость циркуляции минеральных веществ в костях молодого организма является главным фактором, определяющим величину дозы облучения от Sr^{90} , отложившегося в организме в первые месяцы жизни. Наилучшая согласованность между значениями отношения Sr^{90}/Ca , наблюдающимися в костях детей грудного и младшего возраста, и значениями, рассчитываемыми по измеренным уровням содержания в пищевом рационе путем использования различных значений соответствующих параметров (НО и годовая скорость замещения костных минеральных веществ), наблюдалась в тех случаях, когда предполагалось, что в организме грудных детей в возрасте 0—1 года ежегодно происходит замещение около 50 процентов костных минеральных веществ [200]. Однако эта величина неопределенна, и ее истинное значение, вероятно, находится где-то в пределах 30—70 процентов. Брайант и Лоутит [187, 193] постулировали, что в течение первого и второго годов жизни в скелете ребенка происходит почти полное замещение минеральных веществ.

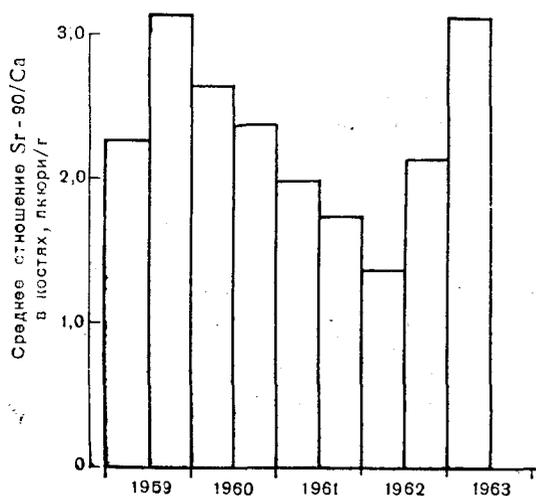


Рис. 27. Среднее отношение Sr^{90}/Ca в костях грудных детей в возрасте от 7 дней до одного года в Соединенном Королевстве (1959—1963 гг.)

96. Эта высокая скорость циркуляции будет приводить к быстрому установлению равновесия между содержанием минеральных веществ в костях и в пищевом рационе и, следовательно, обуславливать сравнительное равномерное распределение Sr^{90} по всему скелету. Это также означает, что Sr^{90} , накапливающийся в первые месяцы жизни, когда почти не наблюдается дискриминации, окажет малое, а возможно, не окажет никакого влияния на общее содержание Sr^{90} в организме на втором году жизни или позднее, когда механизм дискриминации между Sr^{90} и кальцием осуществляется таким же образом, как и в организме взрослого человека.

97. Общее влияние изменения дискриминации на облучение детей грудного возраста Sr^{90} было недавно исследовано в Соединенном Королевст-

ве, и было обнаружено, что средняя величина отношения Sr^{90}/Ca в костях в течение первого года жизни составляет 0,25—0,3 величины этого отношения в молоке [199]. Поскольку в Соединенном Королевстве величина отношения Sr^{90}/Ca в молоке близка к величине этого отношения в смешанном пищевом рационе и поскольку наблюдаемое отношение составляет для взрослых около 0,25, то эти данные свидетельствуют о том, что более низкий уровень дискриминации между Sr^{90} и кальцием в первые несколько месяцев жизни можно не принимать во внимание при оценке дозы облучения от Sr^{90} в течение годичного или большего срока. Этот вывод дополнительно подтверждается тем фактом, что среднее значение отношения между Sr^{90}/Ca в костях ребенка грудного возраста и в молоке в различных странах в 1962 году составляло 0,25, как это видно из таблицы XXI.

98. Были получены указания на то, что помимо содержащегося в пищевом рационе кальция другие его компоненты также могут влиять на дискриминацию между стронцием и кальцием [192, 196]. Однако относительно постоянное соотношение между уровнями в пищевом рационе и в костях в различных странах, как было показано в докладе 1962 года, дает основание предполагать, что практически любое такое влияние является незначительным.

99. Сведения об отношении Sr^{90}/Ca в костях человека в 1961—1963 годах обобщены в таблице XX. Большинство этих данных получено из Европы, Северной Америки и Австралии. Из Африки и Центральной Америки данных не получено. Из Южной Америки и Азии была получена весьма ограниченная информация.

100. Ввиду сильного возрастного влияния в возрастной группе 0—4 лет и различного соотношения образцов костей каждого возраста в пределах данной группы во всех случаях, где это представлялось возможным, в дополнение к сведениям о группе новорожденных и мертворожденных детей данные были распределены по пяти группам, охватывающим годичные интервалы, начиная примерно от месячного возраста и кончая пятилетним.

101. При наличии достаточно подробных сведений (Австралия, Дания, Норвегия, Польша, Соединенное Королевство) можно видеть, что значения отношения Sr^{90}/Ca в костях были максимальными либо в группе детей в возрасте от одного месяца до одного года, либо в группе детей в возрасте одного года (>12 , но <24 месяцев), причем во всех случаях значение этого отношения было на 40—50 процентов ниже у мертво- и новорожденных (рис. 25). Меньшая величина отношения Sr^{90}/Ca в костях мертво- и новорожденных объясняется дискриминацией плаценты, которая способствует переносу кальция из организма матери в зародыш примерно в два раза большим количестве, чем стронция [191, 193, 204]. В более старших возрастных группах величина отношения Sr^{90}/Ca , как это уже было видно по данным за

1957—1960 годы, постепенно уменьшается, достигая для возрастной группы старше 20—30 лет определенного уровня, что свидетельствует об исчезновении зависимости скорости циркуляции изотопа в скелете от возраста.

102. *Временные тенденции.* Полученные из Соединенного Королевства и Федеративной Республики Германии данные свидетельствуют о том, что средние уровни в организме ново- и мертворожденных детей в течение 1961 года и первого полугодия 1962 года уменьшились (рис. 26). Резкое увеличение было отмечено во втором полугодии 1962 года, когда образовавшийся во время проведенной перед этим серии испытаний Sr^{90} поступил в пищевой рацион.

103. После происшедшего в 1960 и 1961 годах снижения уровня содержания изотопов в организме детей грудного возраста и детей возрастом в один год в 1962 году вновь повысились. Основное увеличение было отмечено во втором полугодии 1962 года и в первом полугодии 1963 года, как это видно из рис. 27, основывающегося на данных, полученных из Великобритании. Однако при сравнении на годовой основе увеличение по сравнению с уровнем 1961 года, отмеченное в разных странах в 1962 году, колебалось примерно от 0 до 100 процентов (табл. XX). Максимальные групповые средние значения уровня содержания Sr^{90} в этом возрасте были отмечены в г. Нью-Йорке и в Дании, где они достигали 3,8 пкюри/г Са. Имеющиеся за 1963 год данные (Соединенные Штаты Америки, Соединенное Королевство, Советский Союз) свидетельствуют о заметном увеличении по сравнению с уровнями 1962 года отношения Sr^{90}/Ca в костях детей грудного возраста (табл. XX).

104. В возрастных группах 2—4 и 5—19 лет различное, но обычно небольшое увеличение уровней за период с 1961 по 1962 год может быть заметно в тех случаях, когда имелось достаточное количество проб (Соединенное Королевство, г. Нью-Йорк). С 1961 по 1962 год диапазон увеличения уровней колебался примерно от 0 (Канада, Япония) до 60 процентов (Сан-Хуан, Пуэрто-Рико, Соединенные Штаты Америки). Сравнение имеющихся данных показывает, что заметное по сравнению с 1962 годом увеличение произошло в возрастной группе 2—4 лет. Несколько меньшее относительное увеличение было отмечено в возрастной группе 5—19 лет, однако данных все еще недостаточно.

105. За период с 1961 по 1962 год в ряде стран (Канада, Польша, Соединенные Штаты Америки) в возрастной группе старше 20 лет произошло незначительное увеличение уровней содержания Sr^{90} , в то время как в других странах (Австралия, Япония, Соединенное Королевство) эти уровни сохранялись почти неизменными. Исходя из современных представлений о циркуляции изотопов в организме взрослого человека, следовало ожидать небольшого увеличения содержания Sr^{90} в скелете за этот период [187, 201—203, 205].

Однако биологическая изменчивость, возможная предвзятость при отборе проб и аналитические ошибки могут смазать эту тенденцию, особенно в тех случаях, когда имеется ограниченное число проб. Данных за 1963 год слишком недостаточно, чтобы они позволили сделать окончательный вывод.

106. *Распределение Sr^{90} в скелете.* В отличие от распределения в детском организме (пункт 96), распределение Sr^{90} в скелете взрослого человека не является однородным. Максимальные значения отношения Sr^{90}/Ca отмечаются преимущественно в губчатых костях (например, в теле позвоночника, ребрах), а минимальные — главным образом в плотных костях (например, в бедренных). В 1958—1959 годах была разработана процедура нормализации [206], которая позволила производить сравнение уровней концентрации Sr^{90} в различных костях. Поскольку ожидается, что коэффициенты нормализации будут изменяться со временем, использование одних и тех же значений на протяжении продолжительных отрезков времени не представляется оправданным. Ввиду этих изменений в таблице XX приводятся первоначальные значения отношения Sr^{90}/Ca в костях взрослого человека с указанием на тип анализируемой кости. По этой же причине сравнение значений отношения Sr^{90}/Ca в костях взрослого человека будет производиться лишь для позвоночника и в тех случаях, когда имеется достаточно большое число проб.

107. *Изменение содержания Sr^{90} в зависимости от географического положения.* Средние уровни содержания Sr^{90} в костях людей из различных районов таких крупных стран, как, например, Советский Союз (девять районов европейской и азиатской частей страны) [399] и Соединенные Штаты Америки (города Нью-Йорк, Сан-Франциско и Чикаго) [320, 321, 322], не отличаются от общего среднего уровня содержания более чем в два раза. В 1961 году средняя концентрация Sr^{90} в позвоночнике взрослых, проживающих в северном полушарии (невзвешенные арифметические средние приводятся в табл. XX), составляла 0,8 пкюри/г Са по сравнению с 0,6 у взрослых, проживающих в Австралии. В 1962 году соответствующие значения составляли 1,0 и 0,6 пкюри/г Са, хотя они и не подлежат прямому сравнению, поскольку образцы костей в северном полушарии не всегда отбирались в одних и тех же районах. Тем не менее эти данные показывают, что уровень содержания Sr^{90} в костях взрослых в Австралии ниже соответствующих значений для северного полушария (главным образом для широтной полосы 30—60° с. ш.).

108. Подобное положение наблюдается и для костей детей. Арифметические средние^e для северного полушария в возрастной группе 0—1 год в 1961 и 1962 годах составляли 1,7 и 2,4 пкюри/г Са соответственно. В Австралии значения соответ-

^e Исключая местности, в которых было измерено менее 5 образцов.

ствующих величин составляли 1,1 и 1,4 пкюри/г Са. Как это уже было отмечено в отношении молока, разница в уровнях содержания Sr^{90} в костях в Австралии и в северной умеренной зоне намного меньше, чем соответствующая разница в скорости выпадения и в суммарном отложении Sr^{90} .

109. Сравнение уровней содержания Sr^{90} в пищевом рационе и в костях говорит в пользу метода расчета ожидаемых доз, получаемых при потреблении пищевых рационов различного типа. Вопрос о том, в какой степени данные по содержанию Sr^{90} в пищевом рационе и костях детей грудного возраста подтверждают принятое значение наблюдаемого отношения (0,25), рассматривался в пункте 97 настоящего приложения.

110. Для расчета значения наблюдаемого отношения нельзя проводить прямое сравнение значений отношения Sr^{90}/Ca в костях взрослых и в соответствующем пищевом рационе, поскольку скелет взрослого человека не находится в равновесии с пищевым рационом. Однако степень достоверности оценок содержания Sr^{90} и кальция в пищевом рационе может быть установлена путем сравнения значений отношения Sr^{90}/Ca в пищевом рационе с соответствующими оценками отношения Sr^{90}/Ca в костях взрослых. Такие сравнительные данные приводятся в таблице XXII. Несмотря на различия в уровнях содержания Sr^{90} и кальция в пищевом рационе и в методах расчета, приведенные в этой таблице значения довольно постоянны. Исходя из этого можно заключить, что данные о содержании Sr^{90} и кальция в пищевом рационе, приведенные в таблице XVIII, являются удовлетворительной основой для расчета ожидаемых доз. Кроме того, значения, наблюдаемые в 1961—1963 годах, близки к значениям, рассчитанным по скорости выпадения и отложению Sr^{90} , с учетом коэффициентов пропорциональности для пищевых рационов различного типа, использованных в докладе 1962 года.

ЦЕЗИЙ-137

Механизмы пищевой цепочки

111. Во время опубликования доклада 1962 года о механизмах, посредством которых Cs^{137} перемещается по пищевой цепочке в организм человека, имелись лишь ограниченные количественные сведения. Полагали, что концентрация этого продукта распада в молоке зависит главным образом от существующей на данный момент скорости выпадения радиоактивных осадков в результате прямого осаждения осколков деления на растения и последующего поглощения их листвой и стеблями. Исходя из картины уровней содержания Cs^{137} в организме человека в течение 1959—1961 годов, было высказано предположение, что уровни содержания Cs^{137} в полном пищевом рационе, так же как и в организме человека, определяются существующей скоростью выпадения радиоактивных осадков [207]. Эта точка зрения была подтверждена наблюдениями, показывающими весьма ограниченное поглощение корнями растений атомов цезия, которые, смешавшись с минеральными

веществами почвы, постепенно и почти необратимо связываются глинами [208, 209].

112. Однако значения концентрации Cs^{137} в молоке не определяется во всех случаях существующими значениями скорости выпадения. В некоторых районах уровни содержания Cs^{137} в молоке оставались в 1960 и 1961 годах более высокими, чем этого следовало бы ожидать в случае их пропорциональности наличному отложению, которое в течение этого периода значительно уменьшилось [212, 213]. Отношение концентрации Cs^{137} и Sr^{90} в молоке в Скандинавии в течение 1958—1960 годов сохранялось почти постоянным [214]. Поскольку уровни содержания Cs^{137} в молоке вследствие быстрой циркуляции цезия в организме коров сравнительно точно определяются действительным заражением фуража [215], постоянство отношений можно объяснить лишь на основе предположения, что, как и в случае со Sr^{90} , поглощение ранее выпавшего Cs^{137} играет существенную роль среди механизмов, обуславливающих перенос Cs^{137} в молоко.

113. Мнение о том, что цезий почти полностью фиксируется во всех типах почв, было опровергнуто Фредериксоном [217], исследовавшим целый ряд тропических почв Южной Америки; для почв с низким содержанием слюдястых глин не было обнаружено никаких доказательств заметного связывания цезия. Высокое содержание органических веществ в почве может способствовать поглощению цезия растениями [218]. Поэтому было высказано предположение, что на некоторых постоянных пастбищах высокое содержание органических веществ в верхнем слое почвы может явиться причиной уменьшения связывания Cs^{137} глинами, продлевающего таким образом его доступность для корней растений. Содержание калия в почве также является важным фактором, причем поглощение будет наибольшим в том случае, когда концентрация этого иона в почве мала [208].

114. Связь между концентрацией Cs^{137} в молоке и характером выпадения изменяется для различных районов, находясь в зависимости не только от характеристик почв и от того, в какой степени выпадающий осадок удерживается растительностью, но также и от той доли пищевого рациона животных, которая приходится на концентрированные корма, зерно или сено, произведенные в предыдущем году. В Соединенном Королевстве было обнаружено, что средняя по стране концентрация Cs^{137} в молоке в течение любого данного года может быть увязана с отложением Cs^{137} в течение текущего и предыдущих двух лет [219]. Эта связь может быть выражена следующей эмпирической формулой:

$$C = p_r' F_r + p_{2c}' F_{2c},$$

где: C — средняя по стране концентрация Cs^{137} в молоке в течение данного года, в пкюри/л,

F_r — скорость выпадения Cs^{137} в течение данного года, в мкюри/км²,

F_{2c} — общее содержание Cs^{137} , накопившегося в течение предыдущих двух лет, в мкюри/км²,

p_r и p_{2c} — коэффициенты пропорциональности для количества Cs^{137} , выпадающего в течение текущего года, и полного отложения в течение предыдущих двух лет, в (пкюри/л)/(мкюри/км²).

Было подсчитано, что средние по стране значения p_r и p_{2c} составляют 3,6 и 0,65 соответственно, и примерно такие же значения были получены на ряде станций Соединенных Штатов Америки в результате исследования средних уровней содержания Cs^{137} в молоке. Влияние климатических и сельскохозяйственных факторов на величину коэффициентов пропорциональности было, однако, доказано путем сравнения районов с большим и малым количеством выпадающих атмосферных осадков в Соединенном Королевстве. Ожидаемые уровни содержания Cs^{137} в молоке, рассчитанные на этой основе, находились в тесном согласии с наблюдаемыми величинами, в то время как это согласие было меньшим в случае использования общей накопленной на единицу поверхности активности Cs^{137} вместо количества выпадений в течение двух предыдущих лет.

115. Было найдено, что в отношении Швеции применим в основном подобный метод анализа, однако значения обоих коэффициентов пропорциональности были выше, а соотношение между наблюдаемыми и рассчитанными значениями несколько лучше в случае использования для расчета второго коэффициента пропорциональности количества осадка, выпавшего только за предыдущий год [266].

116. Связь между месячными уровнями содержания Cs^{137} в молоке и его недавним выпадением исследовалась на среднем западе Соединенных Штатов Америки [220]. Была обнаружена хорошая корреляция между концентрацией Cs^{137} в молоке в течение любого одного месяца пастбищного сезона и количеством осадка, накопившегося за предыдущие четыре месяца; точно так же для времен года, в течение которых животных кормят запасенным фуражом, была установлена связь с количеством осадка, выпавшим за период произрастания кормовых растений. Эти результаты не противоречат уравнению, приведенному в пункте 114, поскольку малое по сравнению со значением p_r значение p_{2c} соответствует уровням содержания Cs^{137} в молоке, которые в основном определяются количеством недавно выпавшего радиоактивного осадка. Выяснилось, что в Аргентине доля Cs^{137} , накопленного в течение предыдущего года, чрезвычайно мала, поскольку было установлено наличие тесной линейной связи между уровнями содержания Cs^{137} в молоке и в дождевой воде в течение 1960—1963 годов [394].

Уровни содержания цезия-137 в продуктах питания

117. Значения концентрации Cs^{137} в молоке в 1961 году были в общем несколько ниже значений, наблюдавшихся в 1960 году. Уровни содер-

жения этого изотопа в северном полушарии в течение весны 1962 года резко возросли (табл. XXIII), а среднегодовые значения концентрации в том же году были в три раза выше, чем в 1961 году. Подобные данные указывают на то, что в 1963 году по сравнению с 1962 годом среднегодовые значения концентрации снова удвоились. В южном полушарии (Аргентина) уровень содержания Cs^{137} в молоке в течение 1960—1962 годов возрос лишь незначительно, причем абсолютные значения были ниже значений для северного полушария.

118. Значительное внимание было уделено положению, имеющему место в некоторых арктических районах, в которых уровни содержания Cs^{137} в пищевых продуктах и в организме человека могут превышать среднее значение для северных умеренных широт более чем в сто раз [178, 225, 226, 243, 244, 368—372, 398]. Наблюдаемое явление приписывается как факторам, связанным с пищевым рационом, так и местным условиям, которые способствуют увеличению переноса Cs^{137} через пищевые цепочки. Наиболее разительными в этом отношении являются высокие уровни содержания Cs^{137} в лишайниках и в другой местной растительности, которой питаются северные олени и олени карibu. Эти высокие уровни объясняются не чрезвычайно высокими скоростями выпадения, а накоплением Cs^{137} в этих медленно растущих растениях [177, 227, 229, 398]. В северных частях Европы и Азии максимальное содержание Cs^{137} в организме было найдено у оленеводов, для которых оленина составляет основную часть пищевого рациона. В Северной Америке подобная картина наблюдается среди эскимосов, которые потребляют мясо карibu в больших количествах. Значительные колебания в поглощении Cs^{137} с пищевым рационом наблюдаются в этих районах в основном вследствие различных режимов питания, и поэтому установить количество лиц, облученных до максимального уровня, невозможно. Однако группы оленеводов в Финляндии, Норвегии и Швеции являются лишь небольшой частью от общего числа лопарей, составляющего около 35 000 человек.

119. В субарктических районах этих стран также проживает значительное число нелопарей, поглощение Cs^{137} которыми значительно выше, чем в среднем по стране. Уровни содержания Cs^{137} в пищевом рационе, значительно превышающие средние значения, также наблюдались на Фарерских островах [98, 179], на западном побережье Норвегии [222, 223, 224] и в очень небольших районах других стран. Это вызывается высокими уровнями содержания Cs^{137} в растительном покрове пастбищ для выпаса скота.

Метаболизм цезия в организме человека

120. Несмотря на то что удержание однократного введения Cs^{137} лучше всего описывается уравнением с двумя экспоненциальными членами, на один из этих членов, имеющий короткий период полураспада, приходится лишь незначительная

доля дозы облучения, и поэтому им можно пренебречь [230, 232]. Можно рассчитать, что биологический период полувыведения долго удерживающегося в организме компонента, определенный для явно нормальных взрослых людей при помощи метода обчета всего организма, составляет в среднем около 100 дней (табл. XXV). Поглощение меченых атомов цезия из желудочно-кишечного тракта организмом человека близко к 100 процентам [231, 233].

121. В результате проведения двух исследований биологического периода полувыведения цезия из организма детей [226, 234] были получены значения, составляющие около 44 и 38 дней, что таким образом, по крайней мере частично, объясняет более низкие значения концентрации $Cs^{137}/гК$ и $Cs^{137}/кг$ веса тела для детей, чем для взрослых. Сведения о скорости циркуляции цезия в раннем детстве ограничиваются двумя исследованиями, в результате которых для четырех изученных случаев были получены значения периода полувыведения из организма, равные 9,6, 6,6 [234], 21 и 25 дням [375].

122. В докладе 1962 года было принято, что концентрация Cs^{137} на грамм свежей костной ткани была в 2,2 раза больше концентрации Cs^{137} в мышечных тканях. Дальнейшие исследования [236, 240] не подтвердили наличия этой разницы.

Наблюдаемые уровни содержания Cs^{137} в организме человека

123. Интенсивные исследования показали [235], что концентрация $Cs^{137}/кг$ веса тела примерно на 50 процентов выше для мужчин, чем для женщин. Это, по-видимому, объясняется более высоким средним содержанием жировых тканей в женском организме. Известно, что концентрации калия и цезия в этих тканях очень низки по сравнению с их содержанием в мышечных тканях, паренхиматозных органах и т. д. Значения уровней содержания Cs^{137} в организме мужчин, выраженные в пкюри/гК, только на 10—15 процентов выше, чем в организме женщин.

124. Все имеющиеся данные об уровнях содержания Cs^{137} в организме человека сведены в таблице XXVI. Приведенные в ней величины выражены в пкюри/гК по следующим причинам:

а) возрастные и половые различия являются минимальными [235]. Это имеет значение в том случае, когда соотношение полов и возрастной состав исследуемой группы неизвестны;

б) значения величин тесно коррелируют с концентрацией Cs^{137} на единицу массы тела без жира, которая для дозиметрических целей, по-видимому, является более важным параметром, чем масса всего тела.

При использовании отношения $Cs^{137}/гК$, естественно, не следует полагать, что метаболизм этих элементов связан между собой так же тесно, как и метаболизм кальция и стронция.

125. Как показано в таблице XXVI и на рисунке 28, уровни в различных районах северного полушария чрезвычайно близки, за исключением сравнительно изолированных и слабонаселенных субарктических районов и прибрежных районов Норвегии (см. пункты 118—119). Региональные различия в пределах отдельных стран описаны недостаточно, за исключением проведенного в Соединенных Штатах исследования Андерсона и др. [220], которые показали лишь незначительные колебания уровней содержания Cs^{137} в организме для районов с весьма различными скоростями отложения и уровнями содержания Cs^{137} в молоке [164].

126. После максимального значения в 1959 и 1960 годах содержание Cs^{137} в организме человека в конце 1961 года упало до минимального и затем в первой половине 1962 года начало возрастать, отражая увеличение скоростей выпадения и уровней содержания в пищевом рационе в течение 1962 и 1963 годов. В тех районах северного полушария, где обследования производились систематически, уровни содержания в конце 1963 года были в 2—4 раза больше, чем средние уровни в 1961 году.

127. Данные, поступившие с Дальнего и Среднего Востока и из района Тихого океана, слишком скудны, чтобы позволить проведение имеющего какой-либо смысл сравнения с северной умеренной зоной. Немногочисленные данные, поступившие из Японии, собранные при помощи метода обчета всего организма [241, 242], дали более низкие значения, чем для Европы и Северной Америки. Это наблюдение находится в согласии с соответствующими колебаниями средних значений поглощения Cs^{137} , приведенных в таблице XXIV. В южном полушарии данные имеются только для Австралии [317]. В конце 1961 года и начале 1962 года уровни были довольно близки к уровням, наблюдаемым в северной умеренной зоне. Однако в 1963 году и в начале 1964 года имело место лишь очень незначительное увеличение, и, таким образом, уровни содержания Cs^{137} в организме для Австралии были в 3—6 раз ниже, чем уровни, наблюдавшиеся в это же время в северном полушарии.

128. Как уже отмечалось и рассматривалось в пункте 118, в некоторых районах наблюдались исключительно высокие уровни содержания Cs^{137} в пищевых продуктах и в организме человека. Для некоторых групп финских и шведских лопарей [226, 243, 244] средние значения содержания Cs^{137} в организме в 1961 году достигли уровня в 40—60 раз большего, чем среднее значение для северных районов умеренного климата, причем значения концентрации в организме у отдельных лиц превышали средние значения почти в 150 раз. Средние уровни для групп, имеющих различные профессии и пищевые режимы, были в основном пропорциональны их рассчитанному поглощению Cs^{137} , которое, в свою очередь, зависело главным образом от потребления оленины, чрезвычайно зараженной Cs^{137} . Было рассчитано

[226], а позднее подтверждено прямыми измерениями [178], что вследствие более высокого потребления мяса в течение зимы уровни содержания Cs^{137} в организме лопарей-оленьеводов в течение весны 1962 года должны были бы удвоиться даже без дальнейшего заражения окружающей среды. Относительно высокое содержание Cs^{137} в организме было обнаружено в 1962 году у эскимосов Аляски [225], для одной из групп которых оно составило в среднем 3000 пкюри/гК. Среднее увеличение отношения Cs^{137}/K в организме шведских лопарей, проживающих в Йоккмокке, за период с апреля 1962 года по апрель 1963 года достигло примерно 30—40 процентов [371]. Подобное увеличение наблюдалось у эскимосов Аляски в течение летних периодов 1962—1963 годов [368]. В начале 1964 года содержание Cs^{137} в организме для одной из групп лопарей достигло среднего уровня в 7000 пкюри/гК [369], а для отдельных лиц, проживающих в субарктических районах, полное содержание Cs^{137} в организме в 1963—1964 годах превысило значение, равное 3,5 мкюри Cs^{137} (табл. XXVI) [398].

129. Значения, промежуточные между значениями для субарктических районов и средними значениями для северной умеренной зоны, наблюдались в других районах Скандинавии. Так, например, в первых кварталах 1961 [222] и 1963 годов для Бергена были получены значения, равные 480 и 332 пкюри/гК. В Масфьордене [222], где большая часть потребляемых пищевых продуктов имеет местное происхождение, средняя концентрация в 1963 году составила примерно 1400 пкюри/гК. Уровни в Осло [224] в 1961, 1963 и 1964 годах были более низкими, но все же в 2—3 раза большими, чем в других местностях Центральной и Западной Европы, а также на континенте Соединенных Штатов Америки.

Зависимость между содержанием цезия-137 в радиоактивных осадках и продуктах питания и его содержанием в организме человека

130. Вследствие того что период полувыведения цезия из организма человека составляет величину порядка 100 дней (табл. XXV), изменения в поглощении его с пищевым рационом довольно быстро отражаются на уровне содержания этого радиоактивного изотопа в организме человека. Для того чтобы получить лучшее соответствие между наблюдаемым и предсказываемым содержанием Cs^{137} в организме человека, необходимы более подробные сведения о поглощении этого радиоактивного изотопа в течение коротких интервалов. В целом, однако, такая информация отсутствует, и поэтому для изучения корреляции между уровнями содержания в пищевом рационе или типом выпадения и концентрацией в организме человека неизбежно приходится пользоваться средними уровнями, наблюдавшимися в течение более продолжительных отрезков времени, например в течение года.

131. Но даже в данном случае следует принимать во внимание отставание значений содержа-

ния Cs^{137} в организме человека от его содержания в пищевом рационе. При делении среднегодовых значений уровней содержания Cs^{137} в организме человека (штат Нью-Мексико) [220] на определенные на двенадцатимесячной основе средние значения содержания в молоке наиболее постоянное отношение получается тогда, когда допускается девятимесячное отставание (например, средние значения содержания Cs^{137} в организме человека в течение января—декабря 1961 года сравниваются со средними значениями содержания в молоке, рассчитанными за период с марта 1960 года по март 1961 года).

132. Эмпирическая зависимость между уровнями содержания Cs^{137} в организме человека и характером радиоактивного выпадения, подобная зависимости, обнаруженной для молока в Соединенном Королевстве (пункт 114), была выявлена Барлетом и Мерсером, использовавшими данные, полученные из Беркшира (Соединенное Королевство) [219]. Соответствие между наблюдаемыми и предсказываемыми значениями было более близким, чем в том случае, когда предполагалось наличие пропорциональности между текущим годовым выпадением и накопленным отложением Cs^{137} .

133. Как было указано в пункте 125 и показано на рисунке 28, значения концентрации Cs^{137} в организме человека в северной умеренной зоне (30—60° северной широты), за исключением Норвегии, где действуют особые экологические условия, являются очень близкими, вероятно вследствие интенсивного перераспределения рыночных продуктов питания внутри большинства этих стран, а также между ними. Поскольку выпадение максимально в северной умеренной зоне в районе 30—60° северной широты, по-видимому, вполне разумно предположить, что, помимо особых случаев, указанных в пунктах 118—119, 128—129 и охватывающих лишь небольшую часть населения мира, уровни содержания Cs^{137} в организме человека в этой широтной полосе являются верхним пределом ожидаемого действительного среднего мирового значения.

134. Вследствие равномерного географического распределения в широтной полосе 30—60° северной широты уровней содержания Cs^{137} в организме человека среднее значение отложения Cs^{137} в этой полосе, рассчитанное по отложению Sr^{90} в течение 1953—1963 годов [104, 180], будет использоваться в настоящем документе для расчета эмпирического соотношения между количеством радиоактивных осадков и содержанием радиоактивных веществ в организме человека. При этом будет принято, что среднегодовое содержание радиоактивных веществ в организме человека прямо пропорционально наличному количеству выпадающих радиоактивных осадков и их количеству, выпавшему в течение двух предыдущих лет. Это соотношение может быть выражено следующей формулой:

$$Q = P_r F_r + P_{2c} F_{2c},$$

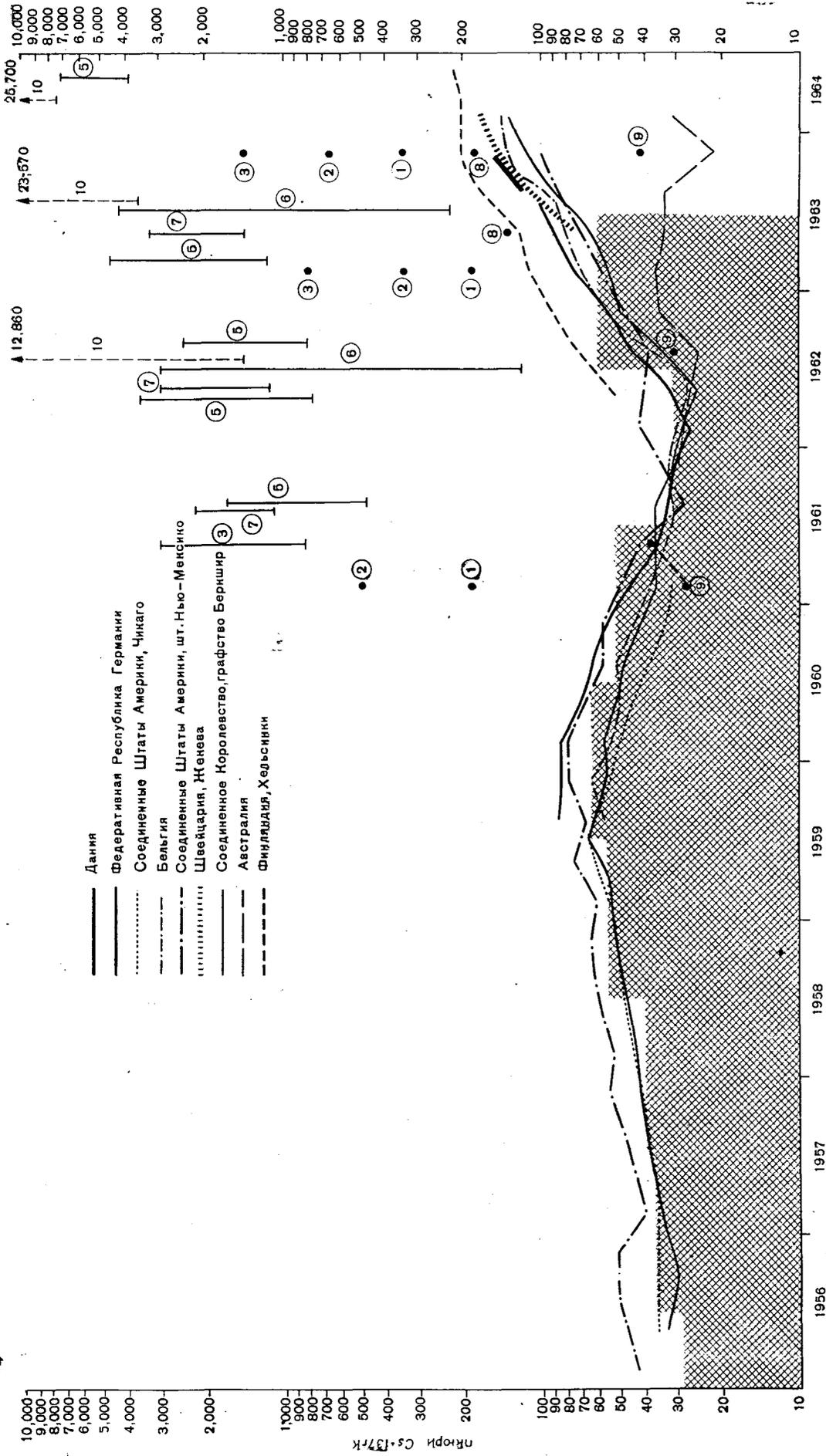


Рис. 2А. Уровни содержания цезия 137 в организме человека с 1956 по начало 1964 года

- 1. Норвегия (жители Осло)
 - 2. Норвегия (жители Бергена)
 - 3. Норвегия (жители Масфьордена)
 - 4. Норвегия (западное побережье)
 - 5. Диапазон величин, отмеченный у различных групп финских лопарей
 - 6. Диапазон величин, отмеченный у различных групп эскимосов, проживающих на Аляске
 - 7. Диапазон величин, отмеченный у различных групп шведских лопарей
 - 8. Польша, г. Лодзь
 - 9. Япония
 - 10. Диапазон величин, отмеченный у отдельных оленеводов на крайнем севере Советского Союза
- Затененный участок отражает среднегодовые величины, рассчитанные по формуле, рассматриваемой в пункте 135, с использованием средних коэффициентов пропорциональности P_1 и P_2 , приведенных в табл. XXVII

где: Q — среднегодовая концентрация Cs^{137} в организме человека, в пкюри $Cs^{137}/гК$,
 F_r — скорость выпадения Cs^{137} в течение данного двенадцатимесячного периода, в мкюри/км²,
 F_{2c} — общее количество Cs^{137} , отложившегося в течение двух предыдущих лет, в мкюри/км²,
 P_r и P_{2c} — коэффициенты пропорциональности, в (пкюри $Cs^{137}/гК$)/(мкюри/км²).

135. Значения коэффициентов пропорциональности P_r и P_{2c} , рассчитанные для Бельгии, Федеративной Республики Германии, Беркшира (Соединенное Королевство) и штата Нью-Мексико (Соединенные Штаты Америки), приводятся в таблице XXVII. В случае использования для расчета средних значений концентрации Cs^{137} в организме человека для широтной полосы 30—60° северной широты средних значений коэффициентов (арифметических средних местных коэффициентов) эти величины соответствуют наблюдаемым значениям, как видно из рисунка 28, на котором наблюдаемые значения не отличаются от предсказываемых средних значений более чем примерно на ±20—30 процентов. Когда же средние годовые значения концентрации Cs^{137} в организме человека линейно связываются либо только с наблюдаемой скоростью выпадения осадков, либо как с наблюдаемой скоростью, так и с общим суммарным накоплением, тогда согласие между предсказанными на основе этого соотношения и наблюдаемыми значениями является очень плохим.

ИОД-131

Содержание йода-131 в пищевых продуктах

136. В конце 1961 года и в середине 1962 года наличие J^{131} было обнаружено в воздухе, в дождевых осадках и в молоке. Уровень его содержания резко возрос в сентябре и октябре 1961 года, а в январе 1962 года упал до пределов, доступных для обнаружения. Вторично максимальное значение наблюдалось в большинстве стран в период с августа по декабрь 1962 года [97, 168, 169, 245—249]. Однако в южной части Италии, климатические условия которой в отличие от Центральной и Северной Европы позволяют вести и зимний выпас скота, J^{131} был обнаружен даже в феврале 1963 года [247]. Типичные профили концентрации J^{131} в молоке для ряда стран Европы и Северной Америки, а также для Японии представлены на рисунках 29—31.

137. Подробные сообщения о содержании J^{131} в молоке в 1961 году поступили лишь из двенадцати стран северного полушария, а в 1962 году — из четырнадцати стран (табл. XXX). Значения этих величин выражены в пкюри/день/л (пикокюри × дни на литр), то есть в виде суммированной по времени концентрации. Присутствие J^{131} в южном полушарии в 1961 году не было обнаружено, но в 1962 году он был замечен (Аргентина, Австралия). Эти данные указывают на то, что уровни содержания J^{131} в молоке в Австралии были в 10, а в

Аргентине в 2—3 раза меньше наблюдаемых в северной умеренной зоне. Следует отметить, что средние значения концентрации J^{131} в молоке для различных стран, находящихся даже на одинаковых географических широтах, отличаются друг от друга в 3—4 раза. В пределах таких больших государств, как Соединенные Штаты Америки, среднегодовые значения концентрации, полученные в различных районах, различаются в 10 раз [164]. Легко понять, что выпадение короткоживущих изотопов с радиоактивными осадками в большей степени зависит от переменных метеорологических условий в течение коротких отрезков времени, чем выпадение таких долгоживущих продуктов деления, как Cs^{137} и Sr^{90} .

138. В штате Юта (Соединенные Штаты Америки) высокие значения концентрации J^{131} в молоке отмечались в течение нескольких недель начиная с 12 июля 1962 года [250]. Исходя из предположения, что ежедневное потребление молока составляет один литр, было подсчитано, что среднее полное поглощение J^{131} в течение этого периода составило 58 000 пкюри при максимуме, достигающем 800 000 пкюри. Существующие факты [251—253] указывают на то, что местное выпадение в результате испытательных взрывов на соседнем полигоне в штате Невада является источником интенсивного заражения пастбищ J^{131} .

139. Было установлено, что для городского населения Соединенного Королевства и Соединенных Штатов Америки главным средством переноса J^{131} в организм является потребление молока и свежих молочных продуктов (например, творога), причем роль, которую играет потребление других пищевых продуктов, можно не принимать во внимание [248, 249, 254]. Лишь несколько процентов измеренного содержания J^{131} в щитовидной железе может быть обусловлено вдыханием J^{131} , содержащегося в воздухе, если только это имеет место в действительности.

140. Однако в Японии вследствие особенностей пищевого режима (среднее потребление молока на душу взрослого населения составляет лишь 0,05 л/день) основной вклад J^{131} приходится на потребление свежих листовых овощей [255]. Было подсчитано, что в 1961 году максимально возможное поглощение с воздухом и молоком может обуславливать соответственно 27 и 12 процентов J^{131} , обнаруженного в щитовидной железе у японцев, причем остальная его часть поступает с овощами. Было также показано, что в Германии потребление необработанной питьевой воды из цистерн может существенно увеличивать поглощение J^{131} в периоды выпадения свежих радиоактивных осадков [256].

Содержание йода-131 в щитовидной железе человека

141. Концентрация J^{131} в щитовидной железе может быть определена у живых людей или *post mortem*, а также может быть вычислена косвенно по уровням зараженности пищевых

продуктов. Различные методы расчета были рассмотрены Айзенбадом и др. [249].

142. При помощи измерения радиоактивности *in vitro* методом обсчета щитовидной железы, взятой при обследованиях *post mortem*, производилось обследование пациентов в больницах и жертв несчастных случаев, умерших в течение периода, когда в молоке был обнаружен J^{131} [248, 255, 256]. Результаты измерений *in vitro* представлены в таблице XXVIII. Вывод, к которому пришли Айзенбад и др. [249], заключается в том, что пациенты больниц, вероятнее всего по соображениям, связанным с пищевым рационом, не характеризуют населения в целом. С дру-

630 пкюри/г ее веса. Учитывая зависимость веса щитовидной железы от возраста, потребления молока и поглощения J^{131} железой, было подсчитано, что наиболее критическим возрастом после рождения с точки зрения мощности дозы является возраст примерно в 7 месяцев [257] или же возраст в интервале от 6 месяцев до 2 лет [258].

144. Для измерения *in vivo* содержания J^{131} в щитовидной железе человека были разработаны и использованы чувствительные спектрометрические методы регистрации гамма-излучения малой интенсивности [259, 260]. Результаты измерений показали наличие резких индивидуальных колебаний уровней содержания J^{131} в щитовидной железе человека, вследствие чего для получения результатов, имеющих значение для всего населения, должно быть исследовано большое число соответствующим образом отобранных представителей различных возрастных групп. Это вряд ли возможно в условиях быстро изменяющегося выпадения. По сравнению с измерениями *in vitro* дополнительная неопределенность при оценке дозы вносится геометрическими факторами (детектор—железа), которые имеют критическое значение для этого типа измерений, а также отсутствием данных о весе отдельных экземпляров щитовидной железы. Значения уровней содержания J^{131} в щитовидной железе, полученные по этому методу в Федеративной Республике Германии, Нью-Йорке, Бостоне и в штате Юта, приводятся в таблице XXIX.

145. Косвенная оценка содержания J^{131} в щитовидной железе может быть произведена при наличии достаточно типичного и частого отбора проб молока [249, 261]. Средняя доза облучения может быть рассчитана в том случае, если известны следующие факторы:

- среднее потребление молока в различных возрастных группах населения;
- поглощение йода щитовидной железой в зависимости от возраста;
- масса щитовидной железы в зависимости от возраста;
- биологический период полувыведения J^{131} из щитовидной железы.

Данные о среднем общем поглощении J^{131} с молоком в различных странах в 1961 и 1962 годах при ежедневном потреблении его, равном одному литру, приводятся в колонках 3 и 4 таблицы XXX. Общее поглощение для любой данной группы населения может быть определено путем умножения этих значений на среднее дневное потребление молока в литрах. Поскольку данные о потреблении молока по конкретным возрастным группам отсутствуют, можно предположить, что среднее потребление молока детьми грудного и младшего возраста составляет примерно 0,7 литра в день. Из-за отсутствия достаточных данных никакого предположения о потреблении молока взрослыми сделать нельзя, хотя можно утверждать, что

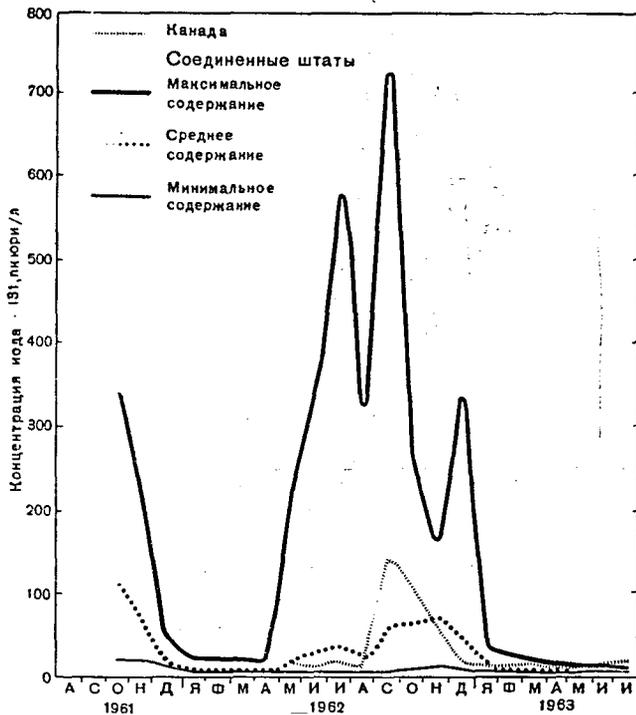


Рис. 29. Содержание йода-131 в молоке в Северной Америке за 1961—1963 годы [245]

гой стороны, на результаты, полученные при обследовании жертв несчастных случаев, по-видимому, влияют социально-экономические факторы, как это видно из сравнения этих данных с результатами измерения активности *in vivo* у лиц, потребление молока которыми контролировалось. Это исследование показало, что результаты, полученные путем обсчета *in vitro* жертв несчастных случаев, могут привести к значительному занижению концентрации по сравнению со средними для всего населения предполагаемыми значениями, полученными на основе данных о потреблении молока.

143. Измерения, произведенные у зародышей, находящихся на различных стадиях утробной жизни [249], показали, что удельная активность в щитовидной железе зародыша была выше, чем в щитовидной железе матери, в 1,3—8,2 раза (по результатам 5 измерений). В щитовидной железе 12-недельного зародыша концентрация достигала

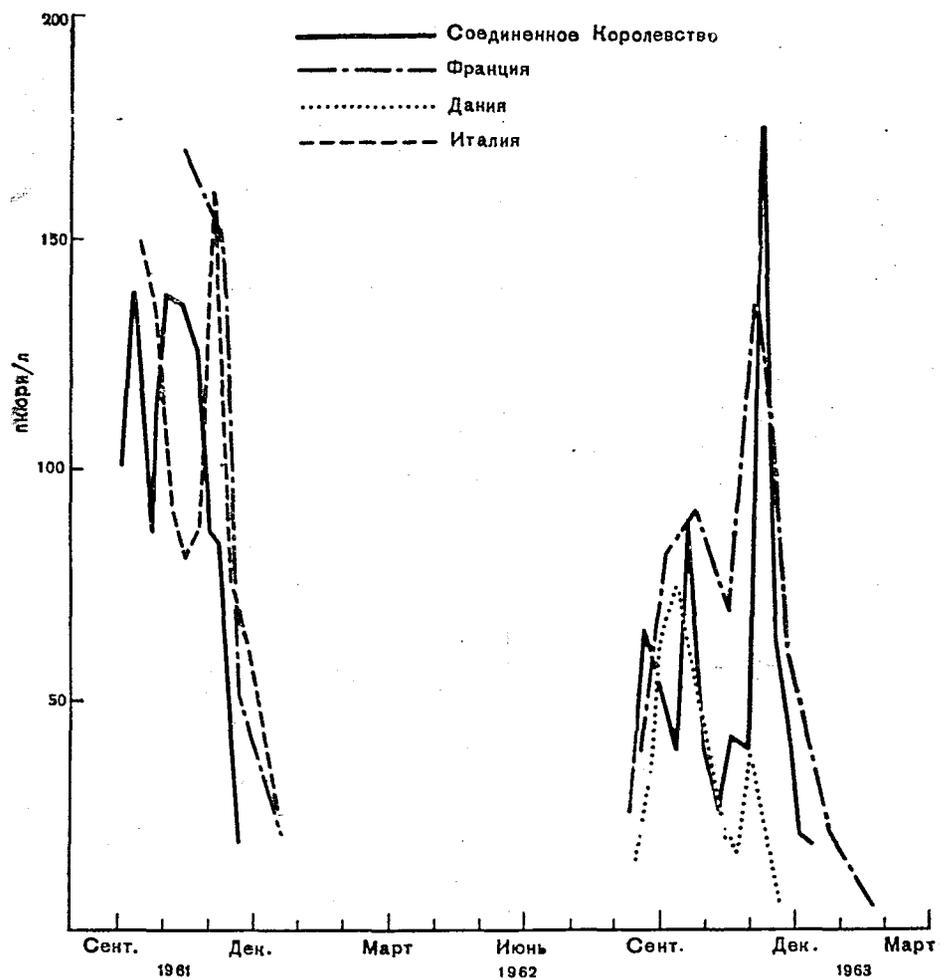


Рис. 30. Содержание йода-131 в молоке в некоторых европейских странах (1961—1963 гг.)

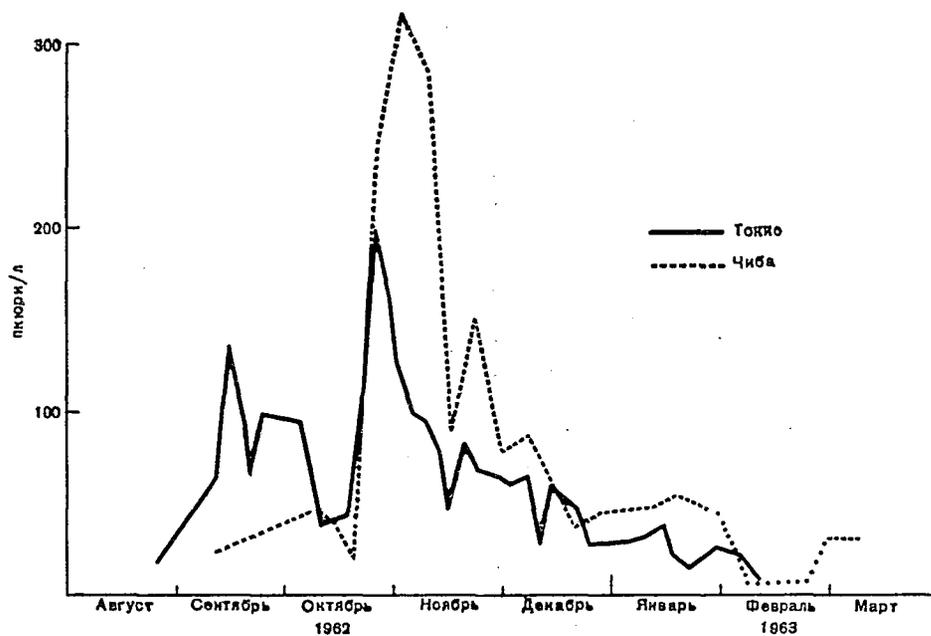


Рис. 31. Содержание йода-131 в молоке в Японии в 1962—1963 годах

поглощение ими J^{131} в общем намного ниже, чем детьми.

146. Метод расчета, основанный на данных об уровнях содержания J^{131} в молоке, по-видимому, является наиболее удовлетворительным способом оценки дозы облучения щитовидной железы для различных групп населения. Более того, он применим и при отсутствии результатов прямого измерения содержания J^{131} в щитовидной железе человека.

IV. Дозы от допустимых внешних и внутренних заражений в зависимости от распределения радиоактивных осадков и населения

147. Для целей настоящего доклада «ожидаемая доза» определяется как интеграл по бесконечному времени средней получаемой данной тканью мощности дозы для населения всего мира в результате конкретных условий, например данной серии ядерных взрывов. Действительное облучение может иметь место в течение многих лет после возникновения его источника, и ему могут подвергаться лица, родившиеся уже после образования его источника. Если исходить из линейной зависимости между дозой и эффектом при отсутствии порога дозы и связи между мощностью дозы и эффектом, а также если предположить, что численность населения остается постоянной, тогда предполагаемое количество отдаленных соматических повреждений и наследственных заболеваний должно быть одинаковым как в условиях получения данной дозы облучения, так и в условиях, при которых все члены этой популяции получили бы мгновенную дозу такой же величины.

148. Поскольку в настоящем докладе нас интересует среднее значение доз, получаемых населением, необходимо взвесить среднее отложение радиоактивных осадков в соответствии с распределением населения. Удобнее определить коэффициент населения Z , рассчитываемый по уравнению:

$$\bar{F}_N = Z \times \bar{F}_A,$$

где \bar{F}_A — среднее отложение в рассматриваемом районе, а \bar{F}_N — среднее отложение, взвешенное по населению, проживающему в этом же районе. \bar{F}_N рассчитывается по следующей формуле:

$$\bar{F}_N = \frac{\sum N_i F_i}{\sum N_i}.$$

Коэффициент населения Z может быть рассчитан для всего мира, для одного полушария или для любого другого представляющего интерес местного района.

149. Коэффициент населения может быть выражен в виде суммы нескольких парциальных коэффициентов населения. Например, вследствие разбивки одного района на три более мелких появляются три парциальных коэффициента:

$$Z = Z_1 + Z_2 + Z_3.$$

Z_1 определяется по формуле $Z_1 = \frac{\sum N_a F_a}{F_a (N_1 + N_2 + N_3)}$, в которой суммирование производится по району 1. Для двух других коэффициентов, Z_2 и Z_3 , суммирование производится по районам 2 и 3 соответственно. Для расчета ожидаемой дозы внутреннего облучения от Sr^{90} мир делится на три района в соответствии с тремя основными типами пищевого рациона, причем используются также три парциальных коэффициента населения.

150. Значение местного отложения F_i значительно колеблется в зависимости от района, и эти колебания могут быть отражены «географическим коэффициентом» G_i , определяемым по формуле:

$$G_i = F_i / \bar{F}_a,$$

где \bar{F}_a — среднее глобальное отложение. Такой коэффициент может быть использован для расчета доз в отдельных районах. В докладе 1962 года была приведена кривая, показывающая изменение G_i в зависимости от географической широты. Интересно отметить, что среднее глобальное значение местного географического коэффициента G_i , взвешенное по населению, равно глобальному коэффициенту населения Z .

151. Поскольку около 90 процентов населения земного шара проживает в северном полушарии, значение рассчитанного глобального коэффициента Z будет зависеть от того, какая доля радиоактивных осадков выпала в каждом полушарии. В том случае, когда осколки деления выпадают в основном в северном полушарии, коэффициент Z будет равен приблизительно 2, а в случае равного выпадения радиоактивных осадков в обоих полушариях — примерно 1,2. При помощи данных по среднему отложению в северном и южном полушариях для каждого полушария были рассчитаны отдельные значения среднего отложения, взвешенного по населению.

152. В таблице XXXI приводятся расчетное распределение населения земного шара¹ и соответствующие данные по отложению Sr^{90} и Sr^{89} . Содержащиеся в таблице XXXI данные были использованы для расчета по приведенной выше формуле коэффициентов Z для обоих полушарий. Результаты этих расчетов, а также значение коэффициента Z за несколько лет приводятся в таблице XXXII. Из таблицы XXXII можно видеть, что для северного полушария за период с 1960 по 1962 год значения этих коэффициентов были довольно постоянными при максимальном колебании, составляющем лишь 8 процентов по сравнению с 35 процентами для значений глобального коэффициента Z в течение того же периода времени. Небольшие колебания значений для северного полушария, вероятно, объясняются выпадением в 1962 году осадков из тропосферы, в то время как свежеснеживший в 1961 году Sr^{90}

¹ Абсолютные значения относятся к 1951 году. В настоящее время абсолютные значения, естественно, изменились, но такие данные по широтным полосам отсутствуют. Однако относительные значения вряд ли изменились.

имеет в основном стратосферное происхождение. Интересно, что в северном полушарии для Sr^{90} получены те же численные значения коэффициентов, что и для Sr^{90} .

153. В южном полушарии распределение осадка Sr^{90} приводит к довольно постоянным значениям коэффициентов населения, составляющим примерно 1,00, однако коэффициент, полученный для отложения Sr^{90} , был большим и достиг в 1962 году 1,45. Это объясняется тем, что значительное количество Sr^{90} , диффундировавшего в южное полушарие из тропосферы северного полушария, отложилось в широтной полосе $0-10^\circ$ южной широты, где проживает около половины населения южного полушария.

154. В случае Sr^{90} и Sr^{89} значения ожидаемых доз рассчитываются путем разделения населения земного шара на три группы в соответствии с особенностями их пищевых режимов. Поскольку C^{14} распределяется в тропосфере равномерно, никакой поправки на распределение населения делать не нужно. Для расчета ожидаемых доз от других радиоактивных изотопов используются два значения коэффициента населения: 1,2 — для северного и 1,0 — для южного полушария.

155. При расчете ожидаемых доз должна учитываться общая радиация, излучаемая выпавшими радиоактивными изотопами. В таблицах VII и X представлены данные по кумулятивным уровням содержания Sr^{90} и Cs^{137} на поверхности земли в данное время с поправкой на радиоактивный распад. Для расчета ожидаемых доз было введено понятие «интегрального отложения», то есть полного отложения без поправок на распад и потери вследствие метеорологических условий. Значения интегрального отложения Sr^{90} и Cs^{137} по состоянию на декабрь 1963 года наряду с предсказываемым отложением в будущем приведены в таблице XXXIII.

ДОЗЫ ВНЕШНЕГО ОБЛУЧЕНИЯ

Измеренные мощности воздушной дозы

156. Данные о прямых измерениях воздушных доз поступили из Японии, Швеции и Соединенного Королевства [351—354]. Годовые значения доз за 1961—1963 годы приведены в таблице XXXIV. Измерения в Японии производились при помощи сцинтилляционных счетчиков, которые были откалиброваны по отношению к ионизационной камере. Счетчик в Токио был размещен на высоте 7 м над крышей бетонного трехэтажного здания, но был откалиброван по отношению к воздушно-эквивалентной ионизационной камере, расположенной на высоте 1 м над уровнем земли. Все другие замеры производились при помощи ионизационных камер. Этими приборами измеряется полная мощность воздушной дозы гамма-облучения. Мощность дозы, создаваемая радиоактивными осадками, получается путем вычитания вклада космических лучей и природных гамма-излучателей. Измерения в Лидсе производились на высоте

10 футов над уровнем земли, и результаты приводились к высоте в 1 м [355, 356]. Средние значения для каждого района Швеции основываются на результатах измерений, произведенных на нескольких станциях [352].

157. Мощность дозы гамма-облучения также рассчитывалась по замеренному количеству осадка гамма-излучающих продуктов деления. Для расчета мощности дозы гамма-облучения в Аргонне (штат Иллинойс, Соединенные Штаты Америки) Густафсон использовал данные по отложению, полученные на основе анализа почвы [357—359]. Коллинс, используя данные по отложению, основанные на измерении атмосферных осадков, рассчитал мощности доз внешнего облучения от Zr^{95} , Ru^{106} , Cs^{137} и Ce^{144} в Соединенных Штатах в Вествуде (штат Нью-Джерси), Питтсбурге (штат Пенсильвания) и Ричмонде (штат Калифорния) [360—362]. Поскольку эти три радиоактивных изотопа обуславливают по крайней мере 80 процентов мощности дозы внешнего облучения, полученные таким образом значения мощностей доз показательны. Значения мощности доз, рассчитанные на основе данных по отложению, изображены на рисунке 32.

Короткоживущие продукты деления

158. Значения ожидаемых доз облучения населения земного шара могут быть рассчитаны путем использования средних значений глобального отложения короткоживущих продуктов деления, а также соответствующих коэффициентов мощности дозы. Однако отложение короткоживущих продуктов деления на большинстве станций по отбору проб не замеряется. Для расчета отложения короткоживущих продуктов деления наряду с расчетными значениями отношения

$$R_j = \frac{\text{Годовое отложение короткоживущего изотопа в северном полушарии}}{\text{Годовое отложение } \text{Sr}^{90} \text{ в северном полушарии}}$$

определяемыми для каждого продукта деления, ежегодно используется количество Sr^{90} , выпавшего в северном полушарии. Значения отношения R_j были рассчитаны по местным значениям отношений, полученных на семи станциях в северном полушарии. Среднее значение отношений, измеренных на этих станциях, используется в качестве оценки значений R_j для отдельных радиоактивных изотопов. Местные значения отношений и соответствующие средние значения отношений за 1962 год приведены в таблице XXXV [27, 45, 75, 76, 91].

159. Следует отметить, что эти станции расположены в узкой широтной полосе, но что этот конкретный широтный район густо населен. Несмотря на то что значения этих отношений не играют существенной роли в случае, если осколки продуктов деления хорошо смешаны в пределах полушария, они не должны значительно изменяться в зависимости от местности в течение периодов непрерывных испытаний, за исключением, вероятно, отношений, связанных с очень короткожи-

вущими радиоактивными изотопами J^{131} , Ba^{140} и Ce^{137} . После завершения испытаний годовые значения отношений будут изменяться вследствие радиоактивного распада.

160. Имеющиеся результаты измерений короткоживущих изотопов в южном полушарии недостаточны для получения надежных значений отношения R_j в этом полушарии. Однако поскольку в южном полушарии проживает лишь 10 процентов населения земного шара и поскольку в этом полушарии отлагается менее 20 процентов глобального выпадения Sr^{89} , то вклад короткоживущих продуктов деления, отложившихся в этом полушарии, в мировую величину дозы облучения может составлять лишь несколько процентов.

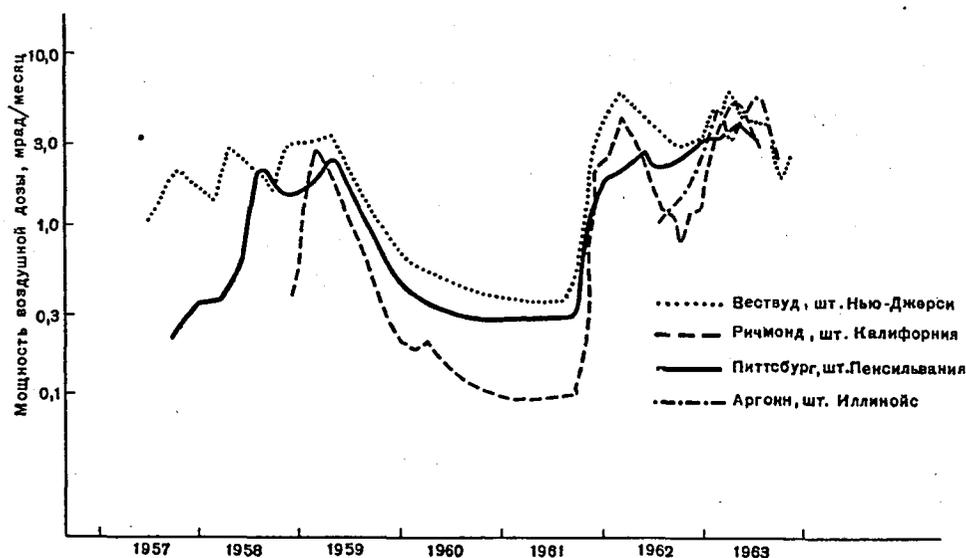


Рис. 32. Мощность воздушной дозы гамма-облучения на высоте одного метра над землей, вычисленной по отложению продуктов деления [357, 362]

161. Значение ожидаемой дозы внешнего гамма-облучения рассчитывается для каждого радиоактивного изотопа по формуле:

$$D_j = K_j \times B_j \times Z \times T_j \times R_j \times \bar{F}_{89},$$

где $K_j \times B_j$ — константа дозы гамма-облучения, содержащая в себе коэффициент накопления продукта деления j , в мрэд/год/мкюри/км²; Z — коэффициент населения; T_j — средняя продолжительность жизни продукта деления j на поверхности земли; R_j — рассмотренное в пункте 158 отношение для продукта деления j ; \bar{F}_{89} — среднегодовое отложение Sr^{89} в северном полушарии в мкюри/км². Подробные расчеты воздушной дозы для продуктов деления Zr^{95} , Ru^{103} , Ru^{106} , J^{131} , Ba^{140} , Ce^{141} и Ce^{144} приведены в таблице XXXVI. Значения отношений R_j в 1962 году взяты из таблицы XXXV, а значения отношений в 1961 году рассчитаны подобным образом. Поскольку полных данных об отложении некоторых короткоживущих продуктов деления в 1963 году не имелось, дозы облучения от Ru^{106} и Ce^{144} наряду со значениями отложения Sr^{90} на 1963 год были рассчитаны по средним значениям отношений Ru^{106}/Ce^{144} и Ce^{144}/Sr^{90} .

162. Взвешенное по населению полное измеренное значение воздушной дозы, полученной в течение 1961—1963 годов в результате облучения Cs^{137} и короткоживущими продуктами деления, составляло 54 мрд. Путем вычитания доли, приходящейся в течение того же самого периода на Cs^{137} , а именно 15 мрд, было получено значение доли дозы облучения, приходящейся на короткоживущие продукты деления, равное 39 мрд. Это значение находится в достаточно хорошем соответствии с рассчитанным значением 46 мрд, которое может быть получено из таблицы XXXVI путем вычитания дозы, которая будет получена после 1963 года. Следует отметить, что значение ожидаемой дозы для каждого года не соответствует точно значению годовой дозы, поскольку

некоторая часть этой дозы приходится на последующие годы. Следует делать поправку на дозы, полученные в 1964 году от продуктов деления, выпавших в 1963 году, а также от радиоактивного вещества, которое еще должно отложиться. Подсчитано, что значение этой дополнительной дозы составит около 10 мрд, что доведет значение полной дозы облучения, полученной в период испытаний в 1961 и 1962 годах, до 49 мрд. Приведенное в докладе 1962 года значение ожидаемой дозы от короткоживущих изотопов, образовавшихся в результате испытаний, проведенных до 1960 года, составляет 55 мрд. Поэтому полное значение ожидаемой воздушной дозы, полученной в результате всех испытаний, проведенных по декабрь 1963 года, составляет 104 мрд.

163. Вопрос о защите при помощи строений и экранировании телом человека был рассмотрен в докладе 1962 года. В качестве среднемирового значения для коэффициента экранирования была принята величина, равная 0,2. Исходя из предположения, что в среднем внутри помещения проводится семнадцать часов в день, было принято значение коэффициента уменьшения полной дозы

в результате защиты, составляющее 0,4. В настоящем докладе, как и в докладе 1962 года, будет использоваться такое же значение наряду со значением коэффициента экранирования телом, равным для гонад и костного мозга 0,6. Используемые значения суммарного коэффициента защиты и экранирования, равного 0,2, для расчета значения воздушной дозы привело к значению ожидаемой дозы от короткоживущих продуктов деления, равному 21 мрд.

Цезий-137

164. Значения доз внешнего облучения Cs^{137} рассчитывались при помощи суммарной константы мощности дозы и коэффициента накопления ($K_f \times B_f$), равной 0,12 мрд/год/мкюри/км² Cs^{137} . Данные о Cs^{137} , приведенные в таблице X, с поправками на четырнадцатилетнюю среднюю эффективную продолжительность жизни Cs^{137} на поверхности земли в результате распада и выветривания [382] использованы для расчета годовых значений доз, полученных в течение 1961—1963 годов. Взвешенные по населению значения воздушных доз от Cs^{137} в эти же годы составляли 4, 5 и 6 мрд соответственно.

165. Значение ожидаемой воздушной дозы облучения Cs^{137} может быть рассчитано по предсказываемому значению полного интегрального отложения Cs^{137} , как это показано в таблице XXXIII. Это значение, равное значению, приведенному в докладе 1962 года, подтверждается результатами измерений мощности дозы, произведенных в Соединенном Королевстве на участках почвы, зараженных Cs^{137} [363]. Значение ожидаемой воздушной дозы облучения Cs^{137} , образовавшимся в результате всех испытаний, проведенных до конца 1962 года, составляет 143 мрд. Использование значения суммарного коэффициента защиты и экранирования, равного 0,2, приводит к значению дозы облучения гонад и костного мозга, равному 29 мрд.

ДОЗЫ ВНУТРЕННЕГО ОБЛУЧЕНИЯ

Стронций-90

166. Суммарные уровни содержания Sr^{90} в пищевом рационе. Среднее значение отношения Sr^{90}/Ca в пищевом рационе получается из зависимости:

$$C(t) = p_d F_d(t) + p_r F_r(t), \text{ пкюри } Sr^{90}/\text{г Ca},$$

где $F_d(t)$ — кумулятивное среднее отложение Sr^{90} в мкюри/км², $F_r(t)$ — средняя годовая скорость отложения за время t в мкюри/км²/год, p_d и p_r — коэффициенты пропорциональности, рассмотренные в пункте 83. Как и в докладе 1962 года, население земного шара в соответствии с особенностями их пищевых режимов было разбито на три группы (табл. XXVII), а коэффициенты пропорциональности рассчитывались для каждой из этих групп. Те же коэффициенты используются и в данном докладе, хотя имеются некоторые доказательства того, что скоростной коэффи-

циент (p_r) для пищевого рациона Японии (тип III) может быть несколько меньше среднего значения для других пищевых рационов этого типа [427]. Используемые значения p_d , вероятно, являются завышенными, а не заниженными.

167. Средний суммарный уровень содержания Sr^{90} в пищевом рационе определяется интегралом

$$\int_0^{\infty} C(t) dt = p_d \int_0^{\infty} F_d(t) dt + p_r \int_0^{\infty} F_r(t) dt.$$

Если эффективная средняя продолжительность жизни Sr^{90} в почве составляет T_m лет, то можно показать, что

$$\int_0^{\infty} F_d(t) dt = T_m \int_0^{\infty} F_r(t) dt = T_m F,$$

где F — суммарное количество Sr^{90} , отложившегося на поверхность земли, в мкюри/км². Отсюда средний суммарный уровень в пищевом рационе составляет

$$\int_0^{\infty} C(t) dt = (p_d T_m + p_r) F, \text{ пкюри/лет } Sr^{90}/\text{г Ca}.$$

168. Принимая, что ежегодная потеря Sr^{90} из почвы в результате выщелачивания и удаления с растениями равна 2 процентам, значение средней эффективной продолжительности жизни Sr^{90} в почве составляет двадцать один год [402]. Ожидаемое полное интегральное отложение Sr^{90} в широтной полосе между 50° южной широты и 80° северной широты равно 14,2 мкюри (табл. XXVIII). Это значение эквивалентно среднему отложению (F), равному 31,7 мкюри/км², и его использование приводит к получению предполагаемых интегральных уровней содержания Sr^{90} в пищевом рационе, равных 310, 480 и 530 пкюри/лет $Sr^{90}/\text{г Ca}$ для типов пищевого рациона I, II и III соответственно.

169. Суммарный интегральный уровень содержания Sr^{90} в пищевом рационе, взвешенный по населению, как и в докладе 1962 года, получается путем сложения интегральных уровней для трех типов пищевого рациона, умноженных на соответствующие парциальные коэффициенты населения, равные 0,7, 0,5 и 0,7. Эти коэффициенты отражают то обстоятельство, что большинство населения земного шара проживает в широтных полосах северного полушария, в которых отложение Sr^{90} примерно в два раза выше среднего глобального значения. Общий интегральный глобальный уровень в пищевом рационе составляет 830 пкюри/лет $Sr^{90}/\text{г Ca}$.

170. Ожидаемая доза. Значение ожидаемой дозы облучения Sr^{90} рассчитывается так же, как и в докладе 1962 года. Линделлом [365] было показано, что доза dD , полученная костями в течение жизни (k возрасту u лет) за счет поглощения Sr^{90} в результате загрязнения окружающей среды в течение отрезка времени от t до $t+dt$, описывается уравнением:

$$dD = \theta c(t) dt \alpha(u) \int_u^m \frac{1}{B(\tau)} \exp[-k_1(\tau - u)] d\tau \text{ (мрд)},$$

где θ — константа мощности дозы облучения костей (мрд/лет/пкюри $Sr^{90}/\text{г Ca}$); $c(t) = \text{НО} \times C(t) =$

= отношению Sr^{90}/Ca в костных минеральных веществах, отложившихся к времени t (в данном случае используется значение НО для скелета и пищевого рациона, равное 0,25); $\alpha(u)$ — скорость поглощения кальция костями в возрасте u лет; $B(\tau)$ — общий вес кальция в костях, имеющих возраст τ лет; k_1 — скорость циркуляции Sr^{90} в костях; m — вероятная продолжительность жизни. Это уравнение может быть записано в виде

$$dD = \theta c(t) dt F_m(u).$$

171. Усредненная по всему населению величина приращения дозы $d\bar{D}$, получаемой в течение всей жизни, при условии равномерного возрастного

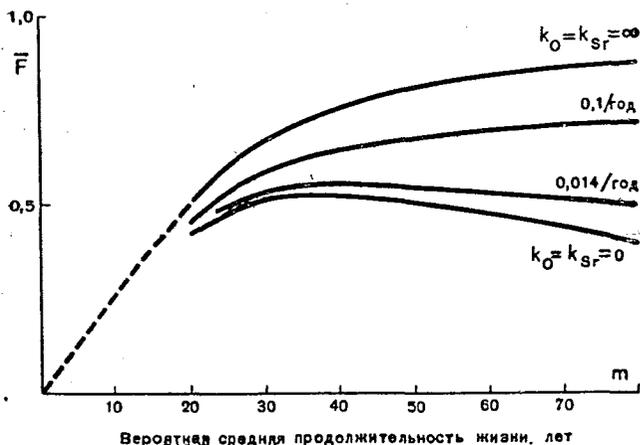


Рис. 33. Зависимость усредненного по населению значения коэффициента приращения дозы при различных скоростях биологического кругооборота от вероятной средней продолжительности жизни [365]

распределения в момент поглощения Sr^{90} выражается следующим образом:

$$d\bar{D} = \theta c(t) dt \frac{1}{m} \int_0^m F_m(u) du = \theta c(t) dt \bar{F}_m.$$

Отсюда значение ожидаемой дозы, полученной населением в течение конечного времени проведения испытаний, выражается следующим образом:

$$\bar{D} = \theta \bar{F}_m \int_0^{\infty} c(t) dt.$$

Линделл рассчитал коэффициент приращения дозы \bar{F}_m для различных предполагаемых значений скорости циркуляции Sr^{90} в костях и различных значений вероятной продолжительности жизни [365]. Полученные таким образом значения \bar{F}_m изображены на рисунке 33, из которого видно, что \bar{F}_m не находится в сильной зависимости ни от скорости циркуляции, ни от значений вероятной продолжительности жизни, больших чем 20 лет.

172. Причиной небольших колебаний значения \bar{F}_m является компенсирующее действие изменений циркуляции и вероятной продолжительности жизни. Например, более быстрая циркуляция будет уменьшать сохранение Sr^{90} , поглощенного ребенком, но будет увеличивать поглощение и облучение для взрослых людей. Подобным же

образом при меньших значениях вероятной продолжительности жизни большая доля населения будет находиться в младшей возрастной группе, имеющей высокое поглощение Sr^{90} , однако общее облучение за время жизни будет уменьшено. Как и в докладе 1962 года, в данном случае используется значение коэффициента приращения дозы, равное 0,6.

173. Как и в докладе 1962 года, для расчета значений доз, получаемых костями, клетками, выстилающими поверхность костей, и костным мозгом, были использованы значения коэффициента мощности дозы (θ), равные соответственно 2,7, 1,4 и 0,7 мрд/год/пкюри $Sr^{90}/г Ca$. Поэтому значение ожидаемой дозы, получаемой в результате облучения Sr^{90} , образовавшимся в результате всех испытаний, проведенных до конца 1962 года, составляет для костей 336 мрд, для клеток, выстилающих поверхность костей, — 174 мрд и для костного мозга — 87 мрд. Около 90 процентов этих доз будет получено к 2000 году.

174. Помимо значений ожидаемых доз также представляет интерес годовое значение дозы, получаемой свежей костной тканью, которое может быть рассчитано по зараженности пищевого рациона путем использования значения коэффициента дискриминации, равного 0,25 (пункты 91—97). В то время как на первом году жизни весь скелет состоит из свежих костных тканей, для взрослых людей количество свежееотложившихся костных минеральных веществ является лишь малой долей веса всего скелета. Значения суммарного мирового среднего уровня содержания Sr^{90} в пищевом рационе в течение 1961, 1962 и 1963 годов могут быть рассчитаны по значениям кумулятивного и ежегодного отложения Sr^{90} в течение каждого из этих лет (табл. VII). Значения годовых уровней содержания Sr^{90} в пищевом рационе, взвешенные по населению, в течение этих лет составляли 17, 26 и 38 пкюри $Sr^{90}/г Ca$. Конечное значение дозы, полученной свежей костной тканью в 1963 году, составляло 25 мрд. Это значение нельзя непосредственно сравнивать со значениями доз, полученных другими видами тканей, для которых рассчитываются значения ожидаемых доз.

Стронций-89 и барий-140

175. Поскольку метаболизм Sr^{89} имеет такой же характер, что и метаболизм Sr^{90} , значение дозы, получаемой в результате облучения Sr^{89} , может быть рассчитано по средним значениям отношения Sr^{89}/Sr^{90} для молока путем использования соответствующих коэффициентов мощности дозы. Значения коэффициентов мощности дозы, получаемых в результате облучения Sr^{89} костей и костного мозга, составляют соответственно 1,5 и 0,33 мрд/год/пкюри $Sr^{90}/г Ca$ в костях. Среднее значение коэффициента приращения дозы \bar{F} для Sr^{89} равно 0,005. Эти значения равны значениям, использованным в докладе 1962 года. Средние значения отношения Sr^{89}/Sr^{90} для молока, рас-

считанные по данным таблиц XVI и XVII для северного полушария в 1961, 1962 и 1963 годах, составляли 2,6; 4,5 и 1,8 соответственно. Используя значения этих отношений в качестве типичных для полного пищевого рациона (что приведет к завышению значения дозы), а также значения среднего уровня содержания Sr^{90} в пищевом рационе за 1961, 1962 и 1963 годы, приведенные в пункте 174, подсчитано, что взвешенные по населению значения годового уровня содержания Sr^{90} в пищевом рационе составляли в то же время 44, 117 и 68 пкюри $Sr^{90}/г Ca$.

176. Значения ожидаемых доз, рассчитанные при помощи последней формулы, приведенной в пункте 171, с учетом относительных коэффициентов мощности дозы для Sr^{90} , выпавшего в 1961, 1962 и 1963 годах, составляют 0,43 и 0,09 мрд для костей и костного мозга, соответственно. В течение 1961 и 1962 годов в атмосферу было выброшено около 7 Мкюри Sr^{90} , в то время как общее количество, выброшенное за период до 1960 года, составляло 5 мкюри. Отсюда можно рассчитать, что значения доз, полученных в результате облучения Sr^{90} , образовавшимся в результате всех испытаний, проведенных до конца 1962 года, будут составлять $\frac{12}{7} \times 0,22 = 0,74$ и 0,15 мрд для костей и костного мозга соответственно.

177. Что касается Sr^{90} , то, помимо ожидаемых доз могут быть рассчитаны и годовые дозы, получаемые в результате наличия Sr^{90} в свежей костной ткани. Средние годовые значения доз в 1961 и 1962 годах составляли около одной трети средних доз, получаемых свежими костными тканями в результате облучения Sr^{90} в течение этих лет. Эта оценка основана на потреблении с пищевым рационом свежего молока и, следовательно, приводит к завышению средней дозы облучения от Sr^{90} . Следует также отметить, что облучение Sr^{90} является продолжительным, в то время как облучение Sr^{90} ограничено несколькими годами.

Цезий-137

178. Значение ожидаемой дозы внутреннего облучения от Cs^{137} рассчитывается на основе предположения, что среднегодовое значение (Q_i) отношения $Cs^{137}/к$ в организме может быть связано с отложением Cs^{137} при помощи формулы, приведенной в пункте 134, а также путем использования средних значений коэффициентов пропорциональности P_r и P_{2c} , приведенных в таблице XXVII. Полное интегральное содержание, Q_n в организме человека для северного полушария составляет

$$Q_n = \sum_{i=1}^{\infty} Q_i = (P_r + 2P_{2c}) \sum_{i=1}^{\infty} f_i = (P_r + 2P_{2c}) F_{cc},$$

где F_{cc} — полное ожидаемое осаждение Cs^{137} в северном полушарии, в мкюри/км². Значение полного интегрального содержания, Q_s , радиоактивных изотопов в организме для южного полуша-

рия рассчитывается таким же образом. Взвешивая эти значения Q_n и Q_s по населению и полному ожидаемому отложению в каждом полушарии, получают средневзвешенное мировое значение интегрального содержания Cs^{137} в организме человека, равное 640 пкюри/год/гК, которое явилось результатом всех проведенных до сих пор испытаний.

179. Как указывалось в пункте 122, для дозиметрических целей можно предположить, что распределение Cs^{137} в организме является равномерным. Предполагается, что мощность дозы облучения одним пкюри $Cs^{137}/г$ ткани, поддерживаемая на постоянном уровне, составляет 10 мрд/год или, как это указано в докладе 1962 года, при среднем содержании в организме человека 140 г калия — 0,02 мрд/год/пкюри/гК. Следовательно, рассчитанное значение ожидаемой дозы внутреннего облучения от Cs^{137} , образовавшегося в результате всех испытаний, проведенных до конца 1962 года, составляет 13 мрд.

180. Предположения, используемые в данном случае при расчете ожидаемой дозы облучения от отложившегося в организме Cs^{137} , отличаются от предположений, использованных в докладе 1962 года. Поэтому конечные значения не подлежат прямому сравнению. Однако полагают, что настоящие значения, основанные на последних сведениях, являются более удовлетворительными.

Иод-131

181. Полная аккумулированная доза облучения щитовидной железы (D) может быть выражена формулой

$$D = \frac{K \times I \times F \times T}{m},$$

где K — коэффициент мощности дозы в мрд/день на пкюри/г ткани; F — доля поглощенного J^{131} , достигшая щитовидной железы; I — полное интегральное поглощение J^{131} в течение любого данного отрезка времени в пкюри; T — среднее эффективное время накопления J^{131} в железе; m — масса щитовидной железы. Для расчета аккумулированной дозы облучения щитовидной железы для популяции, состоящей из детей грудного и младшего возраста (табл. XXX, колонки 6—8), были приняты следующие значения параметров вышеприведенного уравнения:

$K = 0,010$ мрд/день на пкюри/г; $F = 0,3$; I — произведение значений, приведенных в колонках 3—5 таблицы XXX, и предполагаемого потребления молока, составляющего 0,7 л/день; $T = 11$ дней [341]; $m = 2г$ в течение первых двух лет жизни.

Значения доз, полученных щитовидной железой, приведенные в таблице XXX и основанные на ежедневном потреблении 0,7 л молока, применимы к подверженной максимальному облучению группе населения, то есть к тем детям младшего возраста, которые в течение первого года жизни вскармливаются свежим молоком.

182. Следует указать, что в недавно опубликованных исследованиях приведены несколько меньшие значения массы щитовидной железы [342] и фракционированного поглощения J^{131} , чем значения, принятые выше [250, 257, 343—345]. Кроме того, следует указать, что существуют три источника молока в пищевом рационе детей грудного возраста; материнское молоко, свежее молоко таких животных, как козы и коровы, и сухое или выпаренное (накопленное) молоко. В этот пищевой рацион J^{131} вносится лишь со свежим молоком животного происхождения. Было показано, что в Соединенных Штатах Америки около 50 процентов детей грудного возраста потребляют свежее молоко [216], и подобное же значение, вероятно, справедливо для большей части Европы [364]. По этим причинам значения, приведенные в таблице ХХХ, значительно выше, чем среднее значение общей дозы облучения, получаемой щитовидной железой детей грудного возраста.

183. Ввиду отсутствия достаточных данных о потреблении молока взрослыми значения доз облучения J^{131} для этой возрастной группы не рассчитаны. Однако можно отметить, что они должны быть на один-два порядка ниже, чем значения доз, получаемых детьми грудного возраста, поскольку масса железа взрослых примерно в 10 раз больше, чем у детей, а также вследствие того, что среднее потребление молока взрослыми, вероятно, намного ниже.

Радиоактивные изотопы в дыхательном и желудочно-кишечном трактах

184. Опубликованы результаты лишь нескольких измерений содержания Pu^{239} и продуктов деления в дыхательных трактах небольшого числа лиц. Имеющиеся отрывочные сведения обобщены в таблице ХХХVIII. Значение средней дозы, получаемой всей дыхательной системой за счет всех нерастворимых радиоактивных изотопов, рассчитанное при помощи данных, собранных Международной комиссией по защите от радиоактивного излучения [341], составляло в течение 1962 и 1963 годов величину порядка нескольких миллиардов в год, при условии, что значения концентрации радиоактивных изотопов, приведенные в таблице ХХХVIII, сохранялись в течение всего этого периода. Поскольку измерения в основном производились в периоды максимальной концентрации продуктов деления в воздухе, средняя эффективная концентрация в 1961—1963 годах и соответствующее среднее значение доз, получаемых различными органами, будут ниже значений, приведенных в таблице. При отдельном определении содержания радиоактивных изотопов в легких и в трахеобронхиальных лимфатических узлах значения концентрации в последних были выше на целый порядок, что указывало на более высокие значения мощности дозы.

185. В настоящее время не имеется никаких данных об общем количестве радиоактивных ве-

ществ искусственного происхождения, попавших в организм человека через желудочный тракт в течение 1961—1963 годов. Как отмечалось в докладе 1962 года, доза облучения кишечника продуктами деления, находящимися в желудочно-кишечном тракте, вероятно, является незначительной.

Углерод-14

186. Как было показано в пункте 60, скорость образования природного C^{14} составляет $2,6 \times 10^{26}$ атомов в год. Мощность дозы облучения природным C^{14} составляет 1,64 мрд/год для костей, 1,15 мрд/год — для клеток, выстилающих поверхность костей, и 0,71 мрд/год — для костного мозга и мягких тканей. Такие же значения этих величин были использованы и в докладе 1962 года.

187. Как показано в докладе 1962 года, величина ожидаемой дозы облучения D_{∞} определяется по следующей формуле:

$$D_{\infty} = \gamma_0 \frac{Q}{B},$$

где γ_0 — мощность дозы облучения природным C^{14} ; B — скорость образования природного C^{14} и Q — общие запасы искусственного C^{14} . Как показано в таблице XV, общее содержание искусственного C^{14} на конец 1963 года составляло около 65×10^{27} атомов. Поэтому ожидаемая доза облучения, получаемая в результате испытаний, проведенных к концу 1963 года, составляет 410 мрд для костных клеток, 290 мрд — для клеток, выстилающих поверхность костей, и 180 мрд — для мягких тканей и костного мозга.

188. Значение дозы, полученной к 1964 + t году, дается следующим выражением:

$$D_t = 10^{-2} \gamma_0 \left[220 + \int_0^t f(t) dt \right],$$

где $f(t)$ — активность избытка C^{14} в воздухе в процентах выше природного уровня радиации через t лет, истекших после 1964 года. Значение дозы определяется выражением:

$$D_t = 10^{-2} \gamma_0 \left[220 + \int_0^t (2,5e^{-0,00012t} + 64e^{-0,026t} + 26e^{-0,35t} - 26e^{-0,59t}) dt \right].$$

При $t=36$, то есть к 2000 году, значение полученной дозы будет составлять около 7 процентов ожидаемой дозы.

V. Выводы

189. В данном приложении значения большинства доз выражены как ожидаемые дозы. Это понятие было использовано вследствие того, что оно позволило бы рассчитать количество ожидаемых в будущем случаев заболевания в результате проведения любой данной серии испытаний, если бы численность населения, для которого рассчитывается ожидаемая доза, а также соответствующие коэффициенты пропорциональности, характеризующие линейное соотношение между дозой и эффектом при отсутствии порога, были бы значимыми и известными. Число случаев заболева-

ний представляло бы тогда произведение численности населения, коэффициента пропорциональности и ожидаемой дозы:

190. Как уже было рассмотрено в докладе 1962 года, в том случае, когда коэффициент пропорциональности неизвестен, другим возможным методом расчета общего числа случаев заболевания является оценка сравнительной опасности путем использования дозы, полученной от природных источников облучения.

191. В докладе 1962 года значения доз и ожидаемых доз выражались в бэрах. С этого времени понятие «бэр» было пересмотрено Международной комиссией по радиологическим единицам, и в настоящее время оно не является больше единицей, отвечающей целям Комитета. В настоящем докладе значения ожидаемых доз выражаются в радах. Для облучения, являющегося результатом ядерных взрывов, используемый в данном случае рад, а также бэр в том смысле, как он был определен в докладе 1962 года, численно эквивалентны. В настоящем докладе дозы природного облучения также выражаются в радах и поэтому их численные значения несколько ниже, чем значения, приведенные в докладе 1962 года, в котором они были выражены в бэрах. Их значения составляют 99, 96 и 95 мрд для гонад, клеток, выстилающих поверхность костей, и костного мозга соответственно.

192. Неизбежная трудность при сравнении ожидаемых доз облучения, полученных в результате ядерных испытаний, с дозами облучения природными источниками радиации возникает вследствие использования произвольного отрезка времени, в течение которого должна складываться доза природного облучения. В принципе возможны несколько методов сравнения:

- 1) Ожидаемую дозу можно сравнивать с дозой природного облучения, получаемой в течение отрезка времени, равного времени, в течение которого получается значительная часть ожидаемой дозы. Это сравнение может вводить в заблуждение в том смысле, что продолжительность облучения в результате проведения ядерных испытаний в будущем может перекрывать этот период.
- 2) Как и в докладе 1962 года, можно также произвести сравнение с дозой природного облучения, полученной в течение периода испытаний, при условии, что в данном случае учитывается именно ожидаемая доза, полученная в течение этого периода, вне зависимости от источника радиации. Однако этот метод также можно считать неудовлетворительным вследствие того, что продолжительность периода с трудом поддается определению.

3) Прямое сравнение ожидаемой дозы (мрд) и годовых мощностей доз природного облучения (мрд/год) вряд ли оправдано.

4) Другой возможный подход, который также был использован в докладе 1962 года и который применяется и в данном случае, заключается в выражении значения ожидаемых доз с учетом отрезка времени, в течение которого природный уровень радиации должен удвоиться, для того чтобы привести к увеличению дозы, равному ожидаемой дозе.

193. Значения ожидаемых доз облучения населения земного шара от радиоактивности, выпущенной в атмосферу вследствие ядерных взрывов, проведенных к концу 1962 года (когда были прекращены такие испытания), сведены в таблице XXXIX. Значения ожидаемых доз даны для конкретных тканей и наиболее важных радиоактивных веществ, выброшенных в окружающую среду в результате проведения ядерных испытаний. Для сравнения в таблице приведены значения ожидаемых доз, рассчитанные в докладе 1962 года на период испытаний 1954—1960 годов. Для C^{14} оказалось целесообразным включить лишь значение дозы, которая аккумулируется к 2000 году, когда дозы облучения другими радиоактивными изотопами в основном будут получены полностью. Суммарная ожидаемая доза облучения от C^{14} , которая будет получена в течение тысяч лет, указана в сноске к таблице.

194. При раздельном рассмотрении северного и южного полушарий было найдено, что ожидаемые дозы для северного полушария (исключая вклад от C^{14} после 2000 года) несколько больше, чем для всего населения земного шара. С другой стороны, ожидаемые дозы для южного полушария намного меньше (до 20 процентов) среднемирового значения.

195. Для всех испытаний, проведенных до января 1963 года, отрезки времени, в течение которых природный уровень радиации должен был удвоиться, чтобы привести к увеличению дозы, равному ожидаемой дозе, полученной всем населением земного шара, достигают примерно 9 месяцев — для гонад, 32 месяцев — для клеток, выстилающих поверхность костей, и 20 месяцев — для костного мозга. Эти отрезки времени нельзя непосредственно сравнивать с отрезками, приведенными в докладе 1962 года, поскольку здесь принимается во внимание лишь та часть дозы облучения искусственным C^{14} , которая будет получена до 2000 года. Кроме того, отрезки времени, приводившиеся в докладе 1962 года, относились к периоду испытаний 1954—1961 годов и исходили из предположения относительно проведения испытаний в 1961 году.

Таблица I. НЕКОТОРЫЕ ЗНАЧЕНИЯ СРЕДНЕГО ВРЕМЕНИ ПРЕБЫВАНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ИЗОТОПОВ В СТРАТОСФЕРЕ, РАССЧИТАННЫЕ ПРИ ПОМОЩИ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ

Изотоп	Год измерения	Полушарие	Среднее время пребывания, T_m , в годах	Метод расчета	Источник
W^{185}	1959—1960	Северное	0,6	a	23
Sr^{90}	1960	»	2,0	b	23,27
Sr^{90}	1961	»	1,2	b	23,27
Sr^{90}	1963	»	2,1	b	23,419
Sr^{90}	1959, 1961	»	1,4	c	27
W^{185}	1959—1960	Южное	1,8	a	23
Sr^{90}	1959	»	2,3	b	23,27
Sr^{90}	1960	»	2,8	b	23,27
Sr^{90}	1961	»	2,0	b	23,27
Sr^{90}	1959, 1961	Оба полушария	2,0	c	27
Sr^{90}	1960	»	2,5	b	23,27
Sr^{90}	1961	»	1,8	b	23,27
Sr^{90}	1963	»	2,0	b	23,419

a Рассчитано по уравнению $T_m = 1/\ln(I_1/I_2)$, где I_1 — полное содержание в стратосфере в мае 1959 года, а I_2 — в мае 1960 года.

b Рассчитано по уравнению $T_m = 1/[\ln I/(I - F)]$, где I — полное содержание в стратосфере в январе, а F — последующее годовое отложение.

c Рассчитано по уравнению $T_m = 1/\ln(F_1/F_2)$, где F_1 и F_2 — полное отложение в 1959 и 1961 годах.

Таблица II. ОЦЕНКА СРЕДНЕГО ВРЕМЕНИ ТРОПОСФЕРНОГО ОБМЕНА МЕЖДУ ПОЛУШАРИЯМИ

Автор	Применявшийся индикатор	Время обмена (в годах)
Фергюссон [56]	Разбавление C^{14} в атмосфере за счет сжигания естественного топлива	<1,8
Фогель и Мюнних [57]	C^{14} , образовавшийся в результате взрыва ядерных бомб	>1—2
Мюнних и Фогель [141]	C^{14} , образовавшийся в результате взрыва ядерных бомб	<1
Болин и Килинг [54, 58]	CO_2 , получаемый из естественного топлива	>0,9
Юнге [58], по данным Бишопа и др. [410]	Насыщенный тритием метан	3,4

Таблица III. ПРИБЛИЗИТЕЛЬНЫЙ ВЫХОД ПРОДУКТОВ ДЕЛЕНИЯ И ПОЛНАЯ МОЩНОСТЬ ВЗРЫВОВ (В МЕГАТОННАХ) ПРИ ИСПЫТАНИЯХ ЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ, ПРОВЕДЕННЫХ В АТМОСФЕРЕ ВСЕМИ СТРАНАМИ [70]

Годы	Выход продуктов деления		Полная мощность взрыва	
	Воздух	Поверхность	Воздух	Поверхность
1945—51	0,02	0,5	0,2	0,6
1952—54	1	37	1	59
1955—56	5,6	7,5	11	17
1957—58	31	9	57	28
1959—60	—	—	—	—
1961	25	—	120	—
1962	76	—	217	—
Итого	140	54	406	105

Таблица IV. ГЛОБАЛЬНОЕ СОДЕРЖАНИЕ Sr⁹⁰, мкюри [22, 23, 430]

	Май 1960 г.	Май 1961 г.	Апрель 1962 г.	Январь 1963 г.	Сентябрь 1963 г. (предварительные данные)	Январь 1964 г. (предварительные данные)
Стратосфера						
Северное полушарие						
до 21 км	0,25	0,22	1,11	4,51	2,61	2,7
21—30 км	0,25	0,12	0,13	1,21	1,22	0,7
Южное полушарие						
до 21 км	0,25	0,26	0,21	0,42	0,70	0,4
21—30 км	0,19	0,12	0,05	0,10	0,43	0,2
Всего в стратосфере	0,94	0,72	1,50	6,24	4,96	4,0
Тропосфера	0,03	0,03	0,16	0,32	0,20	0,30
Всего в атмосфере	1,0	0,8	1,7	6,6	5,2	4,3
Мировое отложение ^a	5,0	5,2	5,8	6,7	8,6	9,0
Итого	6,0	6,0	7,5	13,3	13,8	13,0

^a Значения, полученные на основании анализа образцов почвы, были увеличены на 15 процентов по сравнению с данными, приведенными в источнике 23, с целью поправки на неполную радиохимическую экстракцию [105]. Эти данные представляют собой самостоятельную попытку определения мирового отложения стронция-90 и не соответствуют данным, приведенным в таблицах VII и VIII.

Таблица V. СРЕДНЕМЕСЯЧНОЕ И СРЕДНЕГОДОВОЕ ОТЛОЖЕНИЕ Sr⁹⁰ В СССР [81, 83, 418]

Район отбора проб	1961 г.	1962 г.				1962 г. Общегодовое отложение мкюри/км ²	1963 г.				1963 г. Общегодовое отложение мкюри/км ²
	мкюри/км ² в месяц 4-й квартал	мкюри/км ² в месяц					мкюри/км ² в месяц				
		1-й квартал	2-й квартал	3-й квартал	4-й квартал		1-й квартал	2-й квартал	3-й квартал	4-й квартал	
Мурманская область	0,22	0,29	2,1	1,3	0,70						
Ленинградская область	0,23	0,22	2,4	0,93	0,34	0,3	1,5	2,3	0,22	13,0	
Московская область	0,15	0,33	1,7								
Киев				0,40	0,40	1,8	1,6	3,0	0,6	21,0	
Красноярский край		0,11				0,5	3,0	2,3	0,4	18,6	
Южный Сахалин	0,24	0,19	1,0	1,0	1,1	1,7	2,9	3,0	0,9	25,8	
Широтные зоны европейской и среднеазиатской частей СССР											
60—70° с. ш.						0,7	2,7	2,6	0,5	19,5	
50—60° с. ш.						1,1	3,4	2,9	0,7	24,3	
40—50° с. ш.						1,1	3,3	2,9	0,8	24,3	
37—40° с. ш.						1,2	2,2	1,1	0,6	15,3	
В среднем по СССР, мкюри/км ²		0,23	1,5	0,8	0,7	9,6	1,1	3,0	2,8	0,7	22,5

Таблица VI. ПОШИРОТНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ Sr⁹⁰, РАССЧИТАННОЕ НА ОСНОВАНИИ ДАННЫХ ЕЖЕМЕСЯЧНОГО СБОРА ВЫПАДЕНИЙ [27, 124, 376, 419]

Широтная полоса	1961 г. (мкюри/км ²)	1962 г. (мкюри/км ²)	1963 г. (мкюри/км ²)	Широтная полоса	1961 г. (мкюри/км ²)	1962 г. (мкюри/км ²)	1963 г. (мкюри/км ²)
80—70° с. ш.	a	1,5	4,0	10—0° с. ш.	0,7	2,7	3,7
70—60° с. ш.	a	4,8	10,6	0—10° ю. ш.	0,58	1,8	1,2
60—50° с. ш.	1,4	6,6	14,9	10—20° ю. ш.	0,53	0,74	0,78
50—40° с. ш.	2,0	8,6	16,3	20—30° ю. ш.	0,87	1,2	1,1
40—30° с. ш.	1,6	6,7	10,9	30—40° ю. ш.	0,96	0,91	1,5
30—20° с. ш.	1,4	6,0	11,0	40—50° ю. ш.	0,72	1,3	1,5
20—10° с. ш.	0,6	2,4	4,5				

^a Имеются неполные данные.

Таблица VII. ГОДОВОЕ И КУМУЛЯТИВНОЕ ОТЛОЖЕНИЕ Sr⁹⁰ [27, 104, 376, 379, 419]

Период	Северное полушарие 0—80° с. ш.		Южное полушарие 0—50° ю. ш.		Всего 50° ю. ш.—80° с. ш. (Мкюри)
	(Мкюри)	(мкюри/км ²)	(Мкюри)	(мкюри/км ²)	
1961 г.	0,31	1,2	0,15	0,77	0,46
1962 г.	1,3	5,2	0,23	1,2	1,5
1963 г.	2,3	9,1	0,23	1,2	2,5
Общее кумулятивное отложение по 31 декабря 1963 г. ^a	7,9	31	1,5	7,7	9,4

^a С поправкой на распад.

Таблица VIII. КУМУЛЯТИВНОЕ ОТЛОЖЕНИЕ Sr⁹⁰ ПО ШИРОТНЫМ ПОЛОСАМ РАССЧИТАННОЕ ПО ДАННЫМ АНАЛИЗА ПОЧВЫ И ЕЖЕМЕСЯЧНОГО ИЗМЕРЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ВЫПАДЕНИЙ [27,104,124,376,407,419]

Широта	(Предварительные данные) Вычислено из основной анализу проб почвы, отобранных в период с июня 1963 г. по март 1964 г. ^a		Вычислено по данным 1960 г. о содержании в почве и по содержанию в атмосферных осадках по декабрь 1963 г. ^a
	(мкюри/км ²)	(Мкюри)	
70—80° с. ш.	21	0,2	0,15
60—70° с. ш.	32	0,6	0,6
50—60° с. ш.	51	1,3	1,1
40—50° с. ш.	58	2,0	1,6
30—40° с. ш.	47	1,7	1,6
20—30° с. ш.	40	1,6	1,7
10—20° с. ш.	24	1,0	0,7
0—10° с. ш.	8	0,3	0,5
Северное полушарие		8,7	8,0
0—10° ю. ш.	5	0,2	0,3
10—20° ю. ш.	5	0,2	0,2
20—30° ю. ш.	7	0,2	0,3
30—40° ю. ш.	9	0,3	0,3
40—50° ю. ш.	7	0,2	0,3
Южное полушарие		1,1	1,4
Всего		9,8	9,4

^a Все значения, полученные в результате анализа почвы, были увеличены на 15 процентов с целью поправки на неполную химическую экстракцию.

Таблица IX. СРЕДНИЕ ЗНАЧЕНИЯ ОТНОШЕНИЯ Cs¹³⁷/Sr⁹⁰ В СТРАТОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ И АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКАХ

	До сентября 1961 г.	После сентября 1961 г.
	В среднем в осадках, собранных в 20 пунктах в северном полушарии [45, 76]	январь—август 1961 г. 1,74 ± 0,05 ^a (36 случаев)
В пробах стратосферного воздуха над Сан-Анжело, шт. Техас [73], отобранных с помощью шаров-зондов ^b	январь—август 1961 г. 1,77 ± 0,06 (8 случаев)	январь 1962 г.— май 1963 г. 1,51 ± 0,03 (21 случай)
В пробах стратосферного воздуха, отобранных с помощью самолетов [11, 408]	январь 1959 г.— март 1960 г. 1,71 ± 0,03 (217 случаев)	март 1962 г.— октябрь 1963 г. 1,59 ± 0,02 (114 случаев)

^a Стандартная ошибка среднего значения.

^b Каждое месячное соотношение рассчитано на основе анализа нескольких проб, отобранных на различной высоте.

Таблица X. ОТЛОЖЕНИЕ Cs¹³⁷, ВЫЧИСЛЕННОЕ НА ОСНОВАНИИ ДАННЫХ ОБ ОТЛОЖЕНИИ Sr⁹⁰, ПРИВЕДЕННЫХ В ТАБЛИЦЕ VII И VIII

Период	Северное полушарие 0—80° с. ш.		Южное полушарие 0—50° ю. ш.		Всего 50° ю. ш.—80° с. ш.
	(Мкюри)	(мкюри/км ²)	(Мкюри)	(мкюри/км ²)	
	1961 г.	0,5	2,0	0,25	
1962 г.	1,9	7,5	0,30	1,5	2,2
1963 г.	3,5	14	0,30	1,5	3,8
Кумулятивное отложение до 31 декабря 1963 г. ^a	13,2	52	2,5	13	15,7

^a С поправкой на распад.

Таблица XI. ОТЛОЖЕНИЕ Sr⁹⁰ [27, 124, 376]

Широтная полоса	1961 г.		1962 г.		1963 г.	
	(мкюри/км ²)	(Мкюри)	(мкюри/км ²)	(Мкюри)	(мкюри/км ²)	(Мкюри)
80—70° с. ш.	Данных не имеется		13	0,16	5,4	0,06
70—60° с. ш.	»	»	90	1,7	70	1,3
60—50° с. ш.	»	»	105	2,7	81	2,1
50—40° с. ш.	58	1,8	135	4,2	103	3,3
40—30° с. ш.	44	1,6	135	4,9	93	3,4
30—20° с. ш.	33	1,3	107	4,3	80	3,2
20—10° с. ш.	15	0,65	61	2,6	27	1,2
10—0° с. ш.	16	0,73	49	2,2	28	1,2
0—80° с. ш.	31	6,1	95	24	63	15,8
0—10° ю. ш.	13	0,59	29	1,3	12	0,52
10—20° ю. ш.	0,0	0,0	16	0,69	1,4	0,06
20—30° ю. ш.	0,0	0,0	15	0,60	2,9	0,12
30—40° ю. ш.	0,0	0,0	9,2	0,33	2,7	0,10
40—50° ю. ш.	0,0	0,0	7,7	0,24	1,8	0,06
0—50° ю. ш.			16	3,2	4,4	0,86

Данных не имеется.

Таблица XII. ОТЛОЖЕНИЕ Cs¹³⁷, Zr⁹⁵, Ba¹⁴⁰ и Ce¹⁴⁴ (мкюри/км²) В МИЛФОРД-ХЕЙВЕНЕ И ЧИЛТОНЕ (СОЕДИНЕННОЕ КОРОЛЕВСТВО), А ТАКЖЕ J¹³¹ В ЧИЛТОНЕ [45]

Месяц	Милфорд—Хейвен					Чилтон					
	Дождевая вода (см)	Cs ¹³⁷	Zr ⁹⁵	Ba ¹⁴⁰	Ce ¹⁴⁴	Дождевая вода (см)	Cs ¹³⁷	Zr ⁹⁵	Ba ¹⁴⁰	Ce ¹⁴⁴	J ¹³¹
1962 г.											
Январь	12,1	1,2	25	5,1	21	10,6	0,91	26	3,2	9,8	a
Февраль	2,3	2,3	6,8	0,3	5,2	0,9	0,15	2,8	0,14	2,2	a
Март	9,6	2,1	26	0,5	17	3,3	0,54	7,8	0,10	6,9	a
Апрель	5,4	1,1	4,3	a	8,8	4,1	0,95	8,7	a	10,7	a
Май	6,6	1,7	3,0	a	16	4,3	0,80	5,3	a	10,3	a
Июнь	3,4	1,0	4,2	a	12	0,5	0,27	1,3	a	3,8	a
Июль	4,5	1,2	3,2	a	7,5	2,8	0,81	3,1	a	6,7	a
Август	11,4	1,5	5,5	3,5	18	11,3	1,3	4,4	1,2	14	a
Сентябрь	13,7	1,2	7,1	18	17	8,1	0,77	6,6	13	6,7	40
Октябрь	3,3	0,38	6,2	13	5,5	3,5	0,29	3,4	8,4	3,3	8,4
Ноябрь	8,68	1,0	14	33	14	8,3	0,73	13	34	14	7,5
Декабрь	8,75	1,2	20	35	23	5,2	0,51	20	21	12	12
1963 г.											
Январь	2,3	0,4	7,9	3,7	6,8	2,8	0,62	13	8,5	15	1,2
Февраль	5,5	1,6	16	4,5	21	1,0	0,57	5,8	1,0	8,3	a
Март	12,8	4,5	27	2,6	54	10,0	3,4	27	1,5	37	a
Апрель	10,9	3,9	24	0,1	46	5,6	2,9	15	a	32	a
Май	4,8	4,1	15	a	52	2,2	1,5	5,0	a	19	a
Июнь	9,6	4,9	19	a	50	5,7	3,1	11	a	40	a
Июль	5,2	2,0	4,8	a	26	4,4	2,1	4,2	a	25	a

Не обнаружено.

Таблица XIII. СУММА МЕСЯЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ (мкюри/км²)
КОРОТКОЖИВУЩИХ ИЗОТОПОВ В ТЕЧЕНИЕ 1962 ГОДА

Станция отбора	Sr ⁸⁹	Zr ⁹⁵	Ru ¹⁰³	Ru ¹⁰⁶	J ¹³¹	Ba ¹⁴⁰	Ce ¹⁴¹	Ce ¹⁴⁴
США								
Вествуд, шт. Нью-Джерси [27]	240	390					160	305
Питтсбург, шт. Пенсильвания [27]	190	290					360	290
Ричмонд, шт. Калифорния [27]	90	110		41			53	73
Хьюстон, шт. Техас [27]	180	340				330	220	300
Соединенное Королевство								
Милфорд-Хейвен [45]	161	125				108		165
Чилтон [45]	63	103			68	81		100
Италия								
Испра [91]	131	270	190	190			110	350

Таблица XIV. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СТАБИЛЬНОГО УГЛЕРОДА И ПРИРОДНОГО C¹⁴ МЕЖДУ
ОБМЕНИВАЮЩИМИСЯ РЕЗЕРВУАРАМИ [126]

Резервуар углерода	Масса углерода (г/см ²) ^a	Содержание природного C ¹⁴ (10 ²⁷ атомов)	Резервуар углерода	Масса углерода (г/см ²) ^a	Содержание природного C ¹⁴ (10 ²⁷ атомов)
Атмосфера	0,12	40	Поверхностные воды океана (выше термоклины)	0,18	55
Биосфера (земная)	0,06	19			
Гумус	0,20	55			
			Остальные воды океана	7,5	2000
			Всего	8,1	2170

^a Количество граммов углерода на 1 см² земной поверхности.

Таблица XV. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗБЫТОЧНОГО C¹⁴ МЕЖДУ РЕЗЕРВУАРАМИ И ОБЩЕЕ СОДЕРЖАНИЕ [1, 23, 34, 423] (10²⁷ атомов)

Резервуар	Июль 1957 г.	Июль 1958 г.	Июль 1959 г.	Ноябрь 1960 г.	Май-июнь 1961 г.	Март-апрель 1963 г.	Июль 1963 г.	Январь 1964 г.
Стратосфера	7,4	8,4	12,0 ^a	6,4	8,1	23,6	26,7	22,0
Тропосфера	2,5	4,0	6,7	10,5	11,8	24,5	28,4	26,0
Океан ^a	0,5	1,2	2,2	5,1	6,2	12,1	13,4	15,4
Биосфера ^a	0,1	0,2	0,4					
Всего	10,5	13,8	20,0	21,4	25,3	60,2	68,5	63,4

^a Расчетные данные. Данные по поглощению C¹⁴ водами океана рассчитаны, исходя из ежегодного поглощения водами океана 20 процентов содержания C¹⁴ в тропосфере.

Таблица XVI. ОТНОШЕНИЕ Sr^{90} К КАЛЬЦИЮ В МОЛОКЕ

Приведенные в кюри/г Ca значения отношения Sr^{90}/Ca являются среднегодовыми, за исключением указанных особо

Вид исследований: А — систематическое широкое обследование
В — систематическое местное обследование
С — периодический отбор пробы

Область, район или страна	Широта	1961 г.	1962 г.	1963 г.	Вид исследования	Источник
СЕВЕРНАЯ АМЕРИКА						
	>15° с. ш.					
Канада	40—55° с. ш.	8,4 ^a	19,4 ^a	27,8 ^a	А	262, 263
США	25—48° с. ш.	7±2 ^b	11±4 ^b	19±6 ^b	А	164
Аляска	62° с. ш.	7	9	18	А	164
г. Нью-Йорк, шт. Нью-Йорк	—	6,7	12	26	В	165
Чикаго, шт. Иллинойс	—	4,3	7,0	14,1	С	165
Сан-Франциско, Калифорния	—	1,7	3,5	10,2	С	165
Мексика	~15—30° с. ш.	—	0,9	0,9 ^c	В	267
ЕВРОПА						
	>30° с. ш.					
Австрия	47—49° с. ш.	10,3	16,9	—	А	268, 386
Бельгия	~50° с. ш.	4,2 ^d	—	—	А	79
Чехословакия	48—51° с. ш.	4,6 ^e	8,4 ^f	—	С	269
Дания	55—60° с. ш.	4,1	10,1 ^g	23,8 ^g	А	97, 167, 179
			8,1 ^h	24,1 ^h		
Фарерские о-ва	60—70° с. ш.	—	68	131	А	98, 179
Финляндия	60—67° с. ш.	5,6 ^h	13,0 ^h	22,7 ^h	А	270
Франция	42—50° с. ш.	7,9	16,8	26,7 ⁱ	А	282
Федеративная Республика Германии	43—55° с. ш.	—	—	17,4 ^z	*	387
Ирландия	52—55° с. ш.	—	21,5 ^j	23,7 ^k	А	169, 272
Италия	37—47° с. ш.	5,7 ^l	12,4 ^l	—	А	42, 100, 101, 273
Нидерланды	52—54° с. ш.	4,4	9,3 ^{zz}	24,5 ^{zz}	А	274, 275, 388
Норвегия	58—70° с. ш.	12,1 ^a	18,5 ^a	—	А	88, 276
Польша	50—55° с. ш.	5,8 ^{h,n}	7,8 ^{h,o}	—	А	183, 184
Швеция	55—70° с. ш.	—	—	26	С	277
Швейцария	~47° с. ш.	7,7—18,9 ^p	16,7 ^a	—	В	278, 279
Соединенное Королевство	50—60° с. ш.	5,9 ^h	11,7 ^h	25,6 ^h	А	168, 169, 280
СССР						
Московская область	~55° с. ш.	4,4	6,4 ^m	—	В	281
Рязанская область	~55° с. ш.	6,1 ^r	—	—		
БЛИЖНИЙ ВОСТОК						
	>30° с. ш.					
Израиль	—	—	4,8 ^u	8,7 ^m	С	283
АЗИЯ						
Индия (Бомбей)	20° с. ш.	1,4	2,6	—	В	284, 285
ДАЛЬНИЙ ВОСТОК						
Япония	30—50° с. ш.	—	8,8	14,9	АС	186, 286, 287, 288, 289
ТИХИЙ ОКЕАН						
США, Гавайские о-ва	21° с. ш.	4	4	9	В	164
ЦЕНТРАЛЬНАЯ АМЕРИКА						
США, Пуэрто-Рико	18° с. ш.	3	9	12	В	164
ЮЖНАЯ АМЕРИКА						
Аргентина (район морского побережья)	~36° ю. ш.	2,5	3,3	3,7	В	265
АФРИКА						
Объединенная Арабская Республика	20—30° с. ш.	4,6 ^x	7,7 ^y	16,0 ^y	А	290, 291, 292

ТАБЛИЦА XVI (продолжение)

Область, район или страна	Широта	1961 г.	1962 г.	1963 г.	Вид исследования	Источник
ОКЕАНИЯ						
Австралия	10—40° ю. ш.	4,4 ^a	5,9 ^a	5,8 ^{УУ}		А 293,294,395
Новая Зеландия	35—47° ю. ш.	4,9 ^a	6,1 ^a	7,1 ^a		А 295,296,389
^a Невзвешенное среднее для всех станций.					^l Средневзвешенные по населению.	
^b Средневзвешенное по населению всей страны.					^m Только за январь—июнь.	
^c Только за февраль—июль.					ⁿ За период с августа 1960 года по июль 1961 года.	
^d Только за июль—декабрь.					^o За период с августа 1961 года по июль 1962 года.	
^e Ограниченный отбор проб в течение 9 месяцев.					^p Диапазон значений для равнинных и горных районов соответственно.	
^f Ограниченный отбор проб в течение 4 месяцев 1962 г.					^r Только за январь—май.	
^g Средневзвешенное по сухому молоку, производимому во всей стране.					^u Только за апрель—декабрь.	
^h Средневзвешенное по свежему молоку, производимому во всей стране.					^x Район дельты Нила, только за июль—декабрь.	
ⁱ За январь—август, невзвешенное среднее для 7 станций отбора проб.					^y В среднем по району дельты Нила и Верхнему Египту.	
^j Только за апрель—декабрь.					^{УУ} Только за январь—февраль.	
^k За период с сентября 1962 года по сентябрь 1963 года.					^z Только за январь—сентябрь.	
					^{zz} Средневзвешенное по потреблению населением всей страны.	
					* Вид исследования не выяснен.	

Таблица XVII. СОДЕРЖАНИЕ Sr⁸⁹ В МОЛОКЕ В 1961, 1962 И 1963 ГОДАХ

Приведенные в пкюри/г Са значения содержания Sr⁸⁹ являются среднегодовыми, за исключением указанных особо

Вид исследования: А—систематическое широкое обследование
В—систематическое местное обследование
С—периодический отбор проб

Область, район или страна	Широта	1961 г.	1962 г.	1963 г.	Вид исследования	Источник
СЕВЕРНАЯ АМЕРИКА						
Канада	40—55° с. ш.	—	106 ^{b,c}	32 ^b	А	262,263
США	25—48° с. ш.	9±6 ^a	38±34 ^a	37±21 ^a	А	164
Аляска	62° с. ш.	14	45	25	В	164
ЕВРОПА						
Дания	50—60° с. ш.	18 ^b	48 ^b	56 ^b	А	97,167,179
Фарерские острова	60—70° с. ш.	—	333 ^c	352	А	98,179
Италия	37—47° с. ш.	—	63 ^a	—	А	100,101
Нидерланды	52—54° с. ш.	—	44 ^b	32 ^{b,f}	А	246
Соединенное Королевство	50—60° с. ш.	140 ^{d,e}	60 ^e	45 ^e	А	168,169,280
ЦЕНТРАЛЬНАЯ АМЕРИКА						
Пуэрто-Рико, США	18° с. ш.	13	61	59	В	164
ТИХИЙ ОКЕАН						
Гавайские острова, США	21° с. ш.	2	24	15	В	164

^a Средневзвешенное по населению всей страны ± стандартное отклонение.

^b Невзвешенные средние для всех станций отбора проб.

^c Только за апрель—декабрь.

^d Только за октябрь—декабрь.

^e Средневзвешенное по производству всей страны.

^f За январь—июнь.

Таблица XVIII. СОДЕРЖАНИЕ Sr⁹⁰ И КАЛЬЦИЯ В ПОЛНОМ ПИЩЕВОМ РАЦИОНЕ И В ЕГО СОСТАВНЫХ ЧАСТЯХ

Значения содержания Ca, приведенные в скобках, даны в г/день. Sr⁹⁰—в пкюри/день. Отношения Sr⁹⁰/Ca в полном пищевом рационе (графа 10)—в пкюри/г Ca

Виды исследований: А—Широкое обследование отдельных продуктов питания
В—Широкие систематические анализы пищевого рациона
С—Регулярный местный отбор проб
D—Периодический отбор проб

Область, район или страна	Широта	Год	Молоко и молочные продукты	Зерновые культуры	Фрукты и листовые овощи	Корнеплоды	Разные продукты питания	Вид исследования	Общий пищевой рацион (пкюри/г Ca)	Источник
СЕВЕРНАЯ АМЕРИКА										
Гренландия	>60° с. ш.	1962	3,2	4,6	0,5 ^a	0,2 ^b	1,5—6,6 ^c	A	6,6—9,9 ^c	99
США	25—49° с. ш.		(0,64)	(0,16)	(0,10)	(0,04)	(0,11)			
г. Нью-Йорк, шт. Нью-Йорк		1961	4,8	1,8	1,1	1,0	1,4	C	9,7	165
		1962	6,7	2,5	1,6	1,1	1,7	C	12,8	165
		1963	18,4	6,6	2,6	1,3	2,8	C	30,0	165
Чикаго, шт. Иллинойс		1961	2,6	1,9	1,1	0,7	0,9	C	7,1	165
		1962	4,3	2,8	1,2	0,8	1,4	C	10,7	165
		1963	8,4	6,4	2,0	1,1	1,5	C	19,2	165
Сан-Франциско, шт. Калифорния		1961	1,1	0,8	0,4	0,5	0,7	C	3,3	165
		1962	2,4	1,5	0,4	0,5	0,8	C	5,2	165
		1963	6,9	3,9	0,9	0,7	1,6	C	12,6	165
США (отбор проб пищевого рациона в общественных учреждениях) ^t		1961						B	7	366
		1962						B	5—11 ^v 10	366
		1963						B	5—20 ^v 22 9—35 ^v	366
США, Аляска (отбор проб пищевого рациона в общественных учреждениях)	62° с. ш.	1961						C	7	366
		1962						C	12	366
		1963						C	24	366
ЕВРОПА										
Австрия	>30° с. ш.	1961	(0,52)	(0,08)	(0,05)	(0,02)	(0,04)	A	13,8	268
		1962	5,9	2,6	0,8	0,5	—	A	26,7 ^d 32,7 ^e	297,386
		1963								
Дания		1961	3,1	3,8	1,5 ^a	0,5 ^b	0,4	A,B	5,9	167
		1962	7,6	7,3	3,1 ^a	0,5 ^b	1,1	A	12,4	97
		1963	17,9	28,0	4,4 ^a	0,9 ^b	2,0	A	31,3	179
								B	30,8 ^f	
Фарерские острова		1962	27,8	7,5	1,5 ^a	2,7 ^b	4,8	A	26,9	98
		1963	54,0	27,8	2,2 ^a	5,0 ^b	7,1	A	58,5	179
Федеративная Республика Германии		1962						C	19,8 ^g	298
		1963								
Франция ^u	42—50° с. ш.	1961	(0,54)	(0,07)	(0,09)	(0,04)		A	9,2	374
		1962	3,9	1,6	0,9	0,4 ^b		A	16,9	374
Польша		1962	8,1	1,8	2,1	0,5 ^b		A		
города			(0,43)	(0,16)	(0,04)	(0,03)	(0,04)			
		1961 ^h	2,5	8,1	0,9	1,2 ^b	0,4	A	18,2	184
		1962 ⁱ	3,1	7,0	0,8	1,3 ^b	0,4	A	17,8	183
		1963								
сельские районы			(0,88)	(0,22)	(0,07)	(0,04)	(0,02)			
		1961 ^h	5,1	10,7	1,3	1,6 ^b	0,1	A	15,4	184
		1962 ⁱ	6,2	9,5	1,4	1,6 ^b	0,1	A	15,2	183
		1963								

ТАБЛИЦА XVIII (продолжение)

Область, район или страна	Широта	Год	Молоко и молочные продукты	Зерновые культуры	Фрукты и листовые овощи	Корнеплоды	Разные продукты питания	Вид исследования	Общий пищевой рацион (в ккал/2 Са)	Источник
Соединенное Королевство			(0,59)	(0,05)	(0,06)	(0,02)	(0,36) ^к			
		1961	3,4	1,0	0,6	0,6	1,0 ^l	A	6,2	168
		1962	6,6	0,9	1,1	0,6	1,5 ^l	A	9,9	169
		1963	14,6	3,4	2,2	1,3	3,2 ^l	A	22,8	280
ДАЛЬНИЙ ВОСТОК 30—45° с. ш.										
Япония		1961		2,7 (0,05)	3,0 ^l (0,14)	2,2 (0,08)	0,6 ^m (0,20)	D ⁿ	18,5	170,221
		1962		1,3 (0,07)	5,6 ^l (0,28)	2,6 (0,05)	1,1 ^m (0,20)	D ^o	17,8	170,221
		1963		1,7 (0,05)	9,4 ^l (0,31)	3,5 (0,07)	0,8 ^m (0,20)	D ^p	24,6	170,221
АФРИКА										
ОАР (район дельты Нила)	<30° с. ш.	1961	—	—	—	—	—	C ^r	5,6	290
		1962	—	—	—	—	—	C	10,8	291
		1963	—	—	—	—	—	B	13,7 ^s	292
ЮЖНАЯ АМЕРИКА										
Аргентина (район побережья)	~35° ю. ш.	1963	(0,45) 1,7	(0,02) 0,5	(0,11) 1,2	(0,02) 0,4	(0,06) 0,5	B	6,5	265
ОКЕАНИЯ										
Гавайские о-ва, США (отбор проб пищевого рациона в общественных учреждениях)	21° с. ш.	1961						C	8	366
		1962						C	10	366
		1963						C	16	366
Австралия	10—40° ю. ш.	1961	(0,64) 2,8	(0,05) 0,4	(0,07) 0,4	(0,01) 0,1	(0,05) 0,2	A	4,7	293
		1962	3,8	0,3	0,5	0,2	0,1	A	5,9	294

^a Фрукты и овощи.^b Только картофель.^c В зависимости от источника питьевой воды.^d Города.^e Сельская местность.^f Средневзвешенное по населению всей страны.^g Проведенный в июле—октябре отбор проб суточного пищевого рациона в одной из мюнхенских больниц.^h Август 1960 года—июль 1961 года.ⁱ Август 1961 года—июль 1962 года.^j Включая питьевую воду и чай.^k Включая *creta praeparata*.^l Включая морские водоросли.^m Включая рыбу, моллюсков, молочные продукты, яйца и мясо.ⁿ Только в Токио в октябре 1961 года.^o Серия, состоящая из четырех отборов проб в четырех населенных пунктах каждая.^p Серия, состоящая из трех отборов проб в четырех населенных пунктах каждая, только за январь—июнь.^r Только за второе полугодие 1961 года.^s Средние данные по Верхнему и Нижнему Египту.^t Проведенное широкое обследование пищевых рационов в 21 школе-интернате США на основании данных о пищевом составе рационов детей и подростков в возрасте от 6 до 18 лет.^u Данные, репрезентативные для юго-восточного района Франции.^v Диапазон среднегодовых данных, полученных для отдельных школ.

Таблица XIX. СВЯЗЬ МЕЖДУ ОТНОШЕНИЕМ Sr⁹⁰/Ca В СМЕШАННОМ ПИЩЕВОМ РАЦИОНЕ И В МОЛОКЕ

Страна, район или населенный пункт	1960 г.	1961 г.	1962 г.	1963 г.	Источник
СЕВЕРНАЯ АМЕРИКА					
США, обследование трех городов:					
г. Нью-Йорк, шт. Нью-Йорк	1,5	1,4	1,3	1,3	165, 245, 309, 310
Чикаго, шт. Иллинойс	1,4	1,9	1,8	1,5	
Сан-Франциско, шт. Калифорния	1,7	1,9	1,7	1,2	
США, проект выборочных обследований в общественных учреждениях	—	1,5	1,2	1,4	182, 245, 309, 310
ЕВРОПА					
Соединенное Королевство	1,0	1,0	0,9	0,9	169, 280
Дания	1,7	1,4	1,4	—	97, 167
Польша	—	2,5 ^a	2,2 ^a	—	183, 184
		3,2 ^b	2,7 ^b	—	
Австрия	—	1,3	—	—	268
ДАЛЬНИЙ ВОСТОК					
Япония	3,0	—	~2,0	—	1, 185, 186
АФРИКА					
ОАР (район дельты Нила)	—	1,2	1,4	—	290, 291
АВСТРАЛИЯ					
	—	1,2	1,1	—	293, 294

^a Сельские районы.

^b Городские районы.

Таблица XX. СОДЕРЖАНИЕ Sr⁹⁰ В КОСТЯХ ЧЕЛОВЕКА
пюри Sr⁹⁰/г кальция
(в скобках указано число проб)

Область, страна или район	Год	Новорожден- ные и/или мертворож- денные	0-1 года	1 года	2 года	3 года	4 года	5-19 лет	>19 лет	Обследуемый вид кости (взрослые)	Источники
СЕВЕРНАЯ АМЕРИКА											
30—50° с. ш.											
Канада	1961	—	2,11 (1)	—	1,99 (5)	—	1,86 (6)	1,00 (87)		позвоночник	318,319
	1962	1,25 (4)	2,20 (5)	—	3,24 (7)	—	1,61 (8)	1,21 (36)		»	
США											
г. Нью-Йорк, шт. Нью-Йорк											
	1961	—	3,43 (8)	2,67 (5)	2,34 (2)	2,05 (5)	1,74 (4)	1,24 (35)	0,83 (7)	позвоночник	320,321,322
	1962	—	3,81 (16)	3,05 (8)	2,68 (4)	2,61 (10)	1,93 (3)	1,84 (26)	1,00 (14)		
	1963										
	январь—июнь	—	—	3,49 (1)	2,44 (3)	1,54 (1)	2,22 (1)	1,82 (16)	1,55 (2)	»	
	1963										
	июль—декабрь	—	6,81 (10)	9,84 (1)	5,03 (3)	3,41 (2)	—	2,41 (10)	1,55 (21)	»	
Чикаго, шт. Иллинойс . . .											
	1961	—	1,40 (1)	—	—	2,26 (1)	2,08 (3)	1,15 (9)	0,55 (39)	позвоночник	320,321,322
	1962	—	—	2,32 (1)	—	0,68 (1)	1,06 (1)	1,38 (10)	0,83 (50)		
	1963										
	январь—июнь	—	—	—	—	—	—	—	0,74 (2)	»	
	1963										
	июль—декабрь	—	3,51 (2)	—	3,70 (2)	2,76 (3)	—	2,42 (2)	1,19 (10)	»	
Сан-Франциско, шт. Кали- форния											
	1961	—	0,49 (10)	0,79 (3)	—	1,33 (4)	2,15 (2)	0,92 (11)	0,48 (45)	»	320,321,322
	1962	—	1,07 (16)	1,27 (2)	1,02 (6)	1,18 (5)	1,15 (4)	0,89 (19)	0,73 (9)	»	
	1963										
	январь—июнь	—	1,31 (11)	2,72 (2)	1,40 (6)	1,13 (5)	1,64 (2)	1,04 (11)	0,70 (5)	»	
	1963										
	июль—декабрь	—	2,43 (21)	—	3,51 (1)	—	1,72 (3)	1,64 (16)	1,02 (17)	»	
ЦЕНТРАЛЬНАЯ АМЕРИКА											
10—20° с. ш.											
Сан-Хуан, Пуэрто-Рико, США	1961	—	—	—	—	—	—	0,98 (23)	0,79 (28)	позвоночник	320,321
	1962	—	—	—	—	—	—	1,36 (33)	1,36 (13)	»	
ЮЖНАЯ АМЕРИКА											
>20° ю. ш.											
Аргентина (район морского побережья)											
	1961	—	0,71 (17)	0,77 (6)	0,75 (4)	—	—	—	—	»	265
	1962	—	0,83 (7)	0,66 (7)	0,76 (2)	—	—	—	—	»	
	1963	0,77 (23)	—	—	—	—	—	—	—	»	
ЕВРОПА											
45—70° с. ш.											
Чехословакия	1961	—	3,2 (3)	3,7 (1)	—	2,3 (1)	2,5 (1)	1,6 (1)	—	—	323
Дания	1961	—	—	—	—	—	—	1,04 (19)	0,82 (45)	позвоночник	97,167,179
	1962	—	3,80 (9)	2,68 (1)	1,66 (2)	—	1,61 (1)	0,94 (20)	0,81 (78)	»	
	1963	2,80 (11)	—	—	4,23 (18)	—	—	2,17 (13)	1,53 (20)	»	

ТАБЛИЦА XX (продолжение)

Область, страна или район	Год	Новорожден- ные или мертворож- денные	0—1							Обследуемый вид кости (в скобках)	Источники
			года	год	года	года	года	лет	>19 лет		
Федеративная Республика Германия	1961	0,88 (136)	1,23 (35)		1,12 (17)		0,38 (30)	большая берцовая кость	204,324		
	1962	1,16 (118)	1,87 (25)		—		—	—			
Норвегия	1961	1,43 (11)	1,91 (27)	2,16 (17)		1,59 (25)	1,18 (14)	позвоночник	325		
	1962	0,99 (9)	3,60 (6)	1,83 (3)		1,99 (17)	1,05 (5)	»			
	1963	1,80 (3)	7,1 (1)	—		3,7 (2)	—	»			
Польша	1961	—	1,77 (58)	2,59 (12)	2,19 (8)	1,92 (5)	2,04 (28)	1,18 (191)	позвоночник 326,327		
	1962	1,54 (26)	1,96 (29)	2,20 (3)	4,00 (1)	—	1,78 (9)	1,40 (160)	»		
Швейцария	1961	{ 1,10 (12)	—	—	—	—	—	0,80 (39)	позвоночник и грудная кость 278,279		
	1962	{ —	—	—	—	—	—	0,58 (16)	ребра		
	1962	{ —	—	—	—	—	—	0,92 (21)	позвоночник		
	1962	{ —	—	—	—	—	—	0,68	ребра		
Соединенное Королевство	1961 ^a	0,81 (282)	1,67 (105)	2,60 (24)	2,54 (18)	1,71 (7)	1,67 (12)	1,10 (68)	0,33 (25)	бедро 328,329	
	1961 ^b	0,69 (9)	1,83 (47)		1,00 (30)		0,68 (48)	позвоночник	330,331,373		
	1962	0,99 (230)	2,00 (132)	2,38 (22)	2,55 (10)	1,75 (3)	2,37 (6)	1,19 (44)	0,32 (11)	бедро	
	1963 январь—июнь	1,5 (56)	3,3 (73)	3,7 (10)	4,0 (6)	2,0 (8)	2,1 (8)	1,4 (35)	0,5 (9)	бедро	
СССР ^c	1961	1,41 (13)	1,17 (7)	1,41 (2)		1,09 (6)		0,52 ^d (112)	различные части ске- лета	399	
	1962	1,62 (62)	2,13 (52)	2,51 (14)		1,77 (1661)		0,85 ^d (2071)	(нормали- зованные данные)	399	
	1963	—	5,00 (6)	4,23 (7)		1,88 (1567)		1,05 ^d (4142)	»	399	
ДАЛЬНИЙ ВОСТОК											
30—45° с. ш.											
Япония	1961	1,68 (2)	1,36 (9)		1,38 (51)		0,43 (92)	ребра	332		
	1962	0,88 ^c (5)	1,86 (19)		1,38 (36)		0,44 (124)	»			
	1963	1,35 (17)	1,68 (26)	1,43 (12)		1,40 (44)					
ОКЕАНИЯ											
Австралия 20—40° ю. ш.	1961	0,64 (226)	1,10 (273)	1,52 (34)	1,15 (24)	1,15 (27)	0,75 (12)	0,68 (191)	0,56 (879)	позвоночник 293,294	
	1962	0,69 (203)	1,36 (234)	2,04 (27)	1,06 (21)	1,20 (11)	1,15 (12)	0,81 (234)	0,55 (751)	»	

^a Научно-исследовательский центр по атомной энергии, сводные результаты исследований, проведенных в Шотландии и Кембридже.

^b Обследование западной части Лондона.

^c Включая четыре угробных плода.

^d Средние данные, полученные при исследовании различных костей. В 1961 году данные нормализованы по Кульпу и Шулерту [396]; в 1962 и 1963 годах—согласно выведенным авторами коэффициентам [400].

^e Средние значения для районов европейской и азиатской частей СССР.

Таблица XXI. ОТНОШЕНИЯ Sr⁹⁰/Ca В КОСТЯХ ГРУДНЫХ ДЕТЕЙ И В МОЛОКЕ ЗА 1962 ГОД

Страна или населенный пункт	Sr ⁹⁰ /Ca в костях		Страна или населенный пункт	Sr ⁹⁰ /Ca в костях	
	Sr ⁹⁰ /Ca в молоке			Sr ⁹⁰ /Ca в молоке	
Аргентина	0,25		Польша	0,25	
Австралия	0,24		Соединенное Королевство	0,17	
Канада	0,11		США		
Дания	0,42		Нью-Йорк	0,32	
Япония	0,19		Сан-Франциско	0,30	
Норвегия	0,20				

Таблица XXII. СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ О СОДЕРЖАНИИ Sr⁹⁰ В ПИЩЕВОМ РАЦИОНЕ И В КОСТЯХ ВЗРОСЛОГО ЧЕЛОВЕКА (ПОЗВОНОЧНИК) В 1961—1962 ГОДАХ
(в скобках указано число образцов костей)^a

Страна или населенный пункт	Sr ⁹⁰ /Ca в пищевом рационе		Страна или населенный пункт	Sr ⁹⁰ /Ca в пищевом рационе	
	Sr ⁹⁰ /Ca в костях 1961—1962 гг.			Sr ⁹⁰ /Ca в костях 1961—1962 гг.	
Австралия	9,4		США		
	(1630)		г. Нью-Йорк, шт. Нью-Йорк	12,2	
Дания	11,1			(21)	
	(123)		Чикаго, шт. Иллинойс	13,0	
Польша	13,9			(89)	
	(351)		Сан-Франциско, шт. Калифорния	7,1	
Соединенное Королевство	10,2 ^a			(22)	
	(48)				

^a Только за 1961 год.

Таблица XXIII. СОДЕРЖАНИЕ Cs¹³⁷ В МОЛОКЕ

Приведенные в пикюри/л значения содержания Cs¹³⁷ являются среднегодовыми, за исключением указанных особо

Вид исследования: А — Систематическое широкое обследование
В — Систематическое местное обследование
С — Периодический отбор проб

Область, район или страна	Широта	1961 г.	1962 г.	1963 г.	Вид исследования	Источники
СЕВЕРНАЯ АМЕРИКА						
Канада	40—55° с. ш.	—	81,4 ^a	172 ^a	А	262, 263
США	25—48° с. ш.	10±11 ^b	43±18 ^b	111±37 ^b	А	164
США, Аляска	62° с. ш.	10	37	117	В	164
ЕВРОПА						
Австрия	47—49° с. ш.	49 ^c	100 ^c	—	А	268, 386
Дания	55—60° с. ш.	14 ^a	43 ^{c, d} 35 ^{c, e}	107 ^{c, d} 112 ^{c, e}	А	97, 167, 179
Фарерские острова	60—70° с. ш.	—	535 ^f	974 ^f	А	98, 179
Финляндия	60—67° с. ш.	—	—	210 ^g	С	299
Франция	42—50° с. ш.	25 ^{c, d}	67 ^{c, d}	220 ^h	А	428
Федеративная Республика Гер- мании	43—55° с. ш.	—	—	127 ^f	*	387
Ирландия	50—55° с. ш.	—	77 ⁱ	—	А	169
Италия	37—47° с. ш.	32 ^b	80 ^b	—	А	42, 100, 101, 273
Нидерланды	52—54° с. ш.	—	54 ^b	155 ^b	А	246, 275, 388
Норвегия	58—70° с. ш.	—	75 ^{c, k}	150 ^{c, k} 444 ^{c, l}	А	223, 367
Швеция	55—70° с. ш.	30	75 ^m	185 ^m	А, В (1961)	214, 277
Швейцария, Женева	~46° с. ш.	—	—	103 ⁿ	В	300
Соединенное Королевство	50—60° с. ш.	21 ^c	62 ^c	135 ^c	А	168, 169, 280
ЦЕНТРАЛЬНАЯ АМЕРИКА						
Пуэрто-Рико, США	18° с. ш.	5	40	88	В	164

ТАБЛИЦА XXIII (продолжение)

Область, район или страна	Широта	1961 г.	1962 г.	1963 г.	Вид исследования	Источники
ОКЕАНИИ						
Гавайские острова, США	21° с. ш.	10	27	73	B	164
Австралия	10—40° ю. ш.	—	—	30 ^b	A	397
Новая Зеландия	35—47° ю. ш.	—	—	56 ± 10 ^{a, s}	A	295, 296, 389
ДАЛЬНИЙ ВОСТОК						
Япония	30—50° с. ш.	—	57	119	A°	186, 286—289
АЗИЯ						
Индия, Бомбей	19° с. ш.	9,0	8,8	—	B	284, 285
АФРИКА						
ОАР	20—30° с. ш.	—	12,0	—	A	291
ЮЖНАЯ АМЕРИКА						
Аргентина (район морского побережья)	35—55° ю. ш.	17	19	13	B	394

* Вид исследования неизвестен.

^a Невзвешенное среднее для всех обследованных районов, производящих молоко.^b Средневзвешенное по населению всей страны ± стандартное отклонение^c Средневзвешенное по производству всей страны.^d Сухое молоко.^e Свежее молоко.^f Местного производства (среднее потребление в 1962 году — 412 пкюри/л).^g Невзвешенное среднее по трем районам, производящим молоко, за период с октября 1962 года по июль 1963 года включительно.^h Обозначено как «молоко по департаментам».ⁱ Только за апрель — декабрь.^k Только за февраль — март.^l За период с марта 1963 года по февраль 1964 года 31 регулярно обследуемая станция.^m Средневзвешенное по потреблению в масштабах всей страны.ⁿ Молочное снабжение Женевы только за июнь — декабрь.^o Несистематический отбор проб.^r Только за январь — сентябрь.^s Только за июль — декабрь.Таблица XXIV. СОДЕРЖАНИЕ Cs¹³⁷ В ОБЩЕМ ПИЩЕВОМ РАЦИОНЕПриведенные в пкюри/день значения содержания Cs¹³⁷ являются среднегодовыми, за исключением указанных особо

Вид исследования: А — Широкое обследование отдельных продуктов питания

В — Систематические анализы состава пищевого рациона

С — Периодический отбор проб

Область, район или страна	Широта	Год	Молоко и молочные продукты	Мясо	Разные продукты	Есего	Вид исследования	Источники
СЕВЕРНАЯ АМЕРИКА								
Гренландия	60—80° с. ш.	1962	9	43	16—21 ^a	68—73	A	99
США	25—49° с. ш.							
г. Нью-Йорк, шт. Нью-Йорк		1963 ^b	82	2	72	156	C	165
Чикаго, шт. Иллинойс		1963 ^c	42	23	51	116	C	165
Сан-Франциско, шт. Калифорния		1963 ^d	36	26	116	278	C	165
США (отбор проб пищевого рациона в общественных учреждениях) ^m		1961				28	B	366
		1962				(11—134) ⁿ 49	B	366
		1963				(11—100) ⁿ 140	B	366
						(45—270) ⁿ		
США — Аляска (отбор проб пищевого рациона в общественных учреждениях)	62° с. ш.	1961				46	B	366
		1962				42	B	366
		1963				140	B	366

ТАБЛИЦА XXIV (продолжение)

Область, район или страна	Широта	Год	Молоко и молочные продукты	Мясо	Разные продукты	Всего	Вид исследования	Источники
ЕВРОПА								
Дания	50—60° с. ш.	1962	20	27	19	66	A	97
»		1963	50	94	114	258	A	179
Фарерские острова	60—70° с. ш.	1962	166	401	84	651	A	98
Финляндия (Лапландия)	> 68° с. ш.							
мужчины		1961	210	4 330	460 ^г	5 000	A	226
женщины		1961	140	1 440	320 ^h	1 900	A	226
Швеция	~55—70° с. ш.	1962 ^e	95	50	70	215	A	214
.		1964 ^f	90	75	100	265	A	277
Соединенное Королевство	50—60° с. ш.	1961	9	11	11	31	A	280
.		1962	26	40	16	82	A	280
.		1963	57	70	40	162	A	280
АФРИКА								
ОАР (район дельты Нила)	<30° с. ш.	1962				~34	C	291, 393
ДАЛЬНИЙ ВОСТОК								
Япония	30—50° с. ш.	1961 ⁱ	12 ^j	—	53	65	C	170, 221
.		1962 ^k	17 ^j	—	61	78	C	170, 221
.		1963 ^l	20 ^j	—	67	87	C	170, 221
ОКЕАНИЯ								
Гавайские острова, США (отбор проб пищевого рациона в общественных учреждениях)	21° с. ш.	1961				32	B	366
.		1962				39	B	366
.		1963				95	B	366
ЮЖНАЯ АМЕРИКА								
Аргентина	~35° ю. ш.	1961	11,6	20,2	8,6	~40	B	301

^a В зависимости от источника питьевой воды.

^b Ноябрь 1963 года.

^c Октябрь 1963 года.

^d Декабрь 1963 года.

^e Конец лета 1962 года.

^f Январь 1964 года.

^г Включая 420 пкюри/день, поглощаемых с рыбой.

^h Включая 310 пкюри/день, поглощаемых с рыбой.

ⁱ Данные для Токио; только за октябрь 1961 года.

^j Молочные продукты, яйца, мясо, рыба и моллюски.

^k Данные за 1962 год включают 4 серии проб в 4 населенных пунктах Японии.

^l Данные за 1963 год включают 3 серии проб в 4 населенных пунктах за период январь — июль.

^m Проведенное в широком масштабе обследование пищевых рационов в 21 школе-интернате США на основании данных о составе пищевых рационов детей и подростков в возрасте от 6 до 18 лет.

ⁿ Диапазон среднегодовых данных, полученных для отдельных школ.

Таблица XXV. БИОЛОГИЧЕСКИЙ ПЕРИОД ПОЛУВЫВЕДЕНИЯ ЦЕЗИЯ ИЗ ОРГАНИЗМА ВЗРОСЛОГО ЧЕЛОВЕКА, ОПРЕДЕЛЕННЫЙ ПО МЕТОДУ ОБСЧЕТА ВСЕГО ОРГАНИЗМА (долгосрочный компонент удержания)

Автор	Число обследованных лиц	Период полувыведения в днях (в скобках указаны крайние значения)	Автор	Число обследованных лиц	Период полувыведения в днях (в скобках указаны крайние значения)
Лиден [244]	1	74	Оберхаузен [336]	1	144
Ричмонд [232]	4	135	Роу [337]	1	150
.		(110—147)	Ван Дилла и др. [338]	3	~140
Рундо [230]	10	89	Тэйлор и др. [339]	4	109
.		(58—129)		(79—123)
Рундо [230]	4	~119	Колард [316]	2	99
.		(109—149)	Лиден [375]	8	72
Макнейл [333]	3	115		(32—92)
Миллер [334]	2	110	Хесенен и др. [370]	6	63
Миллер [335]	2	88		(42—93)
.		(82, 95)			

Таблица XXVI. СОДЕРЖАНИЕ ЦЕЗИЯ ¹³⁷ В ОРГАНИЗМЕ ЧЕЛОВЕКА
 Все значения являются среднегрупповыми, выражеными в пКири Cs¹³⁷/гК (цифрами в скобках указано число проведенных измерений)

Область, страна или район	1960 г.				1961 г.				1962 г.				1964 г.				Источники
	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	
СУБАРКТИЧЕСКИЕ РАЙОНЫ																	
США, Аляска (ес- кимсы)																	225, 368
Финляндия (лопа- ри)					470— 1 630 ^а (140)												226, 369
Швеция (лопарь) 3 025 ^л (2) 2 140 ^а (81)					820 ^б (4) 980— 3 025 ^л (2) 2 140 ^а (81)												226, 243, 244, 371
СССР ^х																	398
Гренландия				45 (1)													311
СЕВЕРНАЯ АМЕ- РИКА																	
Соединенные Шта- ты Америки ^с			46 (147)	46 (164)	31 (170)	32 (75)	24 (80)	24 (80)	28 (104)								311, 312
США, шт. Нью- Мексико			58	58	53	42	46	47 (74)	47 (74)	44 (69)	40 (163)	49 (33)	58 (72)	72 (86)	92 (80)	95 ^д	220, 313
Канада				55 (1)			26 (2)										311
ЦЕНТРАЛЬНАЯ АМЕРИКА И БАС- СЕЙН КАРИБ- СКОГО МОРЯ^с																	
ЕВРОПА			58 (1)	58 (4)	37 (5)	20 (3)											311
Европа ^с			66 (36)	65 (40)	52 (32)	49 (11)	41 (5)	36 (7)									311
Дания																	179
Норвегия					180 ^е (15) 480 ^г (6)												222, 224, 244
Швеция																	243, 244, 372
Финляндия ^h							44 (11)										226, 369, 370

Соединенное Королевство ^{bb}	50—55° с. ш.	49 (14)	42 (15)	37 (15)	36 (12)	31 (14)	28 (10)	25 (25)	54 (10)	64 (12)	89 (11)	115 (13)	135 (13)	314, 340
Федеративная Республика Германия	47—55° с. ш.	64 (982)	57 (1 299)	45 (488)	33 (610)	31 (1 634)	28 (1 181)	32 (837)	74 ^l (211)	89 (469)	104 ^j (187)	181 ^r (23)	143 ^p (233)	311, 315
Польша	50—55° с. ш.									133 ^k (23)				233
Бельгия	~ 50° с. ш.	51 (49)	44 (60)	38 (55)	33 (94)	31 (279)	29 (303)	48 (495)	73 (507)	117 (529)				316
Швейцария ^t	~ 47° с. ш.									74 (5)	107 (5)	151 (5)	171 ^u (5)	300
АЗИЯ		32 (1)												311
ДАЛЬНИЙ ВОСТОК														
Дальний Восток ^c	Не указано	44 (27)	42 (38)	30 (28)	19 (3)	31 (2)	19 (9)	37 (3)						311
Япония	30—45° с. ш.		28 (12)	37 (11)		41 ^m (21)	61 ^m (38)	39 ^m (62)	41 ^m (57)	55 ^m (54)	64 ^m (68)	59 ^m (68)	79 ^m (65)	239, 241, 242, 311, 385
БЛИЖНИЙ ВОСТОК		33 (1)	62 (2)	49 (2)										311
АФРИКА														
Страна не указана ^c	Не указано	43 (5)	26 (1)	20 (4)										311
АВСТРАЛИЯ ^c	Не указано		36 (1)			30 (5)	28 (24)	27 (23)	25 (10)	35 (7)	36 (24)	33 (19)	33 (22)	317

^a Только за октябрь.
^{bb} Данные только из Харуэлла, графство Беркшир, Англия.
^a Средние значения для различных групп местного населения (только лопари).
^b Местные фермеры.
^c Сводные данные, сообщенные Исследовательским институтом Армии им. Уолтера Рида.
^d Эти данные для 155 лиц поступили из Лос-Анжелоса.
^e Жители Осло.
^f Жители Бергена.
^g Жители Масфьордена.
^h Жители Хельсинки.
ⁱ Только за март.
^j Только за июль.
^k Только за апрель. Жители Лодзи.
^m Оценка на основе радиохимического анализа мышечных тканей по Ямагата.
ⁿ Оленеводы.
^p За январь и февраль.
^q Только за октябрь.
^r Только за ноябрь. Жители Лодзи.
^s Жители Стокгольма.
^t Жители Женевы.
^u Только за январь.
^v Население Западной Норвегии. Средняя величина для Масфьордена составляла 1404 (778—2147) пкюри/гК.
^x Диапазон концентраций Cs137 в организме отдельных оленеводов по наблюдениям в районах Мурманска, Магадана, в Ненецком, Ямало-Ненецком и Таймырском национальных округах и в Коми АССР.
^y Приближенные значения, вычисленные только для взрослых индивидуумов исходя из общего содержания Cs137 в организме (нанокюри) при условии, что калорий содержится в организме в количестве 140 г.
^z Мальчики из Осло в возрасте 12—16 лет.

Таблица XXVII. КОЭФФИЦИЕНТЫ ПРОПОРЦИОНАЛЬНОСТИ, СВЯЗЫВАЮЩИЕ ОТНОШЕНИЕ Cs^{137}/K В ОРГАНИЗМЕ ЧЕЛОВЕКА СО СРЕДНИМ ВЫПАДЕНИЕМ Cs^{137} В ПОЛОСЕ 30—60° С. Ш.

P_r — коэффициент наблюдаемой скорости выпадения осадков за 12-месячный период, оканчивающийся 1 июля данного года.

P_{24c} — коэффициент отложения за предыдущие 24 месяца.

Оба коэффициента выражены в пюри $Cs^{137}/гК$ на мюри/км².

Страна	P_r	P_{24c}
Бельгия	2,25	2,42
Федеративная Республика Германии	1,94	3,35
Соединенное Королевство, графство Беркшир	1,54	2,90
США, шт. Нью-Мексико	1,79	3,47
В среднем	1,88≈1,9	3,04≈3,0

Таблица XXVIII. СОДЕРЖАНИЕ J^{131} В ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЕ ЧЕЛОВЕКА, УСТАНОВЛЕННОЕ ПУТЕМ ОТСЧЕТА *post mortem in vitro* в пюри/г свежей ткани (в скобках указано число проб)

Населенный пункт и объект исследования	1961 г.			1962 г.				Источники
	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	
г. Нью-Йорк, щитовидная железа плода в предродовой период от 3 месяцев до полного срока				199 ^a 10,5—630,0 (4)	29,0 0—61,0 (7)	4,7 0—13,1 (4)	20,0 0—40,5 (2)	249
г. Нью-Йорк, несчастные случаи	~11,5 ^b (20)	2,2 (26)		5,8 (82)				248, 249
г. Нью-Йорк, пациенты больницы для взрослых	2,3 (4)				1,6±1,5 (7)			248, 249
г. Нью-Йорк, дети, умершие в больницах и в результате несчастных случаев					26±17 (5)			249
Токио, пациенты больниц			5,6 (52)					255

^a Данные за период с 20 сентября. Отрицательные результаты за предшествующий период не учтены.

^b Рассчитано на основе имеющихся данных о полной

активности в щитовидной железе, а также данных о среднем весе щитовидной железы взрослых, приведенных в том же источнике.

Таблица XXIX

Содержание J^{55} в щитовидной железе, определенное методом отсчета *in vivo*
(в скобках указано число объектов исследования)

Населенный пункт и возраст	Период измерений	Среднее потребление молока (в литрах/день)	Содержание J^{55} в щитовидной железе (в пкюри)	Источники
СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ				
г. Нью-Йорк, шт. Нью-Йорк Взрослые	Ноябрь 1961 г.	0,25—1,0	57 ± 33 (6)	248
г. Нью-Йорк, шт. Нью-Йорк Взрослые	Ноябрь 1961 г.	Очень низкое	$4,3 \pm 4,9$ (3)	248
г. Нью-Йорк, шт. Нью-Йорк До 18 лет	Ноябрь 1961 г.	~1,0	83 ± 29 (16)	248
СОЕДИНЕННОЕ КОРОЛЕВСТВО				
Лондон (Саттон) Взрослые	Ноябрь 1961 г.	~0,25	250^a (20)	254
СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ				
шт. Юта Взрослые	1—6 августа 1962 г.	1,3	$5\ 900$ $3\ 700—11\ 000$ (14)	250
шт. Юта Взрослые	22—31 августа 1962 г.	1,3	$3\ 600$ $700—10\ 900$ (12)	250
г. Бостон, шт. Массачусетс 4—17 лет	Сентябрь 1962 г.	Не указано	$30—56^b$	260
г. Бостон, шт. Массачусетс 4—17 лет	Октябрь 1962 г.	Не указано	$71—124^b$	260
г. Бостон, шт. Массачусетс 4—17 лет	Ноябрь 1962 г.	Не указано	$75—175^b$	260
г. Нью-Йорк, шт. Нью-Йорк Взрослые	Октябрь 1962 г.	0,8	300 ± 130 (11)	249
ФЕДЕРАТИВНАЯ РЕСПУБЛИКА ГЕРМАНИИ				
Взрослые	Сентябрь — Октябрь 1962 г. (муниципальная система водоснабжения)	<0,5	<50 <30—170 (16)	256
Взрослые (водоснабжение из цистерн)	Сентябрь 1962 г.	~1,0	~300 <30—700 (18)	256
Дети грудного возраста, вскармливаемые свежим коровьим молоком	Октябрь 1962 г.		64 10—100 (5)	256

^a Наивысший уровень. Интегральная активность в щитовидной железе за период с сентября 1961 года по январь 1962 года составляла 15 нанокюри дней.

^b Диапазон средних величин, полученных в результате измерений у группы детей, проводившихся в разные дни указанного периода.

Таблица XXX. СОДЕРЖАНИЕ J^{131} В МОЛОКЕ И ДОЗЫ ОБЛУЧЕНИЯ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

Район, страна или область	Широта	Временной интеграл концентрации J^{131} в молоке (в пюри×д/л)			Рассчитанные дозы радиации в организме грудных детей, потребляющих 0,7 литра свежего молока в день (мрд)			Источники
		1961 г.	1962 г.	1963 г.	1961 г.	1962 г.	1963 г.	
СЕВЕРНАЯ АМЕРИКА								
Канада	~40—55° с. ш.	~6100 ^a	7350	—	70	85	—	302, 303
США	25—48° с. ш.	8220 ^b	10820 ^b	1700 ^b	95	130	20	164
США Аляска	62° с. ш.	21500	37800	1800	250	440	21	164
ЕВРОПА								
Дания	55—60° с. ш.	—	3160	—	—	36	—	97
Франция	42—50° с. ш.	12250	9630	—	140	110	—	282, 390
Федеративная Республика Германии	43—55° с. ш.	7350	6160 ^k	—	85	71	—	256
Ирландия (Северная часть Дублина)	52—55° с. ш.	—	6070 ^c	—	—	70	—	169
Италия	37—47° с. ш.	8600 ^e	9100 ^d	—	100	110	—	247, 304
Нидерланды	52—54° с. ш.	9520	5180	—	110	60	—	274, 391, 392
Норвегия	58—70° с. ш.	20000 ^j	—	—	230	—	—	276
Швеция	55—70° с. ш.	—	8600	—	—	100	—	214
Соединенное Королевство	50—60° с. ш.	8100	6890	—	94	80	—	305, 306
ДАЛЬНИЙ ВОСТОК								
Япония	30—50° с. ш.	—	—	—	—	—	—	—
Чиба		—	13300 ^f	—	—	150	—	185, 255
Токио		5000 ^h	10500 ^g	—	58	120	—	185, 255
ЦЕНТРАЛЬНАЯ АМЕРИКА								
Пуэрто-Рико, США	18° с. ш.	2750	4560	2950	32	53	34	164
РАЙОН ТИХОГО ОКЕАНА								
Гавайские острова, США	21° с. ш.	2130	4410	2220	25	51	26	164
ЮЖНАЯ АМЕРИКА								
Аргентина, Буэнос-Айрес	35° ю. ш.	не обнаружено	4450	—	—	51	—	307
ОКЕАНИЯ								
Австралия	10—40° ю. ш.	—	950 ⁱ	—	—	11	—	308

^a Только по району Онтарио.

^b Средневзвешенное по населению всей страны для детей до 2 лет.

^c За период с 17 сентября по 17 декабря.

^d За период с сентября 1962 года по февраль 1963 года.

^e За октябрь — декабрь.

^f За период с сентября 1962 года по март 1963 года.

^g За период с августа 1962 года по февраль 1963 года.

^h Оценка за октябрь — декабрь 1961 года.

ⁱ За период с мая по ноябрь 1962 года, средневзвешенное по населению.

^j За сентябрь — ноябрь 1961 года.

^k За январь — октябрь 1962 года.

Таблица XXXI. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАСЕЛЕНИЯ И ВЫПАДЕНИЙ ПО ШИРОТАМ [27, 104, 124, 376]

Широта	Площадь (10°км²)	Численность населения (в миллионах)	Отложение Sr ⁹⁰ , мюри/км²			Отложение Sr ⁸⁹ , мюри/км²			
			Кумулятивное отложение до 1960 г.	1961 г.	1962 г.	1963 г.	1961 г.	1962 г.	1963 г.
60—70° с. ш.	19	10	10	1,4	4,8	10,6	39	90	70
50—60° с. ш.	26	270	9,7	1,4	6,6	15	38	105	81
40—50° с. ш.	32	400	17	2,0	8,6	16	58	135	103
30—40° с. ш.	37	530	23	1,6	6,7	11	44	135	93
20—30° с. ш.	40	570	26	1,4	6,1	11	33	107	80
10—20° с. ш.	43	190	6,4	0,6	2,4	4,5	15	61	27
0—10° с. ш.	44	90	4,3	0,7	2,7	3,7	17	49	28
0—10° ю. ш.	44	95	5,3	0,6	1,8	1,2	—	29	12
10—20° ю. ш.	43	38	2,7	0,5	0,7	0,8	—	16	1,4
20—30° ю. ш.	40	34	4,0	0,9	1,2	1,1	—	15	2,9
30—40° ю. ш.	37	32	4,8	1,0	0,9	1,5	—	9	2,7
40—50° ю. ш.	32	3	5,2	0,7	1,3	1,5	—	8	1,8

Таблица XXXII. ОЦЕНКА КОЭФФИЦИЕНТОВ Z

	Кумулятивное отложение до 1960 г.	Sr ⁹⁰			Sr ⁸⁹		
		1961 г.	1962 г.	1963 г.	1961 г.	1962 г.	1963 г.
СЕВЕРНОЕ ПОЛУШАРИЕ							
Среднее отложение \bar{F} , мкюри/км ²	17,6	1,2	5,3	9,7	33	95	62
$\Sigma N_i F_i$	42 540	2 970	12 970	23 700	80 130	231 400	165 900
Z _N	1,17	1,17	1,20	1,18	1,18	1,18	1,27
ЮЖНОЕ ПОЛУШАРИЕ							
Среднее отложение \bar{F} , мкюри/км ²	4,3	0,8	1,2	1,2		16	4,4
$\Sigma N_i F_i$	907	137	270	233		4 180	1 380
Z _S	1,07	0,94	1,13	0,97		1,30	1,54
ВО ВСЕМ МИРЕ							
Среднее отложение \bar{F} , мкюри/км ²	11	1,0	3,4	5,6	16	58	37
$\Sigma N_i F_i$	43 000	3 240	13 200	24 000	80 130	274 000	167 000
Z _T	1,75	1,45	1,74	1,82	2,16	1,78	2,00

Таблица XXXIII. ПОЛНОЕ ИНТЕГРАЛЬНОЕ ОТЛОЖЕНИЕ Sr⁹⁰ И Cs¹³⁷ ПО СОСТОЯНИЮ НА ДЕКАБРЬ 1963 ГОДА И ПРЕДПОЛАГАЕМОЕ КОЛИЧЕСТВО БУДУЩИХ ОТЛОЖЕНИЙ (В МКЮРИ)

	0—80 с. ш. Sr ⁹⁰ Cs ¹³⁷		0°—50 ю. ш. Sr ⁹⁰ Cs ¹³⁷		50° ю. ш.—80° с. ш. Sr ⁹⁰ Cs ¹³⁷	
	Интегральное отложение по декабрь 1963 г.	8,6	14,1	1,7	2,7	10,3
Ожидаемое количество будущих отложений, рассчитанное на основании данных за январь 1964 г. по общему содержанию этих изотопов в стратосфере	3,0	4,5	0,9	1,3	3,9	5,8
Ожидаемое полное интегральное отложение	11,6	18,6	2,6	4,0	14,2	22,6

Таблица XXXIV. ЗАМЕРЕННЫЕ ГОДОВЫЕ ВОЗДУШНЫЕ ДОЗЫ (МРАД/ГОД) ОТ ПРОДУКТОВ ДЕЛЕНИЯ [351—355]

Страна	1961 г.	1962 г.	1963 г.	Страна	1961 г.	1962 г.	1963 г.
Япония				Швеция ^a	5	17	21
Токио	8,2	31	23	Район А	4	12	18
Чиба		40	40	» В	5	17	23
Иокосука			26	» С	6	16	23
Соединенное Королевство				» D	3	24	18
Лидс	4	19	20	Средневзвешенные по населению дозы в северном полушарии ^a	5,2	26	23
Гров	5	27	31				

^a Эти дозы вычислены с поправкой на широтное распределение радиоактивных осадков с использованием данных по отложению Sr⁹⁰, приведенных в таблице XXXI.

Таблица XXXV. ОТНОШЕНИЕ ГОДОВОГО ОТЛОЖЕНИЯ КОРОТКОЖИВУЩИХ ПРОДУКТОВ ДЕЛЕНИЯ К ГОДОВОМУ ОТЛОЖЕНИЮ Sr⁸⁹ ЗА 1962 ГОД [27, 45, 75, 76, 91]

Станция отбора проб	Zr ⁹⁵ Sr ⁸⁹	Ru ¹⁰³ Sr ⁸⁹	Ru ¹⁰⁶ Sr ⁸⁹	J ¹³¹ Sr ⁸⁹	Ba ¹⁴⁰ Sr ⁸⁹	Ce ¹⁴¹ Sr ⁸⁹	Ce ¹⁴⁴ Sr ⁸⁹
США							
Вествуд, шт. Нью-Джерси	1,6					0,7	1,3
Питсбург, шт. Пенсильвания	1,5		0,72			1,9	1,5
Ричмонд, шт. Калифорния	1,2		0,45			0,6	0,8
Хьюстон, шт. Техас	1,9				1,8	1,2	1,7
Соединенное Королевство							
Милфорд-Хейвен	0,78				0,67		1,0
Чилтон	1,6			1,1	1,3		1,6
Италия							
Испра	2,1	1,4	1,4			0,84	2,7
Среднее отношение R _j за 1962 год	1,5	1,4	0,9	1,1	1,3	1,0	1,5

Таблица XXXVI. РАСЧЕТНЫЕ ОЖИДАЕМЫЕ ВОЗДУШНЫЕ ДОЗЫ ОТ КОРОТКОЖИВУЩИХ РАДИОАКТИВНЫХ ИЗОТОПОВ [27, 45, 75, 76, 91, 358]

Радиоактивные изотопы	Zr ⁹⁵	Ru ¹⁰³	Ru ¹⁰⁶	J ¹³¹	Ba ¹⁴⁰	Ce ¹⁴¹	Ce ¹⁴⁴	Ожидаемая доза облучения (мрд)
Константа дозы гамма-облучения (K _j ×V _j в мрд/г·мкюри/км ²)	0,30 ^a	0,062	0,03	0,05	0,39 ^a	0,008	0,004	
Средняя продолжительность жизни T _m (в годах)	0,26	0,16	1,46	0,03	0,05	0,13	1,15	
T _m ×K _j ×V _j ×G _n)	0,094	0,012	0,053	0,0019	0,024	0,0012	0,0055	
1961 год								
<i>Ежегодное выпадение</i>								
Ежегодное выпадение Sr ⁸⁹	1,7	0,8	0,2	0,8	1,8	1,6	0,5	
Ожидаемая доза (в мрд)	5,1	0,32	0,3	0,05	1,4	0,06	0,16	7,4
1962 год								
<i>Ежегодное выпадение</i>								
Ежегодное выпадение Sr ⁸⁹	1,5	1,4	0,9	1,1	1,3	1,0	1,5	
Ожидаемая доза (в мрд)	14,4	1,7	4,9	2,1	3,2	0,1	0,8	27,2
1963 год								
<i>Ежегодное выпадение</i>								
Ежегодное выпадение Sr ⁸⁹	1,5	0,4	$\frac{Ru^{106}}{Ce^{144}} = 0,7$		$\frac{Ce^{144}}{Sr^{89}} = 18$			
Ожидаемая доза (в мрд)	8,5	0,3	5,8				0,9	15,5

^a Константа дозы гамма-облучения включает дозу, получаемую за счет дочерних радиоактивных изотопов, как, например, Nb⁹⁵ и La¹⁴⁰. В случае Zr⁹⁵ + Nb⁹⁵, по-видимому, предполагается переходное равновесие.

Таблица XXXVII. КОЭФФИЦИЕНТЫ ПРОПОРЦИОНАЛЬНОСТИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ ПРЕДСКАЗАНИЯ БУДУЩИХ ОТНОШЕНИЙ Sr⁹⁰/Ca В ОБЩЕМ ПИЩЕВОМ РАЦИОНЕ

Тип пищевого рациона	Район	Rd (пкюри/г×мкюри/км ²)	Pr (пкюри/г×один мкюри/км ² /год)
I	Северная Америка	0,4	1,3
	Европа		
	Океания		
II	Ближний Восток	0,6	2,6
	Индия		
	Южная Америка		
III	Африка	0,7	2,0
	Азия и Дальний Восток		

Таблица XXXVIII. СОДЕРЖАНИЕ РАДИОАКТИВНЫХ ИЗОТОПОВ
В ДЫХАТЕЛЬНЫХ ПУТЯХ И ОЦЕНКА ДОЗ

Автор	Период наблюдения	Изотоп	Легкие	Лимфатические узлы	Мощность дозы (мрд/год)	Ссылка
Крей и др.	1958—1959 гг.	Pu ²³⁹	1,3—11,9× ×10 ⁻³ расп./мин./г ткани	11—65× ×10 ⁻³ расп./мин./г ткани	Легкие: 0,06—0,5 Лимфатические узлы: 1,1—6,4	346
Осборн и др.	Весна 1962 г.	Pu ²³⁹	0,16 пкюри/чел.		0,016	347
		Zr ⁹⁵ + Nb ⁹⁵	~250 пкюри/чел.		2,4	
Рундо	Январь 1962 г.	Zr ⁹⁵ + Nb ⁹⁵	~300 пкюри/чел.		2,9	348
Шенфельд (цитир.)	Февраль 1962 г.	Zr ⁹⁵ + Nb ⁹⁵	~200 пкюри/чел.		2,0	
Либшер и др.	1960 г.	Ce ¹⁴⁴ + Pr ¹⁴⁴	0,03 пкюри/г ткани	0,7 пкюри/г ткани	Легкие: 0,7 Лимфатические узлы: 17	349
Вегст и др.	Март 1963 г.	Ce ¹⁴⁴	156 пкюри ^a	—	1—7	350
		Ce ¹⁴⁴ + Pr ¹⁴⁴				
		Ru ¹⁰³	106 пкюри		0,5—3	
		Ru ¹⁰⁶ + Rh ¹⁰⁶				
		Zr ⁹⁵ + Nb ⁹⁵	173 пкюри	—	3,4	

^a В одном легком, свободном от бронхиальных лимфатических узлов.

Таблица XXXIX. ОЖИДАЕМЫЕ ДОЗЫ ОБЛУЧЕНИЯ
В РЕЗУЛЬТАТЕ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ^a

Ткань	Источник радиации	Ожидаемая доза облучения (в мрд)		Пункт	
		Для периода проведения испытаний в 1954—1960 гг. (оценки взяты из доклада 1962 г.)	Для периода проведения испытаний в 1954—1962 гг. (новые оценки)		
Гонады	Внешний, короткоживущий ^b		11	21	163
		Cs ¹³⁷	16	29	165
	Внутренний	Cs ¹³⁷ ^b	8	13	179
		C ¹⁴	5 ^c	13 ^c	187
		Итого	40	76	
Клетки, выстилающие поверхность костей	Внешний, короткоживущий ^b		11	21	163
		Cs ¹³⁷	16	29	165
	Внутренний	Sr ⁹⁰	67	174	173
		Cs ¹³⁷ ^b	14	13	179
		C ¹⁴	8 ^c	20 ^c	187
		Sr ⁸⁹	0,15	0,30	176
Итого	116	257			
Костный мозг	Внешний, короткоживущий ^b		11	21	163
		Cs ¹³⁷	16	29	165
	Внутренний	Sr ⁹⁰	33	87	174
		Cs ¹³⁷ ^b	10	13	179
		C ¹⁴	5 ^c	13 ^c	187
		Sr ⁸⁹	0,07	0,15	176
Итого	75	163			

^a В докладе 1962 года эти значения доз были даны в миллибэрах. Как поясняется в пункте 191, в настоящем докладе все значения доз даны в миллирадах.

^b В настоящем докладе (пункты 162, 178) дозы, получаемые от короткоживущих изотопов и за счет внутреннего облучения Cs¹³⁷, были вычислены на несколько иной основе, чем в докладе 1962 года.

^c Для C¹⁴, по-видимому, целесообразно включить лишь значение дозы, которая аккумулируется к 2000 году, когда дозы облучения другими изотопами в основном будут получены. Суммарная ожидаемая доза облучения от C¹⁴, полученная в результате проведения испытаний до 1960 года, составляет для гонад 48 мрд, для клеток, выстилающих поверхность костей, — 80 мрд и костного мозга — 48 мрд. По данным всех испытаний, проведенных до конца 1962 года, дозы облучения от C¹⁴ составляют 180, 290 и 180 мрд соответственно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Научный комитет Организации Объединенных Наций по действию атомной радиации, Доклад Научного комитета Организации Объединенных Наций по действию атомной радиации, Приложение F, часть 2, таблица XX, стр. 329—330. Документ Генеральной Ассамблеи, Дополнение № 16 (A/5216), 1962.
2. U. S. Weather Bureau, Washington, D. C., Announced nuclear detonations 1945—1962, pp.219—240 in USAEC report HASL-142; *v. e.* документ Организации Объединенных Наций A/AC.82/G/L.871.
3. Storebø, B., On particle formation in nuclear bomb debris. Paper presented at the XIII Session of UNSCEAR (1964). Готовится к печати.
4. Prawitz, J., A fallout model. II. Some quantitative properties. FOA 4 Rapport A 4220-455 (1961); *v. e.* документ ООН A/AC.82/G/L.760.
5. Drevinsky, P. J., E. A. Martell, Preliminary results on the size and vertical distributions of residual nuclear debris in the stratosphere. USAEC report TID—7632, pp. 170—187 (1962); *v. e.* документ ООН A/AC.82/G/L.775.
6. Manson, J. E., The interaction between radioactive and non-radioactive particles in the stratosphere. USAEC report TID—7632, pp. 98—119 (1962); *v. e.* документ ООН A/AC.82/G/L.775.
7. Bolin, B., The general circulation of the atmosphere as deduced with the aid of tracers. Paper presented at the XIII Session of UNSCEAR (1964). Готовится к печати.
8. Pettersen, S., Introduction to Meteorology. McGraw-Hill Book Co., Inc., 2nd edition, N. Y., 1958.
9. Junge, C. E., Air Chemistry and Radioactivity. Academic Press, N. Y., 1963.
10. Commission of Atmospheric Chemistry and Radioactivity, International Symposium on Trace Gases and Natural and Artificial Radioactivity in the Atmosphere. J. Geophysical Res. 68 (13): 3745—4016 (1963).
11. Friend, J. P., H. W. Feely, P. W. Krey, *et al.*, The high altitude sampling program. Vol. 3, Discussion of HASP results. Defense Atomic Support Agency report DASA—1300 (1961).
12. Kalkstein, M. I., Movement of material from high altitude deduced from tracer observations. J. Geophysical Res. 68 (13): 3835—3839 (1963).
13. Feely, H. W., личное сообщение.
14. Friend, J. P., H. W. Feely, E. L. Fisher, *et al.*, Third quarterly report on Project Star Dust. Defense Atomic Support Agency report DASA—1303 (1962).
15. Lal, D., B. Peters, Cosmic ray produced isotopes and their application to problems in geophysics, chapter I, pp.3—74 in Progress in Elementary Particle and Cosmic Ray Physics, vol. VI. J. G. Wilson and S. A. Wouthuysen, eds., North-Holland Publishing Co., Amsterdam, 1962.
16. Murgatroyd, R. J., Ozone and water vapour in the upper troposphere and lower stratosphere. Paper presented at the XIII Session of UNSCEAR (1964). Готовится к печати.
17. Brewer, A. W., The transfer of atmospheric ozone into the troposphere. WMO Technical Note No. 43, pp. 101—106 (1961).
18. Junge, C. E., Global ozone budget and exchange between stratosphere and troposphere. Tellus 14:363—377 (1962).
19. Feely, H. W., J. Spar, Tungsten-185 from nuclear bomb tests as a tracer for stratospheric meteorology. Nature 188: 1062—1064 (1966).
20. Newell, R. E., The general circulation of the atmosphere and its effects on the movement of trace substances. J. Geophysical Res. 68 (13): 3949—3962 (1963).
21. Telegadas, K., R. List; готовится к выпуску в J. Geophysical Res.
22. Machta, L., личное сообщение.
23. Machta, L., R. J. List, K. Telegadas, Inventories of selected long-lived radioisotopes produced during nuclear testing, pp. 243—260 in USAEC report HASL-142; *v. e.* документ ООН A/AC.82/G/L.871.
24. Russell, I. J., R. V. Griffith, The production of Cd¹⁰⁹ and Cd^{113m} in a space nuclear explosion, pp. 306—322 in USAEC report HASL-142; *v. e.* документ ООН A/AC.82/G/L.871.
25. Leo, M. W. M., A. Walton, Rhodium-102 fallout: variations in deposition and concentrations in precipitation. Science 140: 1398-1400 (1963).
26. Machta, L., R. J. List, K. Telegadas, A survey of radioactive fallout from nuclear tests. J. Geophysical Res. 67 (4): 1389-1400 (1962).
27. Collins, Jr., W. R., Sr⁹⁰ deposition on the earth's surface from 1958 through 1962, pp. 240—247 in USAEC report HASL-140; *v. e.* документ ООН A/AC.82/G/L.856.
28. Telegadas, K., Global integrals of monthly Sr⁹⁰ fallout, January 1958 — May 1962, pp. 215—239 in USAEC report HASL-135; *v. e.* документ ООН A/AC.82/G/L.831.
29. Mamuro, T., A. Fujita, T. Matsunami, *et al.*, Microscopic examination of highly radioactive fall-out particles. Nature 529-531 (1962).
30. Staley, D. O., On the mechanism of mass and radioactivity transport from stratosphere to troposphere. J. Atmosph. Sciences 19: 450-467 (1962).
31. Goldsmith, P., F. Brown, World-wide circulation of air within the stratosphere. Nature 191: 1033-1037 (1961).
32. Danielsen, E. F., K. H. Bergman, C. A. Paulson, Radioisotopes, potential temperature and potential vorticity. A study of stratospheric-tropospheric exchange processes. University of Washington, Seattle, 1962.
33. Danielsen, E. F., Radioactivity transport from stratosphere to troposphere. Mineral Industries 33 (6): 1-7 (1964) a publication of the Pennsylvania State University, Pennsylvania.
34. Machta, L., Some aspects of the USA fallout program. Paper presented at the XIII Session of UNSCEAR, Geneva, 1964. Готовится к печати.

35. Mamuro, T., T. Seiyama, T. Matsunami, *et al.*, Electron microscopic examination of highly radioactive fall-out particles. *Nature* 197: 478-479 (1963).
36. Bhandari, N., Rama, Atmospheric circulation from observations of sodium 22 and other short-lived natural radioactivities. *J. Geophysical Res.* 68 (7): 1959-1966 (1963).
37. Funk, J. P., G. L. Garnham, Australian ozone observations and a suggested 24-month cycle. *Tellus* 14: 378-382 (1962).
38. Reed, R. J., D. G. Rogers, The circulation of the tropical stratosphere in the years 1954-1960. *J. Atmosph. Sciences* 19: 127-135 (1962).
39. Junge, C. E., Studies of global exchange processes in the atmosphere by natural and artificial tracers. *J. Geophysical Res.* 68 (13): 3849-3859 (1963).
40. Angell, J. K., A climatological analysis of two years of transoceanic flights from Japan. *Monthly Weath. Rev.* 87: 427 (1959).
41. Lockhart, Jr., L. B., R. L. Patterson, Jr., A. W. Saunders, Jr., *et al.*, Airborne fission products along the 80th meridian (West) during 1961. *Radiological Health Data* 4 (2): 71-78 (1963); *v. e.* документ ООН A/AC.82/G/L. 825.
42. Comitato Nazionale Energia Nucleare, Data on environmental radioactivity collected in Italy (July-December 1961). *BIO/06/62* (1962); *v. e.* документ ООН A/AC.82/G/L/809.
43. Cambray, R. S., E. M. R. Fisher, Radioactive fallout, Short-lived fission products in air and rain, Augus, 1962-April 1963. UKAEA Research Group report AERE-R-4384; *v. e.* документ ООН A/AC.82/G/L/864.
44. Lockhart, Jr., L. B., будет выпущен в виде доклада NRL.
45. Cambray, R. S., E. M. R. Fisher, G. S. Spicer, *et al.*, Radioactive fallout in air and rain, results to the middle of 1963. UKAEA Research Group report AERE-R-4392; *v. e.* документ ООН A/AC.82/G/L/874.
46. Малахов С. Г., Концентрация суммарной радиоактивности продуктов деления, а также Ce^{141} , Ce^{144} , $Zr^{95} + Nb^{95}$ и Cs^{137} в приземном слое воздуха в Подмосковье в 1960—1962 годах. Государственный комитет по использованию атомной энергии СССР, Москва, 1963; *v. e.* документ ООН A/AC.82/G/L. 906.
47. Краснопевцев Ю. В., Некоторые данные по концентрации радиоактивных продуктов над Индийским и Тихим океанами в 1961—1962 годах. Государственный комитет по использованию атомной энергии СССР, Москва, 1963; *v. e.* документ ООН A/AC.82/G/L. 908.
48. Walton, A., M. W. M. Leo, Studies of nuclear debris in precipitation. USAEC report NYO-9533 (1962).
49. Machta, L., Fallout forecasting. Paper presented at the XIII Session of UNSCEAR, Geneva, 1964. Готовится к печати.
50. Bleichrodt, J. F., личное сообщение.
51. U. S. Department of Health, Education, and Welfare, National air sampling network, fourth quarter and annual summary 1962. *Radiological Health Data* 4 (4): 167-170 (1963).
52. Lund, L., O. B. Michelsen, B. Otter, *et al.*, A study of Sr^{90} and Cs^{137} in Norway 1957-1959. Norwegian Defence Research Establishment Intern Rapport K-253 (1962).
53. Brown, W. L., W. N. Hess, J. A. Van Allen, eds., Collected papers on the artificial radiation belt from the July 9, 1962, nuclear detonation. *J. Geophys. Res.* 68 (3): 605-758 (1963).
54. Bolin, B., C. D. Keeling, Large-scale atmospheric mixing as deduced from the seasonal and meridional variations of carbon dioxide. *J. Geophys. Res.* 68 (13): 3899-3920 (1963).
55. Labeyrie, J., G. Lambert. Sur l'existence d'une barrière de diffusion entre les troposphères des hémisphères Nord et Sud. *C. R. Acad. Sc.* 256: 2664-2667 (1963).
56. Fergusson, G. J., Reduction of atmospheric radiocarbon concentration by fossil fuel carbon dioxide and the mean life of the carbon dioxide in the atmosphere. *Proc. Roy. Soc. A.* 243: 561-574 (1958).
57. Vogel, J. C., K. O. Münnich, Durch Atomexplosionen erzeugter Radiokohlenstoff in der Atmosphäre. *Naturwiss.* 45: 327-329 (1958).
58. Junge, C. E., Note on the exchange rate between the northern and southern atmosphere. *Tellus* 14: 242-246 (1962).
59. Stewart, N. G., R. N. Crooks, E. M. R. Fisher, The radiological dose to persons in the U.K. due to debris from nuclear test explosions prior to January 1956. AERE report HP/R. 2017 (1956); *v. e.* документ ООН A/AC.82/G/R.20.
60. Burton, W. M., N. G. Stewart, Use of long-lived natural radioactivity as an atmospheric tracer. *Nature* 186: 584-589 (1960).
61. Miyake, Y., K. Saruhashi, Y. Katsuragi, *et al.*, Seasonal variation of radioactive fallout. *J. Geophys. Res.* 67: 189-193 (1962).
62. Machta, L., A preliminary model of tropospheric aerosol removal. Paper presented at the Symposium on Air Chemistry and Radioactivity, Helsinki, August 1960.
63. Eriksson, E., Vertical transports and depositions of atmospheric constituents. Paper presented at the XIII Session of UNSCEAR (1964). Готовится к печати.
64. Lambert, G., Etude du comportement des aérosols radioactifs artificiels. Applications à quelques problèmes de circulation atmosphérique. Thèses présentées à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris, page 183, Nov. 1963.
65. Kruger, P., A. Miller, C. L. Hosler, Meteorological evaluation of radioactive fallout, Semiannual report. USAEC report TID-17518 (1962).
66. Hardy, Jr., E. P., L. T. Alexander, The relationship between rainfall and strontium-90 deposition in Clallam County, Washington, pp. 287-298 in USAEC report TID-7632, Book 2 (1962); *v. e.* документ ООН A/AC.82/G/L. 776.
67. Walton, A., R. E. Fried, Studies of nuclear debris in precipitation (summary report). USAEC report NYO-9530 (1961).
68. Hardy, Jr., E. P., R. J. List, L. Machta, *et al.*, Strontium-90 on the Earth's surface. II. Summary and interpretation of a world-wide soil sampling program: 1960-1961 results. USAEC report TID-17090 (1962); *v. e.* документ ООН A/AC.82/G/L.822.
69. Hvinden, F. T., Radioaktivt nedfall. Forsvarets Forskningsinstitut, Norge.
70. Federal Radiation Council, Estimates and evaluation of fallout in the United States from nuclear weapons testing conducted through 1962. Report No. 4 (1963); *v. e.* документ ООН A/AC.82/G/L/843.
71. Friend, J. P., H. W. Feely, M. W. M. Leo, Sixth quarterly report on Project Star Dust. Defense Atomic Support Agency report DASA-1306 (1962).
72. Friend, J. P., H. W. Feely, M. W. M. Leo, Seventh quarterly report on Project Star Dust. Defense Atomic Support Agency report DASA-1307 (1963); *v. e.* Eighth

- quarterly report on Project Star Dust, DASA-1308 (1963).
73. Salter L. P., High altitude balloon sampling program, pp. 166-172 in USAEC report HASL-140 and pp. 184-219 in HASL-144; *v. e.* документы ООН A/AC.82/G/L. 856 and G/L.936 соответственно.
 74. Congress of the United States, Hearings before the Subcommittee on Research, Development and Radiation of the Joint Committee on Atomic Energy on "Fallout, Radiation Standards, and Countermeasures", pp. 381-410. 88th Congress, 1st Session, June 3, 4 and 6, 1963; *v. e.* документ ООН A/AC.82/G/L. 849.
 75. Health and Safety Laboratory, Fallout program quarterly summary report. USAEC reports HASL-135; 138; 140; 142; 144; *v. e.* документы ООН A/AC.82/G/L. 831; 842; 856; 871; 936.
 76. Cambray, R. S., E. M. R. Fisher, G. S. Spicer, *et al.*, Radioactive fallout in air and rain, results to the middle of 1962. UKAEA Research Group report AERE-R-4094; *v. e.* документ ООН A/AC.82/G/L.823.
 77. Department of National Health and Welfare, Canada, Radiation Protection Division, Data from radiation protection programs, Vol. I, Nos. 1-9 (1963).
 78. Aarkrog, A., J. Lippert, J. Petersen, Environmental radioactivity in Denmark, 1961. Risø report No. 41 (1962); *v. e.* документ ООН A/AC.82/G/L. 802.
 79. Boulenger, R., G. Koch, La retombée radioactive à Mol (rapport d'avancement — second semestre 1961). Centre d'étude de l'énergie nucléaire rapport R-2168 (1962); *v. e.* документ ООН A/AC.82/G/L/815.
 80. Беляев Л. И., Геденов Л. И., Максимова А. М., Радиоактивные выпадения близ Симеиза в 1960—1961 годах. Государственный комитет по использованию атомной энергии СССР, Москва, 1963; *v. e.* документ ООН A/AC.82/G/L. 914.
 81. Шубко В. М., Еремичева А. М., Выпадение стронция-90 на поверхность территории СССР в четвертом квартале 1961 года и первой половине 1962 года. Государственный комитет по использованию атомной энергии СССР; *v. e.* документ ООН A/AC.82/G/L. 916.
 82. Department of National Health and Welfare, Canada, Radiation Protection Division, Annual report for 1961 on the radioactive fallout study program. Report CHNW (RP-5), 1962.
 83. Малахов С. Г., Давыдов Е. Н., Карагод Н. А., Выпадение Ce^{141} , Ce^{144} , $Zr^{95}+Nb^{95}$ и Sr^{90} на территории СССР во второй половине 1962 года. Государственный комитет по использованию атомной энергии СССР; *v. e.* документ ООН A/AC.82/G/L. 902.
 84. Gat, J. R., Y. Feige, N. Pazy, *et al.*, Early radioactive fallout in Israel following the 1961 nuclear weapon tests. Israel Atomic Energy Commission report IA-751; *v. e.* документ ООН A/AC.82/G/L.798.
 85. McMurray, W. R., L. O. Stander, Radioactive fallout, its dispersion, deposition over South Africa and biological significance. South African J. Science 59 (1): 19-30 (1963); *v. e.* документ ООН A/AC.82/G/L.838.
 86. Der Bundesminister für Atomkernenergie, Umweltraadioaktivität und Strahlenbelastung. Bericht II/62.
 87. Petersen, J., Environmental radioactivity at Copenhagen, February 1961-August 1962. Danish Atomic Energy Commission Research Establishment Risø report No. 51 (1962).
 88. Hvinden, T., Radioactive fallout in Norway, July 1960 to July 1963. Norwegian Defense Research Establishment Intern rapport F-444 (1963).
 89. Miyake, Y., K. Saruhashi, Y. Katsuragi, *et al.*, Deposition of Sr^{90} and Cs^{137} in Tokyo through the end of July 1963. Pap. Met. Geophys., Tokyo, 14 (1): 58-65 (1963).
 90. Philippot, J.-Cl., G. Hemon, Retombées radioactives dans l'air et l'eau de pluie. Résultats de 1959 à 1962. Laboratoire «Radioactivité de l'air». Extrait du BIST No 10, Août 1963.
 91. Communauté européenne de l'énergie atomique, Radioactivité ambiante dans les pays de la Communauté. vol. 1 No 2: 1-16 (1964).
 92. Bortoli, M., P. Gaglione, A. Malvicini, *et al.*, Sorveglianza della radioattività del latte a Ispra risultati del periodo 1960-1962. Comunità Europea dell'Energia Atomica rapporto EUR-294. i (1963); *v. e.* Misure di radioattività ambientale Ispra 1962. EUR-481.i (1964).
 93. Guthrie, J. E., W. E. Grummitt, Radioactivity in precipitation collected at CRNL and NPD. Atomic Energy of Canada Ltd. report AECL-1863 (1963).
 94. Service central de protection contre les rayonnements ionisants, France, Surveillance de la radioactivité sur le territoire français de 1961 à 1963. Rapport SCPRI No 98 (1964); *v. e.* документ ООН A/AC.82/G/L.877.
 95. Khandekar, R. N., K. G. Vohra, Estimation of zirconium-95 deposited by fallout during September 1961 to February 1962. Atomic Energy Establishment Trombay report AEET/AM/31 (1963).
 96. Шведов В. П., Широков С. И., Радиоактивное загрязнение внешней среды. Атомиздат, Москва, 1962.
 97. Aarkrog, A., J. Lippert, J. Petersen, Environmental radioactivity in Denmark in 1962. Risø report No. 63 (1963).
 98. Aarkrog, A., J. Lippert, J. Petersen, Environmental radioactivity in the Faroes in 1962. Risø report No. 64 (1963).
 99. Aarkrog, A., J. Lippert, J. Petersen, Environmental radioactivity in Greenland in 1962. Risø report No. 65 (1963).
 100. Comitato Nazionale Energia Nucleare, Data on environmental radioactivity collected in Italy (January—June 1962). BIO/26/62 (1962); *v. e.* документ ООН A/AC.82/G/L. 831.
 101. Comitato Nazionale Energia Nucleare, Data on environmental radioactivity collected in Italy (July—December 1962). BIO/03/63 (1963); *v. e.* документ ООН A/AC.82/G/L. 890.
 102. Шведов В. П., Росянов С. П., Гритченко З. Г., О загрязнении растительности стронцием-90 и цезием-137 в 1961 году. Государственный комитет по использованию атомной энергии СССР, Москва, 1963; *v. e.* документ ООН A/AC.82/G/L. 913.
 103. Harley, J., личное сообщение.
 104. Kulp, J. L., A. R. Schulert, Strontium-90 in man and his environment. Vol. I: Summary. USAEC report NYO-9934 (1962); *v. e.* документ ООН A/AC.82/G/L. 792.
 105. Harley, J., личное сообщение.
 106. Walton, A., The distribution in soils of radioactivity from weapons tests. J. Geophysical Res. 68 (5): 1485-1496 (1963).
 107. Yamagata, N., S. Matsuda, K. Kodaira, Run-off of Cs^{137} and Sr^{90} from rivers. Nature 200: 668-669 (1963).
 108. Серeda Г. А., Бобовникова Ц. И., Стронций-90 в воде пресных водоемов Советского Союза в 1961—1962 годах. Государственный комитет по использованию атомной энергии СССР, Москва, 1963; *v. e.* документ ООН A/AC.82/G/L. 896.

109. Страдомский В. Б., Стронций-90 в воде бассейна р. Дон. Государственный комитет по использованию атомной энергии СССР, Москва, 1963; *в. е.* документ ООН А/АС.82/Г/Л. 918.
110. Богоров, В. Г., Н. И. Попов, Вопросы глобального радиоактивного загрязнения вод Мирового океана. Государственный комитет по использованию атомной энергии СССР, Москва, 1963; *в. е.* документ ООН А/АС.82/Г/Л. 919.
111. Bowen, V. T., T. T. Sugihara, Strontium-90 in the «mixed layer» of the Atlantic Ocean. *Nature* 186: 71-72 (1960).
112. Bowen, V. T., T. T. Sugihara, Vertical distribution of fallout radionuclides in the Atlantic Ocean. USAEC report TID-18389 (1963).
113. Шведов В. П., Юзефович А. А., Гедеонов Л. И. и др., Определение стронция-90 в водах Атлантического океана в 1961 году. Государственный комитет по использованию атомной энергии СССР, Москва, 1963; *в. е.* документ ООН А/АС. 82/Г/Л. 899.
114. Rocco, G. G., W. S. Broeker, The vertical distribution of caesium-137 and strontium-90 in the oceans. *J. Geophysical Res.* 68 (15): 4501-4512 (1963).
115. Broeker, W. S., G. G. Rocco, M. Ewing, *et al.*, Natural radiocarbon in the Atlantic Ocean. *J. Geophysical Res.* 65 (9): 2903-2931 (1960).
116. Bien, G. S., N. W. Rakestraw, H. E. Suess, Radiocarbon dating of deep water of the Pacific and Indian Oceans, pp. 159-173 *in* Proceedings of a Symposium on Radiocarbon Dating. IAEA, Vienna, 1963.
117. Попов Н. И., Патин С. А., Пчелкин В. А. и др., Стронций-90 в водах Тихого океана. Государственный комитет по использованию атомной энергии СССР, Москва, 1963; *в. е.* документ ООН А/АС.82/Г/Л. 907.
118. Чулков П. М., Горбунов В. Ф., Содержание цезия-137 в поверхностных водах Атлантического океана и его морей в 1961 году. Государственный комитет по использованию атомной энергии СССР, Москва, 1963; *в. е.* документ ООН А/АС.82/Г/Л. 897
119. Попов Н. И., Орлов В. М., Патин С. А. и др., Стронций-90 в поверхностных водах Индийского океана в 1960-1961 годах. Государственный комитет по использованию атомной энергии СССР, Москва, 1963; *в. е.* документ ООН А/АС.82/Г/Л. 904.
120. Шведов В. П., Патин С. А., Максимова А. М. и др., Содержание стронция-90 в Черном море в 1959-1961 годах. Государственный комитет по использованию атомной энергии СССР, Москва, 1963; *в. е.* документ ООН А/АС.82/Г/Л. 909.
121. Katcoff, S., Fission product yields from neutron induced fission. *Nucleonics* 18: 201-208 (1960).
122. Ehhalt, D., K. O. Münnich, W. Roether, *et al.*, Artificially produced radioactive noble gases in the atmosphere. *J. Geophysical Res.* 68 (13): 3817-3821 (1963).
123. Delibrias, S., M. Perquis, J. Labeyrie, Mesure de l'activité de l'air due au krypton-85. *Extrait du BIST No 54, septembre 1961.*
124. Harley, J., личное сообщение.
125. Kerr, V. N., F. N. Hayes, E. Hansbury, *et al.*, Radiocarbon in contemporaneous plant products, pp. 238-259 *in* Biological and Medical Research Group (H-4) of the Health Division, Semiannual Report, January through June 1961. USAEC report LAMS-2627 (1961).
126. Craig, H., The natural distribution of radiocarbon and the exchange time of carbon dioxide between atmosphere and sea. *Tellus* 9 (1): 1-17 (1957).
127. Hagemann, F., J. Gray, Jr., L. Machta, *et al.*, Stratospheric carbon-14, carbon dioxide, and tritium. *Science* 130: 542-552 (1959).
128. Münnich, K. O., Circulation of radiocarbon in nature. *Naturwissenschaften* 50: 211-218 (1963).
129. Fergusson, G. J., Upper tropospheric carbon-14 levels during spring 1962. *J. Geophysical Res.* 68 (13): 3933-3941 (1963).
130. Kigoshi, K., личное сообщение.
131. Broeker, W. S., личное сообщение.
132. Ostlund, H. G., личное сообщение.
133. Olsson, I. U., личное сообщение.
134. Nydal, R., Increase in radiocarbon from the most recent series of thermonuclear tests. *Nature* 200: 212-214 (1963).
135. Tauber, H., личное сообщение.
136. Rafter, T. A., личное сообщение.
137. Kigoshi, K., готовится к выпуску в *J. Rad. Res.*
138. Kanwisher, J., Effect of wind on CO₂ exchange across the sea surface. *J. Geophysical Res.* 68 (13): 3921-3927 (1963).
139. Olsson, I. U., I. Karlén, The half-life of C¹⁴, and the problems which are encountered in absolute measurements on beta-decaying gases, pp. 3-11 *in* Proceedings of a Symposium on Radioactive Dating. IAEA, Vienna, 1963.
140. Latter, A. L., M. S. Plesset, Carbon-14 production from nuclear explosions. *Proc. Nat'l. Acad. Sci.* 46: 241-247 (1960).
141. Münnich, K. O., J. C. Vogel, Investigation of meridional transport in the troposphere by means of carbon-14 measurements, pp. 189-197 *in* Proceedings of a Symposium on Radioactive Dating. IAEA, Vienna, 1963.
142. Health and Safety Laboratory, Fallout program quarterly summary report, April 1, 1964, p. 169 only. USAEC report HASL-144; *в. е.* документ ООН А/АС.82/Г/Л. 936.
143. International Atomic Energy Agency, Tritium concentration in rain, rivers, oceans and other water. *List No. 1, 2 and 3, WP/17/1, 2, 3* (1962-1963).
144. Brown, R. M., W. E. Grummitt, The determination of tritium in natural waters. *Canadian J. Chem.* 34: 220-226 (1956).
145. Brown, R. M., Tritium in rainfall. *Atomic Energy of Canada Quarterly Reports, PR-13-46-PR-13-49* (1961).
146. Bibron, R., G. Delibrias, J. Labeyrie, Accroissement du tritium atmosphérique dû aux explosions thermonucléaires. *Extrait du BIST No 54, Septembre 1961.*
147. Martell, E. A., On the inventory of artificial tritium and its occurrence in atmospheric methane. *J. Geophysical Res.* 68 (13): 3759-3769 (1963).
148. Hagemann, F., The tritium content of atmospheric hydrogen and atmospheric methane. *J. Geophysical Res.* 68 (13): 3757-3758 (1963).
149. Israel, G., W. Roether, G. Schumann, Seasonal variations of bomb-produced tritium in rain. *J. Geophysical Res.* 68 (13): 3771-3773 (1963).
150. Bainbridge, A. E., Tritium in the North Pacific surface water. *J. Geophysical Res.* 68 (13): 3785-3789 (1963).
151. Libby, W. F., Moratorium tritium geophysics. *J. Geophysical Res.* 68: 4485-4494 (1963).

152. Bainbridge, A. E., B. J. O'Brien, Levels of tritium in a variety of New Zealand waters and some tentative conclusions from these results, pp. 33-39 in Proceedings of a Symposium on Tritium in the Physical and Biological Sciences, Vol. I. IAEA, Vienna, 1962.
153. Brown, R. M., Hydrology of tritium in the Ottawa valley. *Geochim. et Cosmochim. Acta* 21: 199-216 (1961).
154. Thatcher, L. L., C. M. Hoffman, Tritium fallout over North America from the Soviet tests in 1961. *J. Geophysical Res.* 68 (20): 5899-5901 (1963).
155. Taylor, C. B., Tritium content of Antarctic snow. *Nature* 201: 146-147 (1964).
156. Bolin, B., Report of tritium in atmosphere, rain and sea in the European area. University of Stockholm, Sweden.
157. Bleichrodt, J. F., E. R. van Abkoude, On the deposition of cosmic ray produced beryllium-7. *J. Geophysical Res.* 68 (18): 5283-5288 (1963).
158. Bleichrodt, J. F., E. R. van Abkoude, Artificial beryllium-7 in the lower stratosphere. *J. Geophysical Res.* 68 (15): 4629-4631 (1963).
159. Peirson, D. H., Beryllium-7 in air and rain. *J. Geophysical Res.* 68 (13): 3831-3832 (1963).
160. Schumann, G., M. Stoepler, Beryllium-7 in the atmosphere. *J. Geophysical Res.* 68 (13): 3827-3830 (1963).
161. Murayama, N., Meteorological features of cosmic ray produced beryllium-7. *J. Meteorological Society of Japan*, series II, 42 (1): 43-52 (1964).
162. United States Department of Health, Education, and Welfare, Radiological Health Data, vol. IV, No. 6, pp. 291-296 (1963); *v. e.* документ ООН А/АС.82/Г/Л. 851.
163. Campbell, J. E., G. K. Murthy, Summary of results from the raw milk sampling program, June 1957—April 1963, pp. 511-523 in Radiological Health Data, Vol. IV, No. 10 (1963); *v. e.* документ ООН А/АС.82/Г/Л. 868.
164. United States Department of Health, Education, and Welfare, Mean values of Sr⁸⁹, Sr⁹⁰ and Cs¹³⁷ in milk 1961-1963: Estimated dose to infant thyroids from iodine-131 in milk. Неопубликованный доклад.
165. Rivera, J., Tri-city diet study. USAEC reports HASL-117, pp. 220-224 (1961); HASL-122, pp. 180-182 (1962); HASL-127, pp. 198-199 (1962); HASL-131, pp. 235-238 (1962); HASL-132, pp. 219-223 (1963); HASL-135, pp. 269-272 (1963); HASL-138, pp. 163-165 (1963); HASL-140, pp. 163-165 (1963); HASL-142, pp. 182-184 (1964); HASL-144, pp. 281-287 (1964); *v. e.* документы ООН А/АС.82/Г/Л.737; Г/Л.766; Г/Л.793; Г/Л.803; Г/Л.814; Г/Л.831; Г/Л.842; Г/Л.856; Г/Л.871 and Г/Л.936.
166. International Atomic Energy Agency, Survey of radioactivity in food consumed in Austria. Report on second sampling period—January-June 1961. IAEA report WP/19; *v. e.* документ ООН А/АС.82/Г/Л.767.
167. Aarkrog, A., J. Lippert, J. Petersen, Environmental radioactivity in Denmark in 1961. Risø report No. 41; *v. e.* документ ООН А/АС.82/Г/Л. 802.
168. Agricultural Research Council Radiobiological Laboratory, Annual report, 1961-1962. ARCRL report No. 8 (1962); *v. e.* документ ООН А/АС.82/Г/Л. 806.
169. Agricultural Research Council Radiobiological Laboratory, Annual report, 1962-1963. ARCRL report No. 10 (1963); *v. e.* документ ООН А/АС.82/Г/Л. 858.
170. Hiyama, Y., H. Hayami, N. Yamagata, *et al.*, Japanese dietary habits and the fallout problem II. Готовится к выпуску в *J. Rad. Res.*
171. Committee on Protection against Ionizing Radiations, Medical Research Council, The exposure of the population to radiation from fallout. HMSO, London, 1964.
172. Hiyama, Y., H. Hayami, N. Yamagata, *et al.*, Japanese dietary habits and the fallout problem. *J. Rad. Res.* 3: 61-67 (1961).
173. Mercer, E. R., J. D. Burton, B. O. Bartlett, Relationship between the deposition of strontium-90 and the contamination of milk in the United Kingdom. *Nature* 198: 662-665 (1963).
174. Harley, J., Prediction of levels of strontium-90 and caesium-137, pp. 210-218 in Hearings before the Subcommittee on Research, Development and Radiation of the Joint Committee on Atomic Energy. 88th Congress, 1st session, June 3, 4 and 6, 1963; *v. e.* документ ООН А/АС.82/Г/Л.849.
175. Bartlett, B. O., J. D. Burton, F. B. Ellis, *et al.*, Information on food chain mechanisms obtained by the analysis of survey results. ARCRL report No. 10, pp. 82-85 (1963); *v. e.* документ ООН А/АС.82/Г/Л.858.
176. Minnesota Department of Health, and University of Minnesota, Factors influencing strontium-90 in milk from the Brainerd, Minn. milkshed. U. S. Department of Health, Education, and Welfare, Public Health Service Publ. No. 999-R-1 (1962); *v. e.* документ ООН А/АС.82/Г/Л.821.
177. Schulert, A. R., Strontium-90 in Alaska. *Science* 136: 146-148 (1962).
178. Miettinen, Y. K., Studies of Sr⁹⁰ and Cs¹³⁷ in plants, animals and man in Lapland. Plenary lecture held at the 11th Meeting of Scandinavian Chemists, August 20-25, 1962, Turku, Finland (личное сообщение в форме рукописи).
179. Aarkrog, A., Preliminary 1963 data on environmental contamination in Denmark and its territories. Danish Atomic Energy Commission, Research Establishment Risø, April 1964. Личное сообщение.
180. Health and Safety Laboratory, Fallout program quarterly summary report, January 1, 1964, pp. 2-153. USAEC report HASL-142 (1964); *v. e.* документ ООН А/АС.82/Г/Л.871.
181. Rivera, J., A comparison of strontium-90 and calcium in infants and adult diets, pp. 273-275 in USAEC report HASL-135 (1963); *v. e.* документ ООН А/АС.82/Г/Л.831.
182. United States Department of Health, Education, and Welfare, Radiological Health Data Vol. III, pp. 42-49; 224-242; 471-475 (1962); Vol. IV, pp. 177-182; 347-352; 441-446 (1963).
183. Czosnowska, W., Sr⁹⁰ in diet in Poland (August 1961—July 1962). В печати.
184. Czosnowska, W., Sr⁹⁰ in diet in Poland in the period from 1 August 1960 to 31 July 1961. В печати.
185. National Institute of Radiological Sciences, Chiba, Japan, Radioactivity survey data in Japan, No. 1 (1963); *v. e.* документ ООН А/АС.82/Г/Л.921.
186. Tsugo, T., H. Nozaki, T. Asari, *et al.*, Radioactive contamination of milk in Japan, 1961-1963. Готовится к выпуску в *J. Rad. Res.*
187. Bryant, F. J., J. F. Loutit, Human bone metabolism deduced from strontium assays. AERE report R-3718 (1961); *v. e.* документ ООН А/АС.82/Г/Л.668.
188. Rivera, J., Stable strontium concentrations in three bones of the human skeleton, pp. 303-305 in USAEC report HASL-140 (1963); *v. e.* документ ООН А/АС.82/Г/Л.856.
189. Rivera, J., Calcium discrimination by adults and infants, pp. 235-238 in USAEC report HASL-138 (1963); *v. e.* документ ООН А/АС.82/Г/Л.842.

190. Grummitt, W. E., Strontium and barium in bone and diet, pp. 376-380 in USAEC report TID-7632, Book 2 (1962); *v. e.* документ OOH A/AC.82/G/L.776.
191. Comar, C. L., Over-all considerations of strontium-calcium discrimination, pp. 405-417 in *The Transfer of Calcium and Strontium Across Biological Membranes*. R. H. Wasserman, editor, Academic Press, N. Y., 1963.
192. Kornberg, H. A., The use of element-pair in radiation hazard assessment. *Health Physics* 6: 46-62 (1961).
193. Bryant, F. J., J. F. Loutit, The entry of strontium-90 into human bone. *Proc. Roy. Soc. Series B.*, 159: 449-465 (1964).
194. Lough, S. A., J. Rivera, C. L. Comar, Retention of strontium, calcium and phosphorus in human infants. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 112: 631-636 (1963).
195. McClellan, R. O., J. R. McKenney, L. K. Bustad, Changes in calcium-strontium-90 discrimination with age in young miniature swine. *Life Sci.* No. 12: 669-675 (1962); *v. e.* USAEC report HW-SA-2790.
196. Ichikawa, R., Y. Enomoto, Strontium-calcium discrimination in rats feeding on rice, milk and commercial diets. *Health Physics* 9: 717-720 (1963).
197. McClellan, R. O., Calcium-strontium discrimination in miniature pigs as related to age. *Nature* 202: 104-106 (1964).
198. Della Rosa, R. J., F. Gielow, G. Peterson, Skeletal uptake of injected Sr^{90} : Discrimination against strontium in growing beagles continually ingesting Sr^{90} , pp. 45-51 in University of California. Davis, report UCD-108 (1963).
199. Loutit, F. J., R. Scott Russell, R. S. Bruce, *et al.*, Ratios of Sr^{90} to calcium in milk and in the bones of infants. *Nature* 201: 770-772 (1964).
200. Rivera, J., Strontium-90 in human bones collected during 1962, pp. 239-248 in USAEC report HASL-138 (1963); *v. e.* документ OOH A/AC.82/G/L.842.
201. Kulp, J. L., A. R. Schulert, Strontium-90 in man. *V. Science* 136: 619-632 (1962).
202. Liniecki, J., Some aspects of the kinetics of Sr^{90} accumulation in the body under conditions of chronic intake. *Pelnomocnik Rządu d/s Wykorzystania Energii Jadrowej*. Warszawa, 1963.
203. Marshall, J. H., Theory of alkaline earth metabolism, pp. 5-29 in Argonne National Laboratory report ANL-6646 (1963).
204. Pribilla, O., Der Gehalt menschlicher Knochen und Gewebe an radioaktivem Strontium ($90-Sr$) in der Bundesrepublik Deutschland in den Jahren 1958-1962. *Dtsch. med. Wschr.* 88: 1560-1564 (1963).
205. Cohn, S. H., H. Spencer, J. Samachson, *et al.*, The turnover of Sr^{85} in man as determined by whole body counting. *Rad. Res.* 17: 173-182 (1962).
206. Kulp, J. L., A. R. Schulert, E. J. Hodges, Strontium-90 in man. *IV. Science* 132: 448-454 (1960).
207. Onstead, C. O., E. Oberhausen, F. V. Keavy, Cesium-137 in man. *Science* 137: 508-510 (1962).
208. Fredriksson, L., B. Eriksson, A. Eriksson, *et al.*, личное сообщение.
209. Yamagata, N., S. Matsuda, The environmental increase of cesium-137 since 1957 to 1960; *v. e.* документ OOH A/AC.82/G/L.479.
210. Liniecki, J., личное сообщение.
211. Agricultural Research Council, Strontium-90 in milk and agricultural materials in the United Kingdom 1959-1960. Report ARCRL-4 (1961); *v. e.* документ OOH A/AC.82/G/L.587.
212. Lillegraven, A., L. Lund, O. L. Michelsen, Quoted by D. A. Barber and W. A. Mitchell, pp. 57-58 in Agricultural Research Council Radiobiological Laboratory Annual Report 1962-63. Report ARCRL-10 (1963); *v. e.* документ OOH A/AC.82/G/L.858.
213. Agricultural Research Council, Surveys of radioactivity in human diet and experimental studies. Report for 1960. Report ARCRL-5 (1961); *v. e.* документ OOH A/AC.82/G/L.701.
214. Lindell, B., B. Aberg, L. Fredriksson, *et al.*, Collected data on radioactivity in Swedish food. Swedish Radiation Council, 1962.
215. Comar, C., R. H. Wassermann, F. W. Langemann, *et al.*, Fallout and the food-chain: A status review, pp. 426-456 in USAEC report TID-7632, Book 2 (1962); *v. e.* документ OOH A/AC.82/G/L.776.
216. United States Department of Health, Education and Welfare, National food consumption survey: Fresh whole milk consumption in the U. S.—July 1962. Radiological Health Data, Vol. IV, No. 1: 15-17 (1963); *v. e.* документ OOH A/AC.82/G/L.820.
217. Fredriksson, L., личное сообщение.
218. Barber, D. A., W. A. Mitchell, Influence of soil organic matter on the uptake of caesium-137 by perennial ryegrass, pp. 57-58 in Agricultural Research Council Radiobiological Laboratory Annual Report 1962-63. Report ARCRL-10 (1963); *v. e.* документ OOH A/AC.82/G/L.858.
219. Bartlett, O., R. Scott Russell, личное сообщение.
220. Anderson, E. C., G. M. Ward, J. Z. Holland, *et al.*, Cesium-137 in United States powdered milk and in the population, pp. 477-516 in USAEC report TID-7632, Book 2 (1962); *v. e.* документ OOH A/AC.82/G/L.776.
221. Abe, M., K. Kitahara, Y. Hiyama, *et al.*, Annual reports of scientific research grants 1963. Radiation Effects, Ministry of Education, Japan 1964.
222. Madshus, K., A. Strømme, K. Koren, Caesium-137 body burden in persons chosen at random from selected areas in Norway. *Nature* 200: 278-279 (1963).
223. Madshus, K., A. Strømme, K. Koren, Rapport om innholdet av Cesium-137 i melk fra varen 1962 og 1963. Личное сообщение в форме рукописи.
224. Madshus, K., A. Strømme, K. Koren, Redegjørelse for strålebelastningen fra Cs^{137} «in vivo» hos befolkningen i Vest-Norge 1963. Личное сообщение в форме доклада.
225. Hanson, W. C., H. E. Palmer, B. E. Griffin, Radioactivity in Northern Alaskan Eskimos and their foods. Summer 1962. *Health Physics* 10: 421-429 (1964).
226. Miettinen, J. K., A. Jokelainen, P. Roine, *et al.*, Cs^{137} and potassium in people and diet—a study of Finnish Lapps. *Ann. Ac. Sci. Fennicae*. 11. *Chemica* issue 120, Helsinki, 1963.
227. Salo, A., J. K. Miettinen, Strontium-90 and caesium-137 in Arctic vegetation during 1961. *Nature* 201: 1177-1179 (1964).
228. Häsänen, E., J. K. Miettinen, Cs^{137} content of freshwater fish in Finland. *Nature* 200: 1018-1019 (1963).
229. Paakkola, O., J. K. Miettinen, Strontium-90 and caesium-137 in plants and animals in Finnish Lapland during 1960. *Ann. Ac. Sci. Fennicae*. Series A, II. *Chemica* issue 125, Helsinki 1963.
230. Rundo, J., J. I. Mason, D. Newton, *et al.*, Biological half-life of caesium in man in acute and chronic exposure. *Nature* 200: 188-189 (1963).
231. Cohn, S. H., B. Rosoff, E. A. Gusmano, *et al.*, Long-term Cs^{137} turnover in man as measured by a whole body counter. *Rad. Res.* 19: 655-658 (1963).

232. Richmond, C. R., J. E. Furchner, W. H. Langham, Long-term retention of radiocaesium by man. *Health Physics* 8: 201-205 (1962).
233. Karniewicz, W., J. Liniecki, A. Kosterkiewicz, личное сообщение.
234. Rundo, J., личное сообщение.
235. Oberhausen, E., Die Altersabhängigkeit des Kalium- und Cäsium-137-Gehaltes des Menschen. *Biophysik* 1: 135-142 (1963).
236. Harrison, G. E., A. Sutton, K. B. Edwards, *et al.*, Concentrations of radioactive and stable caesium in bone and soft tissue. *Brit. J. Radiol.* 36: 745-748 (1963).
237. Rosoff, B., S. H. Cohn, H. Spencer, Cesium-137 metabolism in man. *Rad. Res.* 19: 643-654 (1963).
238. Yamagata, N., Cesium-137 levels in human body. August 1958 — August 1960. *Bull. Inst. Public Health* 10: (1961); *v. e.* документ ООХ А/АС.82/Г/Л.691.
239. Yamagata, N., Estimation of the total-body load of caesium-137 in Japanese people. *Nature* 196: 284-285 (1962).
240. Anderson, R. W., P. F. Gustafson, Concentration of Cs¹³⁷ in human rib bone. *Science* 137: 668 only (1962)
241. Suguri, S., Cs¹³⁷ in man in Japan in 1961 and 1962, личное сообщение.
242. Saiki, M., T. Unuma, M. Uchiyama, Body burden of Cs¹³⁷ determined with human counter in November—December 1963. Summary book on 1964 Annual Meeting of the Atomic Energy Society of Japan.
243. Andersson, J. O., J. Nilsson, Radioactivity in people living in the North of Sweden; *v. e.* документ ООХ А/АС.82/Г/Л.650.
244. Liden, K., Cs¹³⁷ burdens in Swedish Laplanders and reindeer; *v. e.* документ ООХ А/АС.82/Г/Л.652.
245. United States Department of Health, Education, and Welfare, Radiological Health Data, Vol. II, pp. 484; 522-523 (1961); Vol. III, pp. 13-17; 48-49; 86-87; 122-123; 150-151; 189-191; 224-242; 285-289; 336-342; 397-401; 437-441; 482-487 (1962); Vol. IV, pp. 23-25; 31-34; 86-89; 96-99; 138-141; 147-149; 183-187; 196-199; 233-242; 291-295; 298-302 (1963).
246. Ministerie van Landbouw en Visserij, The Netherlands. Неопубликованный доклад.
247. Cigna, A. A., F. G. Giorcelli, Iodine-131 thyroid dose from milk in Italy during the period September 1962 to February 1963. *Science* 143: 379-380 (1964).
248. Eisenbud, M., Y. Mochizuki, A. S. Goldin, *et al.*, Iodine-131 dose from Soviet nuclear tests. *Science* 136: 370-374 (1962).
249. Eisenbud, M., Y. Mochizuki, G. R. Laurer, Iodine-131 dose to human thyroids in New York City from nuclear tests in 1962, pp. 1146-1157 in Hearings before the Subcommittee on Research, Development, and Radiation of the Joint Committee on Atomic Energy, 88th Congress, August 20, 21, 22 and 27, 1963; *v. e.* документ ООХ А/АС.82/Г/Л.888.
250. Mays, C. W., Iodine-131 in Utah during July and August 1962. *Science* 141: 640-642 (1963).
251. Mays, C. W., Iodine-131 in Utah from Nuclear tests in Nevada, pp. 559-563 in Hearings before the Subcommittee on Research, Development and Radiation of the Joint Committee on Atomic Energy, 88th Congress, August 20, 21, 22 and 27, 1963; *v. e.* документ ООХ А/АС.82/Г/Л.888.
252. Knapp, H. A., Iodine-131 in fresh milk and human thyroids following a single deposition of nuclear test fallout. USAEC report TID-19266 (1963); *v. e.* документ ООХ А/АС.82/Г/Л.872.
253. Martell, E. A., Iodine-131 fallout from nuclear underground tests. *Science* 143: 126-129 (1964)
254. Vennart, J., Measurements of iodine-131 in human thyroids following nuclear tests in 1961. *Nature* 196: 740-743 (1962).
255. Yamagata, N., K. Iwashima, Environmental contamination with short-lived radionuclides in Japan in 1961. *J. Rad. Res.* 3: 1-15 (1963); *v. e.* документ ООХ А/АС.82/Г/Л.764.
256. Der Bundesminister für Atomkernenergie, Umwelt-radioaktivität und Strahlenbelastung, pp. 152-157. Bericht 111/62.
257. Eisenbud, M., B. Pasternack, G. Laurer, *et al.*, Estimation of the distribution of thyroid doses in a population exposed to I¹³¹ from weapon tests, pp. 1158-1172 in Hearings before the Subcommittee on Research, Development and Radiation of the Joint Committee on Atomic Energy, 88th Congress, August 20, 21, 22 and 27, 1963; *v. e.* документ ООХ А/АС.82/Г/Л. 888.
258. Comar, C. L., Factors influencing the biological availability of fallout radionuclides for animals and man. *Federation Proceedings* 22: 1402-1409 (1963).
259. Laurer, G. R., M. Eisenbud, Low-level *in vivo* measurement of I¹³¹ in humans. *Health Physics* 9: 401-406 (1963).
260. Visalli, F. J., *In vivo* measurements of I¹³¹ in children's thyroids, pp. 475-477 in *Radiological Health Data*, vol. IV, No. 8 (1963); *v. e.* документ ООХ А/АС.82/Г/Л. 853.
261. Eisenbud, M., B. Pasternack, G. Laurer, *et al.*, Variability of I¹³¹ concentrations in the milk distribution system of a large city, pp. 1173-1175 in Hearings before the Subcommittee on Research, Development and Radiation of the Joint Committee on Atomic Energy, 88th Congress, August 20, 21, 22 and 27, 1963; *v. e.* документ ООХ А/АС.82/Г/Л.888.
262. United States Department of Health, Education and Welfare, Radiological Health Data Vol. II, p. 528 only (1961); Vol. III, pp. 45-50, 151-152, 342-343, 403-404 (1962); Vol. IV, pp. 30-31, 94-96, 144-146, 192-194, 249-251, 297-298, 364-365, 411-412, 463-464, 505-506, 560-562, 601-603 (1963); Vol. V, pp. 26-28, 65-67 (1964).
263. Department of National Health and Welfare, Canada, Radiation Protection Division, Data from radiation protection programs, Vol. I, No. 12, pp. 25-30 (1963); Vol. II, No. 1, pp. 27-31 (1964).
264. Comar, C. L., R. H. Wasserman, Radioisotope absorption and methods of elimination: Differential behavior of substances in metabolic pathways, pp. 526-540 in *Symposium on Radioisotopes in the Biosphere*, Univ. of Minnesota, Minneapolis, 1960.
265. Bension, D., Radioestroncio y estroncio estable en la dieta y el hueso humano. Comisión Nacional de Energía Atómica de República Argentina, 1964.
266. Lindell, B., Correlations between Cs¹³⁷ fallout rates, food levels and body burdens. The Radiation Protection Board, Institute of Radiophysics, Stockholm, June, 1964.
267. Martinez, A. M., S. Bulbulian, T. A. Brody, Determinación del estroncio 90 en leches y aguas de lluvia. Instituto de Física, Universidad Nacional Autónoma de México, 1964.
268. Suschny, O., Überblick über die Radioaktivität der in Österreich im Jahre 1961 konsumierten Lebensmittel. *Mitteilungen Osterr. Sanitätsverw.* 64: 15-24 (1963).

269. Drasil, V., Z. Papezova, Milk contamination by Sr-90 in Czechoslovakia. Institute of Biophysics, Czechoslovak Academy of Sciences, Brno. Неопубликованный доклад, представленный UNSCEAR.
270. Paakkola, O., Strontium-90 in Finnish milk during 1960-63. Личное сообщение.
271. Saiki, M., N. Mochizuki, To be published in Radioactivity Survey Data in Japan, No. 3 (1964). National Institute of Radiobiological Sciences, Japan.
272. Republik of Ireland, Department of Agriculture, Report on estimated levels of radionuclides in foodstuff during 1961, 1962 and 1963. Личное сообщение, представленное ФАО.
273. Comitato Nazionale Energia Nucleare, Data on environmental radioactivity collected in Italy (January-June 1961). BIO/12/61 (1961); *v. e.* документ ООН A/AC.82/G/L.770.
274. Strackee, L., F. C. U. Mattern, Iodine-131 in milk and vegetables during the second part of 1961. Rijks Instituut voor de Volksgezondheid, Utrecht. Rep. RA-15 (1962).
275. Strackee, L., F. C. U. Mattern, Sr-90 and Cs-137 in the human diet in the Netherlands during 1962. Rijks Instituut voor de Volksgezondheid, Utrecht. Rep. RA-21 (1964).
276. Hvinden, T., L. Lund, P. Thorensen, Fallout in Norwegian milk in 1961. Interim rapport S-15. Forsvarets Forskningsinstitut, Norway, 1962.
277. Lindell, B., A review of measurements of radioactivity in food, especially dairy milk, and a presentation of the 1963 data on Cs-137 and Sr-90. The Radiation Protection Board, Institute of Radiophysics, Stockholm, 1964.
278. Huber, P., 5. Bericht der Eidgenössischen Kommission zur Überwachung der Radioaktivität zuhanden des Bundesrates für das Jahr 1961. Bulletin des Eidg. Gesundheitsamtes Nr. 4 (1962); *v. e.* документ ООН A/AC.82/G/L.801.
279. Huber, P., 6. Bericht der Eidg. Kommission zur Überwachung der Radioaktivität, zuhanden des Bundesrates für das Jahr 1962. Bulletin des Eidg. Gesundheitsamtes Nr. 4 (1963); *v. e.* документ ООН A/AC.82/G/L.894.
280. Agricultural Research Council, Annual report for 1963-1964. Report ARCRL-12.
281. Чулков П. М., Содержание стронция-90 в молоке в отдельных районах СССР в 1960-1961 годах и в первой половине 1962 года. Государственный комитет по использованию атомной энергии СССР, Москва, 1963; *v. e.* документ ООН A/AC.82/G/L.910.
282. Ministère de la santé publique, Service central de Protection contre les rayonnements ionisants, Surveillance de la radioactivité sur le territoire français de 1961 à 1963. Rapport SCPRI No. 98, p. 18-19 (1963); *v. e.* документ ООН A/AC.82/G/L.877.
283. Pazy, N., Y. Feige, Radioactivity in milk in Israel for the period October 1961—June 1963. Israel Atomic Energy Commission report IA-882 (1964).
284. Vohra, K. G., V. V. Shirvaikar, V. S. Bhatnagar, *et al.*, Measurements on the environmental radioactivity in India from nuclear weapon tests data collected during 1956-1961. Atomic Energy Establishment Trombay report AEET/AM/26 (1962).
285. Vohra, K. G., C. Rangarajan, V. S. Bhatnagar, *et al.*, Measurements on the environmental radioactivity in India from nuclear weapon tests data collected during 1962-1963. Atomic Energy Establishment Trombay report AEET/AM/39 (1963).
286. Asari, T., M. Chiba, M. Kuroda, Strontium-90 and Cesium-137 in milk, pp. 9-13 in Radioactivity survey data in Japan, No. 1 (1963); *v. e.* документ ООН A/AC.82/G/L.921.
287. Danbara, H., T. Mitsuhashi, Strontium-90 and cesium-137 in milk, pp. 13-16 in Radioactivity survey data in Japan, No. 1 (1963); *v. e.* документ ООН A/AC.82/G/L.921.
288. Danbara, H., T. Mitsuhashi, Strontium-90 and cesium-137 in milk. To be published in Radioactivity survey data in Japan, No. 3, 1964.
289. Asari, T., M. Chiba, M. Kuroda, Strontium-90 and cesium-137 in milk. To be published in Radioactivity survey data in Japan, No. 3, 1964.
290. United Arab Republic Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, Wide survey of Sr⁹⁰ in soil, food items and diet of the Delta region of UAR during the period July to December 1961. UAR SCEAR report, vol. 4, No. 3 (1962).
291. Mahmoud, K. A., F. H. Abd-el Said, A. T. Abd-el Fatah, Report on fallout and radioactive content of the food chain in UAR during the year 1962. UARSCEAR report, vol. 5, No. 1 (1963); *v. e.* документ ООН A/AC.82/G/L.932.
292. Mahmoud, K. A., M. K. Moloukhia, S. A. Abde-Latif, *et al.*, Fallout and radioactive content of food chain in U.A.R. during the year 1963. UARSCEAR report, vol. 6-1, June 1964; *v. e.* документ ООН A/AC.82/G/L.948.
293. Bryant, F. J., J. R. Moroney, D. J. Stevens, *et al.*, Strontium-90 in the Australian environment during 1961. Australian J. Sci. 26: 69-74 (1963); *v. e.* документ ООН A/AC.82/G/L.875.
294. Bryant, F. J., W. J. Gibbs, J. R. Moroney, *et al.*, Strontium-90 in the Australian environment during 1962. Готовится к печати.
295. Health and Safety Laboratory, Fallout program quarterly summary report, p. 229. USAEC report HASL-138 (1963); *v. e.* документ ООН A/AC.82/G/L.842.
296. Health and Safety Laboratory, Fallout program quarterly summary report, p. 231. USAEC report HASL-140 and p. 208 in USAEC report HASL-142; *v. e.* документы ООН A/AC.82/G/L.856 and A/AC.82/G/L.871.
297. Mirna, A., Sr⁹⁰ in Austrian diet in 1960-62. Личное сообщение.
298. Der Bundesminister für Atomkernenergie, Umweltraadioaktivität und Strahlenbelastung. Bericht 111/62, p. 144 und Bericht IV/62, p. 155 (1962).
299. Moisiu, T., J. K. Miettinen, Caesium-137 and iodine-131 in Finnish milk from September 1962 to August 1963. Suomen Kemistilehti, B 36: 125-176 (1963).
300. Wenger, P., K. Soucas, Radioactive fallout in Geneva during 1963. Личное сообщение.
301. Beninson, D., J. Kramer, Radiocesio en la dieta humana. Comisión Nacional de Energía Atómica, Informe No. 67; *v. e.* документ ООН A/AC.82/G/L.746.
302. United States Department of Health, Education and Welfare, Radiological Health Data, vol. IV, pp. 94-96, 144-146, 192-194 (1963).
303. Grummitt, W. E., P. R. Kamath, Iodine-131 content of Canadian milk during 1961. AECL report AECL-1797 (1963); *v. e.* документ ООН A/AC.82/G/L.854.
304. Cigna, A., C. Polvani, Intake of iodine-131 from milk in Italy during the period October-December 1961. Nature 194: 1123-1124 (1962).
305. Agricultural Research Council, Interim report on radioactivity in diet. Report ARCRL-7 (1962); *v. e.* документ ООН A/AC.82/G/L.771.

306. Agricultural Research Council, Interim report on radioactivity in milk. Report ARCRL-9 (1963); *v.e.* документ ООИ А/АС.82/Г/Л.829.
307. Beninson, D., E. Ramos, Contaminación por I-131 debida al fallout. Comisión Nacional de Energía Atómica, Informe No. 75 (1962), *v.e.* документ ООИ А/АС.82/Г/Л.808.
308. Bonnyman, J., D. W. Keam, Iodine-131 levels in milk in Australia during the period May-November 1962. Australian J. Sci. 26: 74-76 (1963); *v.e.* документ ООИ А/АС.82/Г/Л.866.
309. United States Department of Health, Education and Welfare, Radiological Health Data, Vol. III, pp. 189-191, 246-249, 285-288, 336-341, 397-401, 482-486 (1962).
310. United States Department of Health, Education and Welfare, Radiological Health Data, Vol. IV, pp. 23-25, 86-89, 138-142, 183-187, 233-242, 291-295, 359-362, 405-409, 455-459, 499-503, 551-557, 589-595 (1963).
311. United States Department of Health, Education and Welfare, Radiological Health Data, Vol. IV, No. 4, pp. 214-215 (1963); *v.e.* документ ООИ А/АС.82/Г/Л.839.
312. McDonald, N. S., D. L. Hutchinson, D. L. Moyer, *et al.*, Gamma-emitting radionuclides in newborn infants and children. Science 141: 1033-1035 (1963).
313. Dean, P. N., личное сообщение.
314. Rundo, J., D. Newton, Some recent measurements of caesium-137 and zirconium-95 in human beings. Nature 195: 851-852 (1962).
315. United States Department of Health, Education and Welfare, Radiological Health Data, Vol. IV, p. 427 only and 573-574 (1963).
316. Colard, J., личное сообщение.
317. Worthley, B., личное сообщение.
318. Mar, P. G., Strontium-90 content of human bone specimens, p. 12-17 in Annual report for 1961 on the radioactive fallout study—CHNW (RP-5). Department of National Health and Welfare, Ottawa, Canada (1962).
319. Department of National Health and Welfare, Canada, Radiation Protection Division, Data from radiation protection programs, Vol. 1, No. 8, pp. 22-24 (1963).
320. Rivera, J., Strontium-90 in human bones collected during 1961, pp. 203-212 in USAEC report HASL-127 (1962); *v.e.* документ ООИ А/АС.82/Г/Л. 793.
321. Rivera, J., Strontium-90 in human bones collected during 1962, pp. 239-248 in USAEC report HASL-138 (1963); *v.e.* документ ООИ А/АС.82/Г/Л. 842.
322. Rivera, J., личное сообщение.
323. Drasil, V., Z. Papezova, личное сообщение.
324. Pribilla, O., личное сообщение.
325. Kvale, E., A. F. Olsen, A. C. Pappas, *et al.*, Assay of Sr-90 in human bone in Norway, 1961-1963. Личное сообщение.
326. Liniecki, J., W. Karniewicz, Sr-90 in human bones in Poland. Results for 1960 and 1961. Nukleonika 8: 401-410 (1963).
327. Karniewicz, W., J. Liniecki, личное сообщение.
328. Medical Research Council, Assay of strontium-90 in human bone in the United Kingdom. Results for 1961, Part I. MRC Monitoring report No. 4; *v.e.* документ ООИ А/АС.82/Г/Л.779.
329. Medical Research Council, Assay of strontium-90 in human bone in the United Kingdom. Results for 1961, Part II. MRC Monitoring report No. 5; *v.e.* документ ООИ А/АС.82/Г/Л.819.
330. Medical Research Council, Assay of strontium-90 in human bone in the United Kingdom. Results for 1962, with some further results for 1961. MRC Monitoring report No. 6; *v.e.* документ ООИ А/АС.82/Г/Л.844.
331. Medical Research Council, Assay of strontium-90 in human bone in the United Kingdom. Results for 1962, Part II. MRC Monitoring report No. 7; *v.e.* документ ООИ А/АС.82/Г/Л.865.
332. Saiki, M., T. Koyanagi, G. Tanaka, *et al.*, Assay of Sr-90 in human bone in Japan 1961-1963. Готовится к выпуску в J. Rad. Res.
333. McNeill, K. G., R. M. Green, The effective half-lives of caesium and iodine in the body. Canadian J. Phys. 37: 528-529 (1959).
334. Miller, C. E., Half-life of Cs-137 in two men, p. 31 in Argonne National Laboratory report ANL-5596 (1956).
335. Miller, C. E., Distribution and retention of Cs-137 after accidental inhalation. ANL report UAC-8383; *v.e.* документ ООИ А/АС.82/Г/Л.892.
336. Oberhausen, E., Measurement of contaminated individuals, pp. 286-292 in USAEC report TID-7612 (1960).
337. Rowe, M. W., M. A. Van Dilla, Cesium-137 retention by one human subject, pp. 149-153 in Los Alamos Scientific Laboratory report LAMS-2780 (1962).
338. Van Dilla, M. A., M. J. Fulwyler, Retention of cesium-137 by adults. Los Alamos Scientific Laboratory report LAMS-3034.
339. Taylor, M. A., J. Vennart, D. M. Taylor, Retention and excretion of caesium-137 by man. Phys. Med. Biol. 7: 157-165 (1962).
340. Rundo, J., Measurements of fallout Cs-137 in human beings within the UKAEA. Готовится к печати.
341. International Commission on Radiological Protection, Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Report of Committee II on permissible dose for internal radiation. Pergamon Press, N. Y., 1959.
342. Mochizuki, Y., R. Mowafy, B. Pasternack, The weight of human thyroids in New York City, pp. 1189-1194 in Hearings before the Subcommittee on Research, Development and Radiation of the Joint Committee on Atomic Energy, 88th Congress, August 20, 21, 22 and 27, 1963; *v.e.* документ ООИ А/АС.82/Г/Л.888.
343. Pendleton, R. C., C. W. Mays, R. D. Lloyd, *et al.*, Differential accumulation of I-131 from local fallout in people and milk. Health Physics 9: 1253-1262 (1963).
344. Comar, C. L., R. A. Wentworth, J. R. Georgi, Thyroidal deposition in man, rat and dog of radioiodine from milk and non-milk sources. Health Physics 9: 1249-1252 (1963).
345. Van Dilla, M. A., M. J. Fulwyler, Thyroid metabolism in children and adults using very small (nanocurie) doses of iodine-125 and iodine-131. Health Physics 9: 1325-1331 (1963).
346. Krey, P. W., D. Bogen, E. French, Plutonium in man and his environment. Nature 195: 263-265 (1962).
347. Osborne, R. V., Plutonium-239 and other nuclides in ground-level air and human beings during spring 1962. Nature 199: 143-146 (1963).
348. Rundo, J. D. Newton, Some recent measurements of caesium-137 and zirconium-95 in human beings. Nature 195: 851-852 (1962).
349. Liebscher, K., T. Schönfeld, A. Schaller, Concentration of inhaled cerium-144 in pulmonary lymph nodes of human beings. Nature 192: 1308 only (1961).

350. Wegst, A. K., C. A. Peillettier, G. H. Whipple, Detection and quantitation of fallout particles in a human lung. *Science* 143: 957-959 (1964).
351. Yamasaki, F., личное сообщение.
352. Swedjemark, G. A., личное сообщение.
353. Gibson, J. A. B., The gamma radiation background at Grove, Berkshire. Report AERE-HP-Gen-39.
354. Burch, P. R. J., J. C. Duggleby, D. B. Oldroy, *et al.*, Studies of environmental radiation at a particular site with a static gamma-ray monitor in Proceedings of the International Symposium on Natural Radiation Environment, Rice University, Houston, Texas, 1963. В печати.
355. Chamberlain, A. C., Relation between measurements of deposited activity after the Windscale accident of October 1957. UKAEA report AERE-HP/R-2606 (1958).
356. Holme, D. A., K. Stewart, The gamma dose-rate above an infinite plane source. Report AWRE-E-6/63.
357. Gustafson, P. F., Assessment of the radiation dose due to fallout. *Radiology* 75: 282-288 (1960).
358. Gustafson, P. F., S. S. Brar, Gamma-ray doses from short-lived fission products from nuclear weapon tests. *Health Physics* 9: 629-634 (1963).
359. Gustafson, P. F., личное сообщение.
360. Collins, W. R. Jr., G. A. Welford, R. S. Morse, Fallout from 1957 and 1958 nuclear test series. *Science* 134: 980-984 (1961).
361. Collins, W. R. Jr., Measured and predicted contribution from fallout to environmental radiation levels, pp. 271-278 in USAEC report TID-7632; *в.е.* документ ООН A/AC.82/G/L. 776.
362. Collins, W. R. Jr., личное сообщение.
363. Gale, H. J., D. L. O. Humphreys, E. M. R. Fisher, The weathering of caesium-137 in soil. UKAEA report AERE-4241; *в.е.* документ ООН A/AC.82/G/L. 860.
364. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, National Food Survey Committee, Annual report for 1960. H.M.S.O., London, 1961.
365. Lindell, B., An approach to the question of computing doses and effects from fallout. *Health Physics* 2: 341-365 (1960).
366. United States Department of Health, Education and Welfare, Radionuclide concentration in daily diet of children 6-18 years old. Institution averages, 1961-1963. Неопубликованный доклад.
367. Коген, К., личное сообщение.
368. Palmer, H. E., W. C. Hanson, B. J. Griffin, *et al.*, Radioactivity measurements in Alaskan Eskimos in 1963. *Science* 144: 859-860 (1964).
369. Miettinen, J. K., Measurements of Cs¹³⁷ in Finnish Lapps in 1962-63 by a mobile whole body counter. Proceedings of a Symposium on Assessment of Radioactive Body Burdens in Man, May 10-16, 1964, Heidelberg. IAEA, готовится к печати.
370. Häsänen, E., J. K. Miettinen, The body burden of Cs¹³⁷ in people of Southern Finland, 1961-1963. *Там же.*
371. Liden, K., Y. Naversten, The enhanced radiocesium levels of people in Northern Sweden. *Там же.*
372. Bengtson, G., K. Liden, The Cs¹³⁷ and potassium level of the population at Lund, February 1964, личное сообщение.
373. Medical Research Council, Assay of Sr⁹⁰ in human bone in the United Kingdom. Results for 1963, part I. Monitoring report series No. 8, 1964; *в.е.* документ ООН A/AC.82/G/L. 938.
374. Michon, G., личное сообщение.
375. Liden, K., личное сообщение.
376. Hardy, E., W. Collins, Health and Safety Laboratory fallout program quarterly summary report, p. 221. USAEC report HASL-131; *в.е.* документ ООН A/AC.82/G/L. 803.
377. Feely, H. W., J. E. Hardaway, R. J. Lagomarsino, An estimate of the stratospheric burden of strontium-90 on 1 January 1964. A report of work performed under contract DA-49-146-XZ-079. Defence Atomic Support Agency, Washington, D. C.
378. Telegadas, K., личное сообщение.
379. Collins, W., личное сообщение.
380. Salter, L. P., личное сообщение.
381. Kalstein, M. I., Rhodium-102 high-altitude tracer experiment. *Science* 137: 645-652 (1962).
382. Научный комитет Организации Объединенных Наций по действию атомной радиации; Доклад Научного комитета Организации Объединенных Наций по действию атомной радиации, приложение F, часть 3, пункт 23. Документ Генеральной Ассамблеи, Дополнение № 16 (A/5216), 1962.
383. Ministry of Housing and Local Government, Scottish Development Department and Ministry of Health and Local Government of Northern Ireland, Radioactivity in drinking water in the United Kingdom—1962 results.
384. Takahashi, T., T. Hamada, F. Yamasaki, личное сообщение.
385. Saiki, M., личное сообщение.
386. International Atomic Energy Agency, Division of Research and Laboratories, Überblick über die Radioaktivität der in Österreich konsumierten Lebensmittel. Mitteilungen der Österreichischen Sanitätsverwaltung 62, Heft 12: 365-376 (1961).
387. Donth, H., личное сообщение.
388. Strackee, L., личное сообщение.
389. New Zealand Department of Health, National Radiation Laboratory, Fallout in New Zealand. Annual report for 1963, No. NRL/F-11 (1964).
390. Jammert, H., личное сообщение.
391. Strackee, L., Iodine-137 in milk in the first quarter of 1962. Rijks Instituut voor de Volksgezondheid, Utrecht. Rep. F1/62 RA (1962).
392. Mattern, F. C. U., Iodine-137 in the last part of 1962. Rijks Instituut voor de Volksgezondheid, Utrecht. Rep. 34/63 RA (1963).
393. Mahmoud, K. A., личное сообщение.
394. Beninson, D., E. Van der Elst, E. Ramos, Studies on fission products in the environment, в печати.
395. Bryant, F. J., личное сообщение.
396. Kulp, J. L., A. R. Schulert, E. S. Hodges, Strontium-90 in man. *Science* 132: 448-457 (1960).
397. Alsop, R. J. L., J. Bonnyman, D. W. Keam, *et al.*, личное сообщение.
398. Невструева М. А., Моисеев А. А., Попов Д. К., и др. Характеристика радиоактивного загрязнения биологической цепочки мох—олень—человек на крайнем севере СССР в период с 1961 года до начала 1964 года, личное сообщение.

399. Марей А. Н., Книжников В. А., Ярцев Е. И. и др., Содержание стронция-90 в костной ткани населения Советского Союза в 1959-1963 годах, личное сообщение.
400. O'Brien, R. J., личное сообщение.
401. Stebbins, A. K., Second special report on the high altitude sampling programme. Technical Analysis Report DASA-539B (1961).
402. Научный комитет Организации Объединенных Наций по действию атомной радиации; Доклад Научного комитета Организации Объединенных Наций по действию атомной радиации, приложение F, часть II, пункт 120. Документ Генеральной Ассамблеи, Дополнение № 16 (A/5216), 1962.
403. Miyake, Y., H. Tsubota, Estimation of the direct contribution of meteoric water to river waters by means of fall-out radiocaesium and radiostrontium, pp. 425-431 in *Radioisotopes in Hydrology*. I.A.E.A., Vienna, 1963.
404. Miyake, Y., K. Saruhashi, Y. Katsuragi, *et al.*, Penetration of Sr-90 and Cs-137 in deep layers of the Pacific and vertical diffusion rate of deep water. *J. Rad. Res.* 3 (3): 141-147 (1962).
405. Kigoshi, K., Krypton-85 in the atmosphere. *Bull. Chem. Soc. of Japan* 35 (6): 1014-1016 (1962).
406. Machta, L., Personal communication based upon analysis of stratospheric samples of CO for C-14 by F. Haermann.
407. Telegadas, K., личное сообщение.
408. Machta, L., личное сообщение.
409. Keeling, C. D., The concentration and isotopic abundances of carbon dioxide in the atmosphere. *Tellus* 12 (2): 200-203 (1960).
410. Bishop, K. F., H. J. Delafield, A. E. J. Eggleton, *et al.*, The tritium content of atmospheric methane, pp. 55-62 in *Tritium in the Physical and Biological Sciences*. IAEA, Vienna, 1962.
411. Miyake, Y., K. Saruhashi, Y. Katsuragi, *et al.*, Cesium-137 and strontium-90 in sea water. *J. Rad. Res.* 2 (1): 25-28 (1961).
412. Friend, J. P., H. W. Feely, P. W. Krey, *et al.*, The high altitude sampling program. Discussion of HASP results, pp. 201-247 in *Defense Atomic Support Agency report DASA-1300*, vol. 3 (1961).
413. United States Atomic Energy Commission, Press release No. F-250, Dec. 6 (1963).
414. United States Atomic Energy Commission, Press release No. 110, May 11 (1964).
415. Grummitt, W. E., J. E. Guthrie, Assessment of the radiation dose to Canadians from fallout. *Canadian J. Phys.* 42: 287-291 (1964).
416. Menker, H. E., Isotopic composition of uranium and plutonium in Richmond, California, fallout. USAEC report HASL-131, p. 200; *в.е.* документ ООН A/AC.82/G/L. 803.
417. Peterson, K. R., B-57 air sampling in Southwestern United States—February and March 1961. USAEC report HASL-142, pp. 277-292; *в.е.* документ ООН A/AC.82/G/L. 871.
418. Малахов С. Г., Середа Г. А., Брендаков В. Ф. и др., Радиоактивные выпадения на территории СССР в 1963 году. Личное сообщение.
419. Collins, Jr., W. R., Sr-90 deposition on the Earth's surface from 1958 through 1963. USAEC report HASL-146, pp. 241-248 (1964).
420. Harley, J., личное сообщение.
421. Chesselet, R., G. Lambert, B. C. Nguyen, *et al.*, Paper presented to International Symposium of the French Health Physics Society, Saclay, November 1963.
422. Lingenfelter, R. E., Production of carbon-14 by cosmic ray neutrons. *Rev. Geophys.* 1: 35-55 (1963).
423. Machta, L., личное сообщение.
424. Brown, R. M., Personal communication; *в.е.* IAEA lists WP/17/1, 2 and 3 (January 1962, October 1962 and November 1963).
425. Kigoshi, K., Natural concentration of krypton-85, carbon-14 and tritium in recent years; *в.е.* документ ООН A/AC.82/G/L. 693.
426. Beninson, D., личное сообщение.
427. Hiyama, Y., личное сообщение.
428. Commissariat à l'énergie atomique, Département de la protection sanitaire, Pollution radioactive des denrées alimentaires. Tableaux récapitulatifs. Document destiné à l'enquête de l'OAA, Octobre 1963.
429. Tajima, E., личное сообщение.
430. United States Department of Defense, Defense Atomic Support Agency, Project Star Dust, личное сообщение.

ПРИЛОЖЕНИЕ В
РАДИАЦИОННЫЙ КАНЦЕРОГЕНЕЗ ЧЕЛОВЕКА

СОДЕРЖАНИЕ

	Пункты		Пункты
I. ВВЕДЕНИЕ	1— 20	Новообразования в области щитовидной железы у пациентов, получавших J ¹³¹	120—121
II. ЛЕЙКОЗ	21— 89	IV. ОПУХОЛИ В ОБЛАСТИ ШЕИ (ЗА ИСКЛЮЧЕНИЕМ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ) ПОСЛЕ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ	122—125
Лейкоз у лиц, выживших после взрыва атомной бомбы в Японии	21—33	V. КОЖНЫЕ ОПУХОЛИ, ОБРАЗОВАВШИЕСЯ ПОСЛЕ ТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО ОБЛУЧЕНИЯ	126—129
Лейкоз у лиц, прибывших в Хиросиму вскоре после взрыва атомной бомбы	34— 36	VI. КОСТНЫЕ ОПУХОЛИ	130—145
Лейкоз у американских радиологов	37— 39	Костные опухоли, образовавшиеся после терапевтического облучения	130—131
Лейкоз у больных анкилозирующим спондилитом	40— 55	Костные опухоли у лиц, в организме которых отложился радий	132—145
Лейкоз у детей, проходивших курс терапевтического облучения по поводу «увеличения зубной железы»	56— 61	VII. ОПУХОЛИ, ВОЗНИКШИЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТОРИЯ	146—151
Лейкоз у детей, облученных в матке	62— 73	VIII. РАК ЛЕГКИХ У ГОРНОРАБОЧИХ	152—174
Лейкоз у других групп лиц, облученных в медицинских целях из внешних источников	74— 81	IX. ОБЩАЯ ЧАСТОТА СЛУЧАЕВ ОБРАЗОВАНИЯ ОПУХОЛЕЙ ПОСЛЕ ОБЩЕГО ОБЛУЧЕНИЯ	175—193
Лейкоз после применения J ¹³¹ в терапевтических целях	82— 85	Лица, выжившие после взрыва атомной бомбы в Японии	175—180
Лейкоз у больных истинной полицитемией, проходивших лечение при помощи P ³²	86— 87	Население, подвергшееся значительному радиоактивному облучению из природных источников	181
Лейкоз и радиоактивное облучение из природных источников	88— 89	Дети, подвергшиеся диагностическому облучению в матке	182—193
III. НОВООБРАЗОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ	90—121	ТАБЛИЦЫ	121
Раковые опухоли щитовидной железы у лиц, выживших после взрыва атомной бомбы в Японии	90—100	ЛИТЕРАТУРА	130
Новообразования в области щитовидной железы у лиц, проходивших курс терапевтического облучения из внешних источников	101—119		

I. Введение

1. Целью настоящего обзора является рассмотрение данных об опасности заболевания раком, вызванным облучением человека ионизирующей радиацией, причем излагаемые в нем сведения являются в основном либо новыми, либо сведениями, подробно не рассмотренными в докладе Комитета^a Генеральной Ассамблее за 1962 год^b [1].

2. Большая часть имеющихся сведений об индуцированных облучением опухолях в организме человека и подопытных животных является результатом исследования влияния больших доз радиации, а именно доз, составляющих сотни рад и более. Из этих данных известно, что ионизирующая радиация в больших дозах может вызы-

вать или содействовать возникновению рака в самых разнообразных типах тканей млекопитающих, хотя и восприимчивость различных тканей значительно варьируется в зависимости от генетических и физиологических факторов.

3. В отношении облучения малыми дозами (порядка 10 и менее рад) имеются немногочисленные данные, а степень общего канцерогенного действия облучения в малых дозах является предметом общих рассуждений.

4. В целом различные механизмы канцерогенеза недостаточно известны. Однако доказано, что изменения, ведущие к образованию опухолей, происходят на клеточном уровне и часто связываются с наблюдаемыми изменениями структуры клеток (особенно их хромосомного строения) и их функций. Разнообразные канцерогены, в том числе химикалии и вирусы, а также различные виды ионизирующей радиации вызывают структурные и функциональные изменения, которые, по-видимому, сходны по своей природе.

^a Официальные отчеты Генеральной Ассамблеи, семнадцатая сессия, Дополнение № 16 (A/5216); в дальнейшем на него ссылаются как на «доклад 1962 года».

^b Сноски относятся к соответствующему источнику библиографического списка, помещенного в конце настоящего приложения.

5. Среди имеющих, по всей вероятности, важное значение механизмов, которые включают в себя как соматические, так и местные факторы, находятся: *a)* непосредственное повреждение клеток, в том числе изменения ген и хромосомов; *b)* содействие росту и развитию клеток, в которых в результате воздействия местных повреждений на родственные клеточные системы и строму могут образоваться злокачественные опухоли; *c)* сложные нарушения клеточного и тканевого гомеостаза; *d)* оказываемое на отдаленные ткани и клетки соматическое влияние и воздействие, которые могут привести к изменениям иммунологического механизма, эндокринным расстройствам, а также к изменениям метаболизма и питания.

6. В результате радиобиологических исследований было высказано предположение о том, что, для того чтобы оказать существенное соматическое воздействие или вызвать заметные изменения в структуре ткани и ее функциях, обычно необходимы сравнительно большие дозы радиации. Такое влияние больших доз может играть основную роль в образовании опухолей, которая налагается на хронические изменения тканей в результате воздействия радиации. Однако поскольку рак может возникнуть в результате воздействия ионизирующей радиации в малых дозах, то основные механизмы образования рака, по-видимому, будут находиться в большем соответствии с образованием злокачественных опухолей в результате мутаций или хромосомных повреждений или, возможно, вследствие изменений, повышающих восприимчивость клеток к превращениям под действием вирусов.

7. Вообще индуцированные радиацией опухоли не отличимы от рака, возникшего в результате других причин. Более того, как отмечается выше, возможно наличие общих основных механизмов. Эти два обстоятельства оказывают влияние как на вид статистических данных, которые могут быть получены в результате проведения клинических и экспериментальных исследований, так и на истолкование этих данных.

8. В случае использования аналогичных основных механизмов для объяснения причин образования рака, индуцированного радиацией, или рака, образовавшегося в результате других причин, влияние радиации может: *a)* либо опережать по времени контрольную кривую распределения опухолей по возрастным группам, *b)* либо повышать в несколько раз частоту заболевания в зависимости от возраста. Когда подобные механизмы не принимаются во внимание, влияние радиации может проявляться в виде дополнительного увеличения числа случаев заболеваний, не связанных с контрольной возрастной частотой заболеваний. Образование опухолей через любой данный отрезок времени после облучения будет определяться каким-либо из этих процессов или их комбинацией, а также возможными изменениями времени выживания, вызванными облучением.

9. Большинство имеющихся данных о человеке и даже подопытных животных ограничены небольшим отрезком времени, прошедшим после облучения. Очевидно, при любой попытке оценить общую частоту возникновения опухолей в течение жизни должна использоваться экстраполяция.

10. Производя оценку опасности, которой подвергается население, следует иметь в виду затруднения, связанные с проведением эпидемиологических обследований. Возможны большие колебания восприимчивости населения вследствие различий в генетических и физиологических факторах, а также факторах, связанных со средой. Следовательно, зависимость между дозой и эффектом, наблюдаемая при обследовании всего населения, необязательно применима в отношении отдельных лиц или подгрупп населения. Следует соблюдать большую осторожность в случае приложений отдельной оценки опасности заболевания, полученной на основании обследования облученных лиц, тщательно отобранных по тем или иным причинам, ко всему населению.

11. Во многих случаях необходимо было произвести определение дозы через большой промежуток времени после облучения, и, поскольку, по-видимому, невозможно воспроизвести условия, существовавшие при первоначальном облучении, многие оценки доз, как правило, весьма недостоверны.

12. Кроме того, имеются проблемы, связанные с терминологией и определением дозы. При неравномерном облучении тела (вследствие ограниченного размера поля, небольшого проникновения радиации или неравномерного распределения радиоактивных изотопов в организме) мощность облучения нельзя однозначно установить по результатам какого-нибудь одного измерения, а лишь путем установления распределения дозы. Для создания основы конкретной оценки опасности следует, однако, выбирать единственное значение величины, характеризующей облучение, даже несмотря на то, что такая величина может иметь ограниченную точность или значимость.

13. Наиболее общепринятыми величинами для оценки облучения из внешних источников являются либо керма, либо доза в свободном воздухе [2], поскольку измерения часто производятся приборами с минимальной массой без использования фантомов. Вследствие сложности физической взаимосвязи определенные таким образом величины и дозы, поглощенные определенными тканями, могут существенно различаться между собой.

14. Любая эмпирическая оценка опасности справедлива лишь для условий облучения, при которых она была получена. Отсюда оценка опасности, справедливая для определенной дозы, полученной при однократном облучении, вероятно, не является верной для того же значения дозы, но полученной в течение продолжительного отрезка времени.

15. Для оценки опасности заболевания в виде функции дозы необходимо точно определить кривую зависимости между дозой и эффектом в широком диапазоне доз. Однако в отношении организма человека имеются ограниченные данные, относящиеся лишь к узкому диапазону доз. Оценка опасности может быть осуществлена в пределах этого диапазона и с учетом изложенных выше ограничений. За пределами этого диапазона доз необходимо делать предположения относительно характера зависимости между дозой и эффектом.

16. Одно из таких предположений связано с «пороговой дозой». Для некоторых видов раковых заболеваний, индуцированных облучением, возможно наличие пороговой дозы, однако этот факт может быть установлен лишь исходя из представлений о механизмах. Даже в результате статистических исследований частоты заболевания раком большого количества облученных популяций невозможно точно установить наличие определенного порога. Поэтому в общем для оценки опасности заболевания при облучении в малых дозах следует считать, что существует определенная, хотя и небольшая, опасность индукции рака даже при облучении в самых малых дозах.

17. В большинстве случаев, в которых принимались попытки экстраполяции к малым дозам, предполагалось существование линейной связи между дозой и эффектом. Обсуждение использования гипотезы о линейной зависимости можно найти в докладе 1962 года. Следует отметить, что предположение о наличии линейной зависимости является единственным предположением, которое позволяет использовать при оценке опасности средние значения доз. В целом предположение о линейной зависимости между дозой и частотой заболеваний при облучении в малых дозах, очевидно, может привести к завышению степени опасности.

18. В общем это, вероятно, справедливо, поскольку нижние ветви большинства известных кривых, описывающих зависимость между дозой и реакцией, имеют тенденцию к сигмоидальности или линейности, а также вследствие того, что по теоретическим соображениям можно ожидать, что при очень малых дозах будут преобладать единичные изменения. Тот факт, что линейная экстраполяция, вероятно, приведет к завышенной оценке опасности, наиболее убедительно проявляется в случае, когда наблюдение охватывает область, в пределах которой реакция быстро возрастает при увеличении дозы.

19. На оценке, определенной по относительному увеличению частоты по сравнению с «естественной» частотой заболеваний, будет в большой степени сказываться естественная частота заболеваний, которая в некоторых случаях (например, при раке щитовидной железы или костей) очень низка. Абсолютное значение опасности является мерой восприимчивости различных тканей к раковым заболеваниям, индуцированным облучением.

20. В данном докладе оценка опасности индукции рака будет представлена либо в относительной форме, в виде увеличения по сравнению с естественной частотой заболевания, либо в абсолютном виде, выраженном числом случаев заболевания, приходящихся на данный отрезок времени и единицу дозы облучения популяции определенного размера, например как число случаев $\times 10^{-6}$ в год на 1 рад. Следует подчеркнуть, что эти оценки опасности надежны, как правило, лишь в диапазоне больших доз, для которых имеются сведения. Использование оценки опасности при дозах, находящихся за пределами наблюдаемого диапазона, может быть весьма ошибочным, а в области низких значений доз, для которых используется линейная экстраполяция к нулевому значению дозы, в большинстве случаев она может использоваться лишь в качестве указания на верхний предел опасности.

II. Лейкоз

ЛЕЙКОЗ У ЛИЦ, ВЫЖИВШИХ ПОСЛЕ ВЗРЫВА АТОМНОЙ БОМБЫ В ЯПОНИИ

21. Из имеющихся данных о зависимости между облучением и лейкозом человека наиболее полными являются сведения, полученные при обследовании лиц, выживших после атомной бомбардировки Хиросимы и Нагасаки. Даже для этих наблюдений характерна большая неопределенность в дозиметрии, численности и характеристиках пораженного населения, а также в частоте заболевания лейкозом. Более того, случаи заболевания наблюдались среди лиц, выживших после взрыва, то есть среди лиц, тщательно отобранных по крайней мере из числа облученных в больших дозах.

22. В ряде случаев исследовалось «население, подверженное влиянию миграции», вероятность миграции облученных и необлученных лиц среди которых незначительна. С целью избежания неопределенности, которая возникает при исследовании «населения, подверженного влиянию миграции», Комиссия по изучению последствий атомных взрывов (КИПАВ) выбрала исходный образец, то есть «не подверженное влиянию миграции население», которое подбирается по возрасту и полу из числа следующих групп населения: облученных с близкого расстояния (0—2000 м от эпицентра), облученных с дальнего расстояния (2000—10 000 м) и необлученных (находящихся на расстоянии более 10 000 м).

23. Ватанабе [6] опубликовал данные о частоте заболевания лейкозом лиц, выживших после взрыва в Хиросиме («население, подверженное влиянию миграции»), в том числе о всех случаях лейкоза за семнадцать лет (1946—1962 годы). Произведенный по этим данным подсчет частоты заболевания лейкозом среди всего населения, среди необлученного населения (находившегося за пределами 5000 м, включая, по-видимому, лиц, прибывших после взрыва) и среди населения, облученного с расстояния до 5000 м, приведен

в таблице I и на рисунке 1. Оценка относительной опасности приведена в таблице II.

24. Из таблицы I и рисунка 1 можно убедиться в резком возрастании частоты заболевания лейкозом среди облученного (в пределах 5000 м) населения после 1946 года, причем максимальная частота заболевания в одиннадцать раз выше, чем для необлученного (за пределами 5000 м) населения в 1951 году. В период с 1952 по 1959 год

КИПАВ или «не подверженного миграции населения». В таблице III представлены данные за двенадцатилетний период (1947—1958 годы) о частоте заболеваний в зависимости от расстояния от эпицентра для 89 установленных случаев заболевания лейкозом в Хиросиме и 60 установленных случаев лейкоза в Нагасаки.

26. Частота заболевания лейкозом среди лиц, выживших после взрыва атомной бомбы и облу-

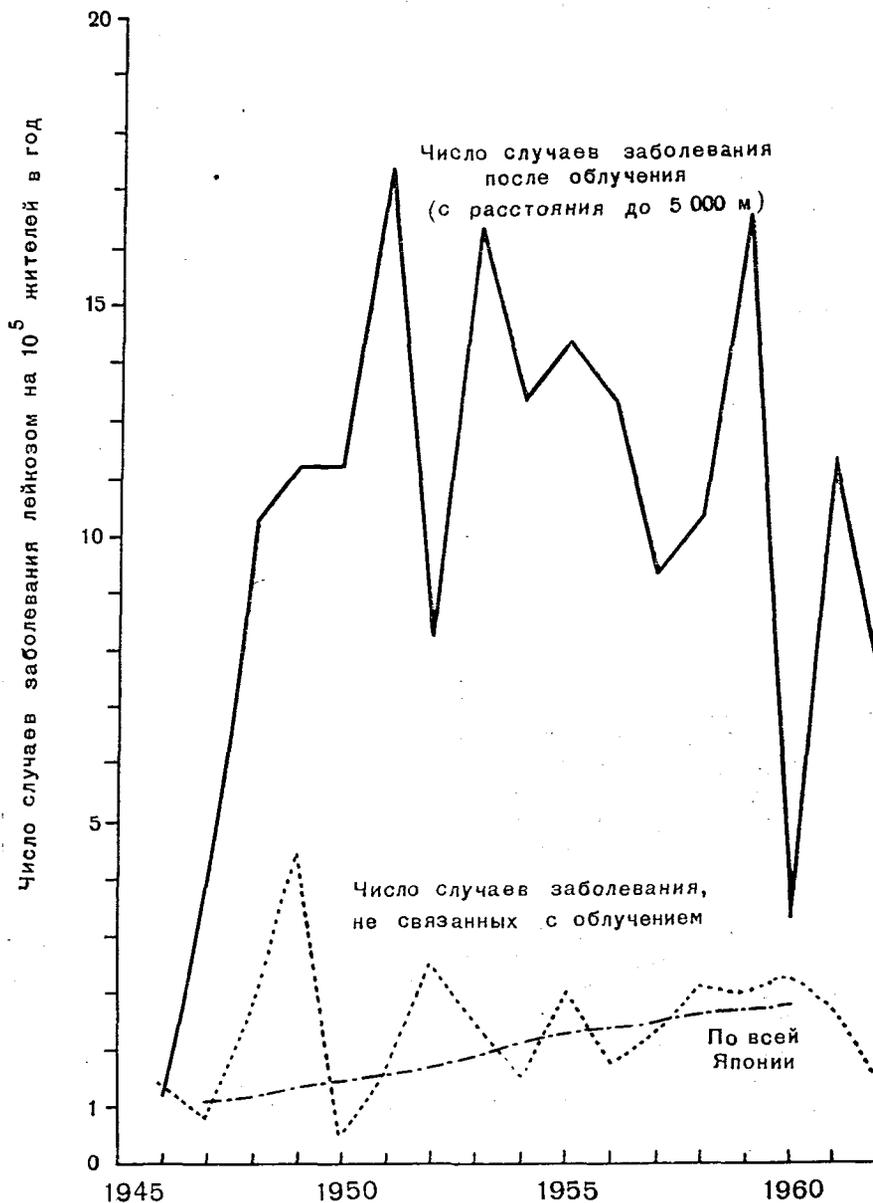


Рис. 1. Заболевание лейкозом в Хиросиме (1946—1962 гг.) (с поправками на данные Ватанабе [6])

частота заболевания среди облученного населения колебалась ниже этого предела; в 1960—1962 годах она колебалась в еще меньших пределах.

25. Брилл и др. [7] суммировали и произвели сравнение ранее полученных данных о заболевании лейкозом лиц, выживших после взрыва атомной бомбы в Хиросиме и Нагасаки, полученных вплоть до 1958 года с помощью исходного образца

ченных на расстоянии 1500 м от эпицентра, резко возросла. Брилл и др. полагают, что среднегодовая частота заболеваний в Хиросиме (28/10⁵/год) среди лиц, находившихся на расстоянии 2000—10 000 м от эпицентра, незначительно превышает ожидавшуюся в Японии частоту, где, по имеющимся сообщениям, частота заболевания лейкозом составляет 20—30/10⁵/год. Как следует из данных Ватанабе, эта частота заболеваний также

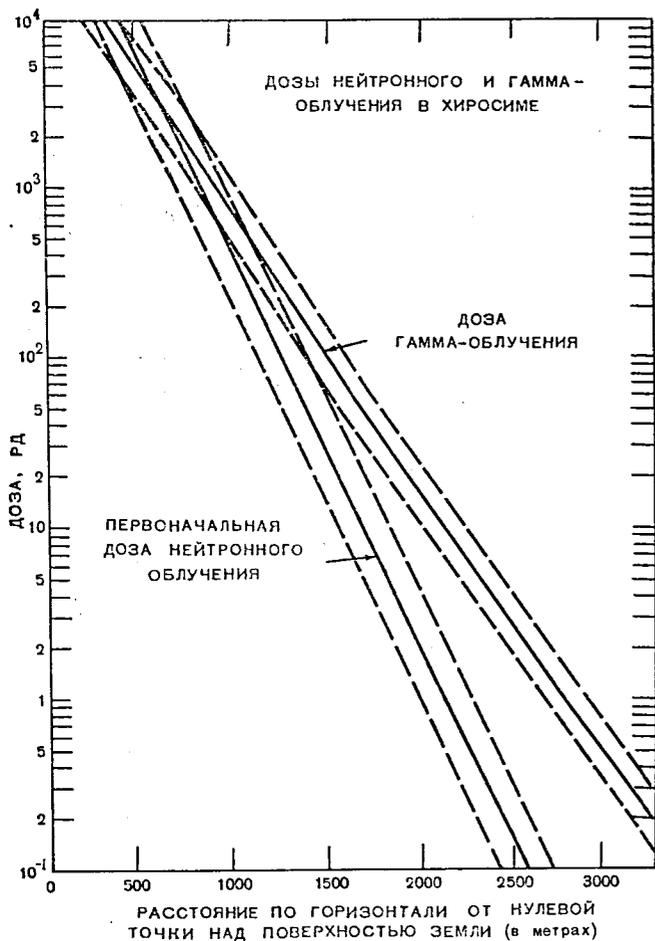


Рис. 2. Оценка воздушных доз нейтронного и гамма-облучения в зависимости от расстояния по горизонтали от нулевой точки над поверхностью земли (с поправками на данные Йорка [3])

существенно не отличается от среднегодовой частоты заболеваний среди необлученного населения Хиросимы в течение того же периода времени. Повышенная частота заболевания лейкозом (37/10⁶/год) среди лиц, облученных на расстоянии 2000—10 000 м в Нагасаки (табл. III), значительно ($P < 0,05$) выше, чем это ожидалось исходя из частоты заболеваний среди всего населения Японии.

27. Брилл и др. [7] проанализировали также зависимость между дозой облучения, содержащей поправку на экранирование (среди лиц, в отношении которых имелись сведения, позволяющие внести поправки к дозам индивидуального облучения), и средней частотой установленных случаев заболевания лейкозом в течение девятилетнего периода (1950—1958 годы) в исходном образце в Хиросиме и Нагасаки. Рисунки 2 и 3 дают общее представление о дозах нейтронного и гамма-облучения в зависимости от расстояния от эпицентра взрывов атомных бомб в Хиросиме и Нагасаки. Величины поправок на уменьшение дозы в результате экранирования определяются по средним значениям коэффициентов ослабления дозы, полученным во время испытательных взрывов в пустыне штата Невада [8]. Коэффициент

ослабления дозы в результате экранирования не применялся для лиц, находившихся на открытой местности. Принято считать, что в отношении частично экранированных лиц ослабление воздушной дозы при гамма-облучении составляет 15 процентов, а для нейтронного облучения — 25 процентов. Предполагалось, что для лиц, находившихся внутри легких построек японского типа, ослабление воздушной дозы гамма-облучения составляет 30 процентов, а для нейтронного облучения — 50 процентов. Лица, находившиеся в укрытиях других категорий, не принимались во внимание, поскольку для них неизвестны соответствующие коэффициенты ослабления. Это привело к дальнейшему уменьшению исходного образца и числа случаев заболевания лейкозом. Расчетные дозы гамма- и нейтронного облучения были увеличены в пропорции 1 : 1, принимая ОБЭ для нейтронов за единицу. Если бы значение ОБЭ в действительности было больше единицы, то использование пропорции 1 : 1, как это сделано в данном случае, по крайней мере в Хиросиме, привело бы к большему значению опасности заболевания лейкозом на единицу дозы.

28. В таблице IV представлены данные о зависимости между установленными случаями заболевания лейкозом и поглощенной дозой, полученные

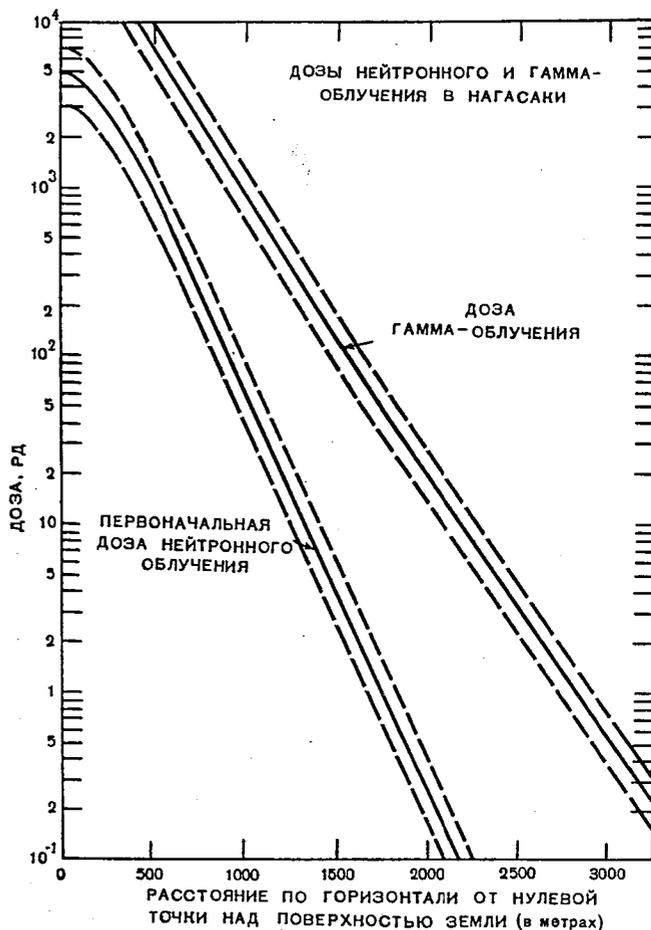


Рис. 3. Оценка воздушных доз нейтронного и гамма-облучения в зависимости от расстояния по горизонтали от нулевой точки над поверхностью земли (с поправками на данные Йорка [3])

таким образом для 51 случая в Хиросиме и для 25 случаев в Нагасаки в течение девятилетнего периода (1950—1958 годы). Зависимость годовой частоты заболевания лейкозом от дозы графически изображена на рисунке 4.

29. В Хиросиме зависимость годовой частоты заболевания лейкозом от дозы облучения в течение периода (1950—1958 годы) в пределах около 100—900 рд может быть изображена в виде

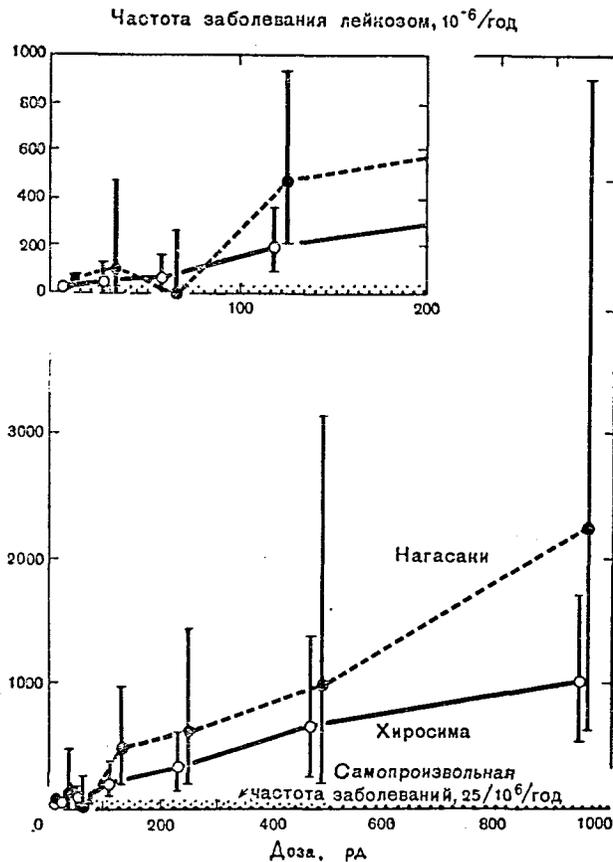


Рис. 4. Зависимость средней частоты установленных случаев заболевания лейкозом в исходном образце (наличный состав плюс резерв) за 1950—1958 годы от относительной дозы облучения при слабом экранировании (с поправками на данные Брилла и др. [7])

прямой. В диапазоне доз от 10 до 100 рд частота заболевания в каждой из групп, подвергавшихся облучению в определенной дозе, не отличается существенно друг от друга, хотя значения частоты заболевания в этих группах ложатся на ту же прямую.

30. Приведенные в таблице IV данные показывают, что, по крайней мере в диапазоне доз от 100 до 900 рд, средняя частота заболевания в зависимости от дозы увеличилась на 1,1 случая $/10^6/\text{год}/\text{рд}$ в Хиросиме и 1,6 случая $/10^6/\text{год}/\text{рд}$ в Нагасаки, то есть от 1 до 2 случаев $/10^6/\text{год}/\text{рд}$ в обоих городах. Поскольку в Нагасаки численность облученного населения и число случаев заболевания лейкозом меньше, значение частоты заболеваний, полученное для этого города, статистически менее надежно. Однако основная причина неопределенности, сказывающейся на обоих

значениях, вероятно, заключается в ограниченных возможностях дозиметрии, а не в свойственном этим данным варьировании.

31. В Хиросиме и Нагасаки, взятых вместе, наблюдается небольшая корреляция между годом заболевания лейкозом и расстоянием от эпицентра. В обоих городах группы, в которых наблюдались симптомы лучевой болезни, находились ближе к эпицентру; в этих группах отмечалось значительное увеличение частоты заболевания лейкозом по сравнению с группами, в которых симптомы лучевой болезни не наблюдались.

32. Среди определенных возрастных групп облучение, по-видимому, не сказывается в заметной степени на предрасположенности к заболеванию различными видами лейкоза. В Японии была подтверждена редкость заболевания хроническим лимфолейкозом. Среди лиц, выживших после атомного взрыва в Японии и получивших облучение на расстоянии менее 1500 м от эпицентра, отмечена заболеваемость такими видами лейкоза, как хронический гранулолейкоз и острый лейкоз. Острый лейкоз преобладает в основном среди лиц, возраст которых в момент облучения составлял менее 10 лет. Предрасположенность к этому виду лейкоза обычно наблюдается в раннем возрасте. Несмотря на то что для лиц, выживших после взрыва атомной бомбы в Японии, заболевание хроническим гранулолейкозом наблюдается преимущественно в средних возрастных группах, участвовавшие случаи заболевания этим видом лейкоза наблюдались также и среди детей. Случаи заболевания острым лейкозом, в том числе грануло- и миелолейкозом, а также лейкозом неустановленного типа, участились.

33. Частота заболевания лейкозом различных гематологических видов постоянно изменялась в зависимости от возраста в момент облучения [7], вследствие чего кривые, описывающие зависимость между возрастом и частотой заболевания для облученных и контрольных лиц, были почти параллельны [135]. Поскольку естественная частота заболевания определенными видами лейкоза колеблется в зависимости от возраста в пределах порядка величины или более, число случаев индуцированного лейкоза этих видов изменяется соответствующим образом в зависимости от возраста в момент облучения. Можно полагать, что облучение в определенной дозе может, таким образом, привести к увеличению вероятности заболевания на данное процентное отношение естественного нормированного возрастного коэффициента, а не на данное количество дополнительных случаев, что имеет существенное как практическое, так и теоретическое значение [135].

ЛЕЙКОЗ У ЛИЦ, ПРИБЫВШИХ В ХИРОСИМУ ВСКОРЕ ПОСЛЕ ВЗРЫВА АТОМНОЙ БОМБЫ

34. Данные доклада Ватанабе [6] о случаях возникновения лейкоза в период с 1950 по 1962 год (тринадцать лет) у лиц, прибывших в Хиросиму вскоре после взрыва, были пересчитаны и пред-

ставлены в таблице V. Несмотря на то что частота заболеваний лейкозом оказалась выше, чем можно было ожидать, по данным для необлученных лиц, разница между лицами, прибывшими в Хиросиму вскоре после взрыва, и лицами, прибывшими туда позднее, статистически не была значимой.

35. Были опубликованы данные [4, 5] (рис. 5) об оценке облучения выпадающими радиоактивными осадками, а также нейтронами, однако надежность этих данных не может быть определена.

с учетом коэффициента смертности (стандартизованного по отношению к полу, расе, возрасту и году смерти) в результате соответствующих причин. Рассчитанное количество радиологов-мужчин в возрасте от 35 до 74 лет увеличилось с 2167 человек в 1948 году до 4713 в 1961 году; количество человеко-лет для лиц, подверженных в этом возрасте опасности заболевания, за четырнадцатилетний период составило 47 348. Коэффициент смертности от лейкоза составил 3,0, причем среди радиологов зарегистрировано 12 смертельных случаев по сравнению с предпо-

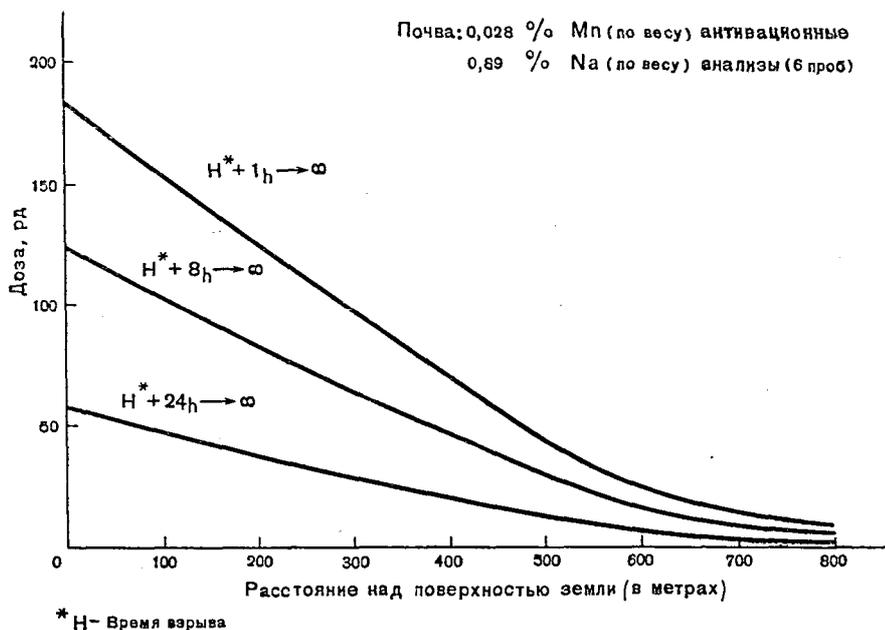


Рис. 5. Наведенная активность нейтронного облучения на поверхности земли в Хиросиме (с поправками на данные Борга и Конарда [5])

36. Местонахождение лиц, прибывших вскоре после взрыва атомной бомбы, в течение первых дней неизвестно. Считают, что ввиду огромных разрушений и продолжающегося в течение долгого времени вблизи эпицентра пожара, который начался через несколько часов после взрыва, очевидно, что в первый день после взрыва вблизи эпицентра могло находиться в течение продолжительного времени лишь небольшое количество лиц.

ЛЕЙКОЗ У АМЕРИКАНСКИХ РАДИОЛОГОВ

37. Результаты ранее проведенных исследований, уже рассмотренных в докладе 1962 года, обобщены в таблице VI. После составления доклада 1962 года Льюис [9] рассмотрел 425 свидетельств о смерти зарегистрированных специалистов в области радиологии, умерших в возрасте от 35 до 74 лет в течение четырнадцатилетнего периода (1948—1961 годы). В таблице VII отмеченное число смертельных случаев, основной причиной которых был лейкоз или родственное заболевание, сравнивается с соответствующим ожидаемым числом смертельных случаев, рассчитанным по числу живых радиологов, подвергающихся опасности,

лагаемыми 4,02 случая. Средняя годовая смертность в результате заболевания радиологов лейкозом в течение четырнадцати лет составляла $253/10^6$ /год по сравнению с ожидаемой смертностью, равной $85/10^6$ /год, что составляет превышение числа смертельных случаев на $168/10^6$ /год. Предполагалось, что примерно 4,4 из двенадцати смертельных случаев от лейкоза среди радиологов имели место в результате заболевания лейкозом лимфатического вида (в основном хроническим), однако наблюдался лишь один случай заболевания лимфолейкозом, причем острого характера. Таким образом, все 12 случаев заболевания лейкозом среди радиологов относились к видам заболеваний, которые, как известно, учащаются при облучении.

38. На основании оценки опасности заболевания в Хиросиме можно сделать вывод, что избыточная частота заболевания лейкозом, наблюдаемая среди радиологов, является результатом многократного интенсивного облучения всего тела в дозе около 100 рд. Имеется немного сведений о величине и распределении дозы, полученной первыми радиологами, однако имеющиеся сведения указывают на то, что на протяжении сорока лет они

подвергались постоянному облучению в дозе, значительно превышающей 100 рд., и на этом основании можно предполагать, что для индуцирования лейкоза облучение в течение длительного времени менее эффективно, чем краткосрочное облучение.

39. Для болезни Ходжкина, лимфосаркомы и лимфобластомы наблюдаемое количество смертельных случаев среди радиологов близко соответствовало предполагаемому количеству смертей (табл. VII). С другой стороны, среди подвергающегося опасности населения имели место пять смертельных случаев в результате заболевания полимиеломой вместо предполагаемого одного и четыре смертельных случая вместо предполагаемых 0,2 случая — в результате заболевания апластической анемией. В то время как повышенная частота заболевания апластической анемией не является неожиданной, связь полимиеломы с облучением до сих пор не была доказана.

ЛЕЙКОЗ У БОЛЬНЫХ АНКИЛОЗИРУЮЩИМ С ОНДИЛИТОМ

40. После того как Курт Браун и Долл [12, 13] изучили истории болезни 13 352 пациентов, проходивших с 1 января 1935 года по 31 декабря 1954 года курс лечения в 81 лечебном центре в Англии, не поступало никаких новых данных о зависимости частоты заболевания лейкозом от дозы, полученной предполагаемыми больными анкилозирующим спондилитом в результате терапевтического облучения рентгеновыми лучами. Были проанализированы лишь случаи заболевания лейкозом, обнаруженные до 1955 года. Это исследование было рассмотрено в докладе 1962 года. Однако в целях сравнения его результатов с результатами исследования зависимости между дозой и частотой заболевания среди других облученных популяций этот вопрос в несколько измененной форме рассматривается также в данном докладе.

41. При оценке зависимости между дозой и частотой заболевания использовались 32 случая с установленным диагнозом (серия «А») и 5 вероятных случаев (серия «В»). Поскольку для 2065 облученных женщин был точно установлен лишь 1 случай заболевания лейкозом (общая частота заболеваний равна $48/10^6$), анализ был проведен только в отношении мужчин, причем численность мужчин, подвергающихся опасности, составляла в исследуемой серии 11 287 человек.

42. Пациенты подвергались общему кумулятивному облучению в диапазоне доз от 112 р до более 3000 р в течение от одного курса фракционного облучения (примерно в течение месяца) до восьми курсов терапевтического лечения с интервалами до восьми лет. После 1950 года большинство пациентов проходило лишь один курс лечения; однако большая часть пациентов, которые проходили курс лечения неоднократно, облучалась в течение более продолжительного периода. Молодые люди подвергались в среднем большему

количеству курсов лечения, чем пожилые. Среди пациентов встречались мальчики 14 лет, а также мужчины в возрасте свыше 55 лет.

43. Для более чем 90 процентов пациентов поле облучения ограничивалось небольшими участками тела, в которые входили пораженные суставы. Более широкие поля использовались при облучении позвоночника, включая иногда область таза и другие сочленения. Подробные сведения об облучении рентгеновыми лучами были получены при наблюдении за совокупностью пациентов, в которую входил примерно каждый шестой пациент (из 1878 человек). Были подсчитаны как дозы облучения спинного костного мозга (в рентгенах), так и интегральные дозы облучения всего организма (в мегаграмм-рентгенах). Облучение позвоночника определялось в двух различных формах: в виде среднего облучения костного мозга по всей длине позвоночника и в виде максимального облучения костного мозга в определенных точках позвоночника. Наконец, отдельно определялось среднее облучение спинного мозга для пациентов, у которых облучению подвергался лишь позвоночник. Восемнадцать из 37 больных лейкозом являлись лицами, у которых облучению был подвергнут лишь один позвоночник.

44. Поскольку лечебное облучение пациентов не было однократным и поскольку число пациентов, получивших облучение в различных дозах, не сохранялось постоянным в течение рассматриваемого периода, невозможно определить зависимость частоты заболевания лейкозом от величины дозы облучения лишь путем сравнения количества пациентов, заболевших лейкозом после определенного облучения, с примерно подсчитанным общим количеством пациентов, подвергшихся облучению в той же дозе. Курт Браун и Долл преодолели это затруднение путем определения численности населения, подвергающегося риску облучения в любой дозе, по общему числу лет, в течение которых пациенты оставались в живых после индивидуального облучения и до момента дополнительного лечебного облучения, в результате которого они оказались бы в следующей произвольно определенной категории облученных.

45. Точность этого метода во многом зависит от пределов латентного периода радиоиндуцированного лейкоза. На основании 10 случаев, в течение которых пациенты проходили лишь один курс лечения, оказалось, что латентный период в редких случаях длится менее двух лет и что значительно чаще его продолжительность составляет величину порядка 3—5 лет и гораздо реже — более длительный период времени. Однако в ходе анализа авторы постулировали, что лейкоз с равной вероятностью возникает в любое время после облучения, за исключением первого года. Поскольку лечение многих больных осуществлялось в течение нескольких последних лет исследования, вероятно, что это исследование не отражает полностью общей частоты заболевания лейкозом.

46. В соответствии с зависящим от возраста увеличением частоты заболевания родственными формами лейкоза, встречающегося среди всего населения Англии и Уэльса [136], частота заболевания лейкозом облученных больных, страдающих спондилитом, увеличивается с возрастом от $11/10^4$ /год — для людей в возрасте моложе 25 лет до $56/10^4$ /год — для людей в возрасте 55 лет или старше. Чрезмерная частота заболевания лейкозом, которая была примерно в десять раз больше «естественного» возрастного стандартизованного коэффициента, не зависела от возраста, при котором началось применение лучевой терапии, однако она была несколько большей, когда лечение начиналось в более старшем возрасте. Поэтому для данного облучения в более старшей возрастной группе было индуцировано случаев заболевания лейкозом по крайней мере в пять раз больше, чем в младшей группе, хотя естественная, зависящая от возраста заболеваемость в обеих группах увеличивалась одинаково или с незначительной разницей. Большее увеличение числа заболеваний в более старшей возрастной группе не может быть приписано разнице в облучении, поскольку при облучении пациентов более старшего возраста старались применить меньшие дозы, а не большие.

47. Количество смертельных случаев в результате заболевания всеми видами лейкоза среди подвергнутых облучению больных спондилитом значительно превышает количество предполагаемых смертельных случаев среди необлученного населения, не страдающего спондилитом, причем их отношение составляет 4,6 для больных лимфолейкозом, 6,1 — для больных миелолейкозом, 11,8 — для больных монолейкозом и 52,4 — для больных другими видами лейкоза, в том числе неустановленными.

48. Из-за отсутствия достаточно полных данных о частоте заболевания лейкозом ни для лиц мужского пола, не подвергавшихся лечебному облучению, но болеющих спондилитом, ни для лиц, получивших облучение позвоночника, но не болеющих спондилитом, предполагаемая частота заболевания лейкозом, используемая в этом исследовании, представляла величину, принятую для всего мужского населения Великобритании, стандартизованного по возрасту.

49. Существует некоторая возможность ошибки при использовании этой контрольной популяции ввиду того, что между лейкозом и ревматическими болезнями наблюдалась определенная связь [15]. Отмечалось также наличие наследственных факторов среди больных анкилозирующим спондилитом и ревматическим артритом [14]. Другим заслуживающим внимания вопросом является возможность того, что некоторые другие формы терапии, используемые для лечения больных анкилозирующим спондилитом, также могут явиться причиной лейкоза. Известно, что такие вещества, как антипирин, соли золота и фенилбутазон, понижают деятельность костного мозга [16]. Бин [17] приводит данные о заболевании лейкозом шести необлученных пациентов, которые лечились

фенилбутазоном. Трое из них болели анкилозирующим спондилитом.

50. В рассмотренных Куртом Брауном и Доллом [13] историях болезней не содержится достаточно подробных данных, позволяющих специально изучить вопрос о применении лекарств. Эти авторы указали, что бутазолидин вряд ли мог играть какую-либо роль в развитии апластической анемии в обнаруженных случаях, поскольку он не был в общем употреблении до 1952 года. Авторы указали, что соли золота, как и многие типы болеутоляющих средств, в том числе амидопирин, использовались в течение многих лет. По мнению авторов, нет достаточных оснований считать, что эти лекарства являются основной причиной возникновения лейкоза, однако убедительных данных их доклад не содержит.

51. Количество мужчин, получивших различное облучение либо одного позвоночника, либо позвоночника и иных участков тела, выраженное в виде средних значений облучения спинного мозга, а также в виде количества человеко-лет, в течение которых человек подвергался опасности при двенадцати определенных уровнях облучения, приведено в таблице VIII. Значения доз облучения являются общими значениями за вычетом доли, полученной в течение двенадцати месяцев, предшествующих диагнозу лейкоза. Данные о больных лейкозом, а также о грубом и нормированном показателе заболеваемости приведены в таблице IX.

52. После облучения в дозе 2250 р или более годовая частота заболевания лейкозом среди стандартной контрольной популяции возросла с $0,5/10^4$ /год до $72/10^4$ /год. При облучении в дозе меньшей 500 р 2 из 4 случаев лейкоза являлись лимфатическими.

53. По мнению Курта Брауна и Долла, среднее значение дозы облучения спинного мозга является наиболее удовлетворительной мерой радиационного облучения, полученного в условиях исследования. Однако они указали, что в таком случае не принимается во внимание значительное облучение экстраспинального мозга у некоторых пациентов. Поэтому пациентов, которые проходили лечение лишь позвоночника и крестцово-подвздошного сочленения, они рассматривали отдельно. Эти данные приведены в таблице X.

54. Больные, лечение которых первоначально ограничивалось позвоночником и крестцово-подвздошным сочленением, но которые в то же время получали облучение (в том числе широкого поля) вне позвоночника, были включены в эту группу лишь из-за периода их жизни между первоначальным облучением и первым облучением участков тела вне позвоночника. Несмотря на то что это повысило точность оценки дозы, ценность данных стала ограниченной из-за соответствующего уменьшения числа случаев заболевания лейкозом.

55. Кривая регрессии, вычерченная по частоте заболеваний, наблюдаемых при облучении позвоночника в диапазоне доз от 300 до 1500 р, имеет

угловой коэффициент, равный $0,5/10^6/\text{год/р}$. Экстраполяция этой кривой к значению ниже 300 р не оправдана. Следует напомнить, что прямая, описывающая зависимость между дозой и частотой заболевания лейкозом среди лиц, выживших после взрыва атомной бомбы в Хиросиме, в диапазоне 100—900 рд имеет угловой коэффициент, равный $1-2/10^6/\text{год/рд}$. Характеристики облученной популяции и условия облучения в Хиросиме значительно отличались от характеристик и условий облучения больных спондилитом. По сравнению с больными спондилитом и прошедшими несколько курсов лечения лица, выжившие после взрыва в Хиросиме, не только получили мгновенный импульс радиации, но, по-видимому, большинство из них были подвержены полному облучению, в то время как у лиц, больных спондилитом, облучались лишь отдельные части тела (вероятно, от одной трети до половины костного мозга). Сходство двух угловых коэффициентов дает основание предполагать, что для обеих популяций может быть использовано одинаковое значение опасности.

ЛЕЙКОЗ У ДЕТЕЙ, ПРОХОДИВШИХ КУРС ТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО ОБЛУЧЕНИЯ ПО ПОВОДУ «УВЕЛИЧЕНИЯ ЗОБНОЙ ЖЕЛЕЗЫ»

56. Был проведен ряд эпидемиологических исследований частоты заболевания лейкозом детей, получивших терапевтическое облучение рентгеновыми лучами по поводу доброкачественных опухолей [18—26]. Результаты этих исследований обсуждались в докладе 1962 года. Из их числа исследования, проведенные Хемпелманном с сотрудниками, являются самыми большими и единственными, в которых показано возрастание частоты заболевания лейкозом.

57. Наиболее свежими докладами по результатам обзора Хемпелманна являются доклады Пайфера и др. [27], а также Тойока и др. [28, 29]. Число наблюдаемых случаев заболевания лейкозом, ожидаемое число случаев заболевания среди детей грудного возраста, облученных рентгеновыми лучами по поводу «увеличения зобной железы», а также число случаев лейкоза среди контрольных братьев и сестер в обеих сериях (I и II) приведены в таблице XI. Полагали, что все дети подвергались опасности облучения с момента их рождения до 31 декабря 1960 года или до момента их смерти.

58. В серии I большинство детей подвергались лечению в период между 1926 и 1946 годами, причем методы лечения и причины, вызвавшие это лечение, значительно различались. В серии II дети подвергались лечению в период между 1940 и 1957 годами, причем методы лечения были более общими. Большинство детей, облучаемых в первые годы жизни, облучались в сравнительно больших дозах на больших участках тела, причем часто использовалось как переднее, так и заднее расположение трубки. Дети, облучаемые сравнительно недавно, обычно получали меньшие дозы на относительно меньших участках тела при перед-

нем расположении трубки. Энергия рентгеновского облучения, число случаев лечения и общая продолжительность лечения в серии II были обычно меньшими, чем в серии I.

59. Из шести случаев заболевания лейкозом, имевших место в серии I, четыре случая являлись лимфолейкозом и два случая — острым лейкозом неустановленного типа. Эти данные не позволяют изучить регрессию заболеваемости в зависимости от дозы.

60. Этих данных недостаточно для установления различия между влиянием а) облучения и б) заболевания, называемого «увеличением зобной железы», или для создания основы диагноза, который служил бы в качестве указания на метод лечения. Конти и др. [22] не отметили случаев заболевания лейкозом в группе из 1564 детей, причем 96 процентов этих детей после терапевтического облучения не проявляли никаких признаков заболевания, называемого «увеличением зобной железы». 88 процентов детей облучались в области зобной железы при помощи сравнительно небольших трубок в дозах от 75 до 300 р при среднем значении, равном 150 р, а 12 процентов — в диапазоне доз 200—450 р. Предполагался один случай заболевания лейкозом. Эти дети (90 процентов) обследовались через одиннадцать — восемнадцать лет после прохождения курса лучевой терапии.

61. Мюррей и др. [21] обнаружили 2 случая заболевания лейкозом среди 75 детей, проходивших курс лечения коклюша, 1 случай — в группе из 1073 лиц, проходивших курс облучения головы и шеи главным образом по поводу лимфатической гиперплазии носоглотки; среди 2460 детей, облученных мягкими рентгеновыми лучами по поводу доброкачественных поражений кожи, не было ни одного случая смерти от лейкоза.

ЛЕЙКОЗ У ДЕТЕЙ, ОБЛУЧЕННЫХ В МАТКЕ

62. Был проведен ряд ретроспективных исследований детей, облученных в матке; результаты этих исследований приведены в таблице XII.

63. В проделанном Стюартом и др. [30—32] ретроспективном исследовании частоты (по данным матерей) дородового диагностического облучения абдоминальной области у матерей 780 детей, умерших от лейкоза (в течение 1953—1955 годов) в возрасте моложе 10 лет, и у матерей 1638 контрольных живых детей, подобранных по возрасту, полу и месту жительства, было получено относительное значение опасности заболевания лейкозом, равное примерно 1,83. На увеличении опасности заболевания лейкозом, а также частоты заболевания синдромом Дауна также сказывается слишком большой возраст матери. Частота послеродового диагностического или терапевтического облучения была почти в два раза выше среди детей, больных лейкозом, чем в контрольной группе в течение первых трех лет жизни, а частота послеродовых острых инфекционных легочных заболеваний и серьезных поражений также была значи-

тельно большей среди детей, которые впоследствии умерли от лейкоза.

64. Контрольные пациенты, использованные в этих ретроспективных исследованиях, значительно отличались друг от друга. Стюарт и др. [32] вели наблюдения за живыми детьми, подобранными по возрасту, полу и месту жительства. Форд и др. [33] исследовали данные о детях, умерших в возрасте до 10 лет в результате других причин в течение того же самого периода времени, что и облученные дети. В данном случае сведения о радиационном облучении в течение последней стадии беременности были получены от акушеров и из больничных историй болезней. Каплан [34] исследовал две контрольные группы — очень близких по возрасту братьев и сестер и наиболее близких друзей. Полхемус и Кох [35] брали детей, находившихся в одной и той же больнице в течение одного и того же периода (последовательные хирургические операции), которые были подобраны по возрасту, социально-экономическим и географическим факторам. В исследовании Кьельдсберга [36] в качестве контрольных использовались здоровые дети, родившиеся в иное время, чем дети, страдающие лейкозом, и которые, по всей вероятности, не подвергались внутриутробному рентгеновскому облучению. В исследовании Мюррея и др. [21] брались три контрольных группы: дети, умершие от незлокачественных болезней в течение того же самого отрезка времени, братья и сестры, а также живые братья и сестры умерших контрольных детей. Наконец, Льюис [37] брал в качестве контрольных всех детей, рожденных в больнице, в которой наблюдались случаи смерти детей от лейкоза.

65. Курт Браун и др. [38] в ходе осуществления обширного перспективного обследования женщин, которые были облучены во время беременности в период с 1945 по 1956 год, обнаружили, что из числа 39 166 новорожденных, получивших внутриутробное облучение, девять умерли от лейкоза к концу 1958 года. Предполагаемое число смертельных случаев составляло 10,5. Никто из детей 750 женщин, облученных в течение первых трех месяцев беременности, не заболел лейкозом в течение последующего периода наблюдения, средняя продолжительность которого была более шести лет. Не было обнаружено никакой корреляции между частотой заболевания лейкозом и величиной дозы внутриутробного облучения.

66. Мак-Магон [39, 40] разработал проведение в будущем обширного исследования с целью изучения этой проблемы при помощи метода, использующего объективные данные о внутриматочном рентгеновском облучении. Исследуемая популяция состояла из 734 243 детей, рожденных и выписанных живыми из тридцати семи крупных родильных домов в северо-восточной части Соединенных Штатов в течение 1947—1954 годов. Частота внутриматочного рентгеновского облучения среди этой популяции была определена в результате изучения историй болезней систематической выборки, составляющей 1 процент. Из

7242 случаев единичной беременности для данного образца в 370 случаях (10,6 процента) производилось рентгеновское облучение абдоминальной области или области таза. Исследование детей, умерших от лейкоза до конца 1960 года, производилось в результате изучения свидетельств о смерти и рождении. После внесения поправок на косвенные связи с порядком рождения и на другие осложняющие факторы было подсчитано, что из числа членов рассматриваемой популяции смертность от лейкоза была на 40 процентов выше среди лиц, облученных рентгеновыми лучами, чем среди необлученных лиц, что привело к значению относительной опасности, равному 1,4, при 95-процентных доверительных пределах, составляющих 1,0 и 2,0.

67. Ни в одном из этих исследований не было проведено никаких оценок дозы. Однако в исследовании Мак-Магона случаи рентгеновского облучения в соответствии с вероятным количеством снимков, сделанных при диагностических процедурах, были разбиты на три категории, отвечающие различному порядку значений вероятной (относительной) дозы. Хотя и имеется тенденция к увеличению опасности появления рака среди категорий, подвергавшихся облучению, она совершенно незначительна. Было показано, что ни повышенная опасность заболевания лейкозом, ни более частое внутриутробное облучение рентгеновыми лучами в течение первых родов не объясняют зависимости между рентгеновским облучением и увеличением числа случаев заболевания лейкозом. Все еще остается неясным, является ли причиной высокой частоты заболевания лейкозом при первых родах связь между облучением и заболеванием лейкозом. Отношение смертности среди детей от первых родов к смертности среди детей последующих родов было одинаковым как для отдельных категорий, облученных рентгеновыми лучами (1,5 для облученных рентгеновыми лучами и 1,3 для необлученных), так и для вместе взятых групп, а именно 1,4. Разность, зависящая от порядка рождения, была одинаковой для категорий детей, получивших конкретную относительную дозу облучения (пельвиметрические исследования), так же как и для всей группы в целом.

68. В докладе [39], охватывающем зарегистрированные до конца 1960 года смертельные случаи среди детей, родившихся в течение 1947—1954 годов, исследованы в основном дети в возрасте более пяти лет. В нем было показано, что по сравнению с однопроцентной выборкой населения частота внутриматочного облучения рентгеновыми лучами была большей среди лиц, умерших от лейкоза и рака. Интересно, что в ранее опубликованном докладе [40], охватывающем смертельные случаи, зарегистрированные до 1958 года, было показано, что частота внутриматочного облучения для этих двух групп отличалась незначительно или же была совершенно одинаковой. Возможно, что в некоторых других исследованиях разница для детей младшего возраста была точно так же занижена в результате недостаточного времени наблюдения за значительной частью популяции. Малая относи-

тельная опасность и наличие максимальной опасности после достижения пятилетнего возраста являются двумя характеристиками связи, которые, возможно, сближают эту точку зрения с отрицательными результатами, изложенными в ряде обзоров.

69. Вайз [41] изучал детей от первых родов, умерших от лейкоза в течение 1953—1955 годов. В группе, охватывающей 306 таких случаев, было представлено десять возрастных подгрупп (1945—1954 годы), причем в девяти из них средний возраст (в момент смерти) детей, получивших внутриутробное облучение, был на четыре месяца больше, чем средний возраст в момент смерти детей, не облученных рентгеновыми лучами. Только в двух подгруппах дети находились под наблюдением с момента рождения до возраста одного года (1953—1954 годы) и лишь в одной подгруппе — с момента рождения до двухлетнего возраста (1953 год).

70. Изучая истории болезней 628 детей, родившихся в 1952—1956 годах и умерших от лейкоза или лимфосаркомы до достижения пятилетнего возраста, Стюарт и Хьюит [42] обнаружили, что в процентном отношении число случаев рентгеновского облучения существенно изменялось в зависимости от возраста умерших, причем это отношение возрастало при облучении детей в возрасте от 0 до 4 лет. Допуская, что заболевание лейкозом больных, умерших примерно через четырнадцать месяцев после облучения, то есть до достижения возраста одного года, не являлось результатом генетического действия радиации, эти авторы также высказывают предположение, что при заболевании в результате генетического действия радиации наблюдалось иное возрастное распределение, чем в случае спонтанного заболевания, и что за пределами этой возрастной категории заболевание в первом случае проявляется позднее, чем во втором. Соотношение контрольных облученных рентгеновыми лучами лиц (8,3 процента) было почти таким же, что и для самых ранних случаев «спонтанного» заболевания лейкозом (8,5 процента), и в соответствии с этой гипотезой «дополнительные» случаи заболевания в результате облучения рентгеновыми лучами в более старших возрастных группах обуславливаются внутриматочным облучением.

71. Согласно Мак-Магону [43], вероятность смерти от лейкоза среди белых детей в возрасте до 10 лет составляет в Соединенных Штатах Америки $46/10^5$ человек. Предполагая, что 10 процентов таких детей были облучены рентгеновыми лучами в матке и что у облученных рентгеновыми лучами опасность заболевания на 40 процентов выше, чем у необлученных, можно сделать вывод, что полная опасность заболевания, составляющая $46/10^5$ человек, складывается из значений опасности, равных $62/10^5$ для 10 процентов облученных рентгеновыми лучами и $44/10^5$ — для 90 процентов необлученных рентгеновыми лучами. Для облученных детей разность, составляющая $18/10^5$, представляет дополнительную опасность заболевания. Это значение находилось

бы в соответствии с полученными путем экстраполяции значениями для облученных после родов групп, составляющих 2 случая 10^6 рд/год, только при условии, что полученная доза облучения плода составляла 9 рд. Это значение, вероятно, по крайней мере в 2 раза больше среднего значения полученной дозы.

72. В то время как в результате отдельных исследований частоты заболевания лейкозом детей, облученных в матке, были получены различные значения опасности, их надежность, определенная на чисто статистической основе, так же различна, как это следует из их доверительных пределов. Как отмечается ниже в этом приложении, было показано [108], что нет никакого противоречия между результатами одиннадцати обследований, в пяти из которых образцы были небольшими при большой переменности отбора, что привело к значениям относительной опасности, меньшим единицы. Было обнаружено, что комплексная максимальная вероятная оценка относительной опасности, полученная в результате этих обследований, фактически составляет 1,4 при 95-процентных доверительных пределах, равных 1,2 и 1,6.

73. Несмотря на отсутствие точных значений доз, по-видимому, трудно избежать вывода о том, что облучение ткани плода приводит к большему (вероятно, в 5 раз) значению опасности, которое приходится на единицу дозы, чем послеродовое облучение. Как и во всех случаях облучения в медицинских целях, нельзя никоим образом отделить лейкогенное действие радиации от других возможных этиологических факторов, связанных с причинами облучения.

ЛЕЙКОЗ У ДРУГИХ ГРУПП ЛИЦ, ОБЛУЧЕННЫХ В МЕДИЦИНСКИХ ЦЕЛЯХ ИЗ ВНЕШНИХ ИСТОЧНИКОВ

74. Симон и др. [44] путем изучения 71 582 больных, проходивших радиотерапевтическое лечение по поводу рака шеи в крупных лечебных центрах, расположенных по всему земному шару, обнаружили, что частота заболевания лейкозом составляет $6,2—11,6$ случая/ 10^5 человек. Сравнивая это значение со значением смертности в Англии от лейкоза среди женщин в возрасте 55 лет, равным $5,8/10^5$, и значением смертности, равным $9,0/10^5$, для подобной группы в Соединенных Штатах Америки, они пришли к выводу, что в результате лечения радием смертность не повышается. Однако, поскольку 25 процентов больных не прожили одного года и поскольку 60 процентов не прожили 5 лет, численность населения, подвергающегося опасности, была значительно снижена к тому времени, когда можно было бы ожидать максимальной частоты заболевания лейкозом, связанным с радиацией.

75. На основе изучения случаев заболевания лейкозом в течение 1940—1954 годов, известных Датской регистратуре раковых заболеваний, Фабер [45, 46] обнаружил, что 34,8 процента из

442 случаев острого лейкоза, 32,6 процента из 307 случаев хронического гранулолейкоза, 17,7 процента из 861 случая хронического лимфолейкоза и 21,3 процента из 395 не страдающих лейкозом контрольных больных являются результатом диагностического или терапевтического рентгеновского облучения. Продолжительность периода между облучением и появлением признаков заболевания колеблется от десяти месяцев до пяти лет — для острых случаев и от десяти месяцев до одиннадцати с половиной лет — для хронического гранулолейкоза при отсутствии заметного максимума в распределении. Значения относительной опасности и их 95-процентных доверительных пределов следующие: 2,0 (1,7—2,7) — для острого лейкоза; 1,8 (1,3—2,5) — для хронического гранулолейкоза; 0,8 (0,6—1,1) — для хронического лимфолейкоза. По значениям пределов можно заключить, что значительное увеличение опасности наблюдается лишь для острого лейкоза и хронического гранулолейкоза. Значения полученных доз и причины облучения неизвестны.

76. Нойман [47] сообщил, что с 1954 по 1960 год в Штутгарте среди туберкулезных больных, возраст которых превышал 14 лет, взятых из выборки, эквивалентной 91 549 человеко-годам, было зарегистрировано 10 заболеваний лейкозом со смертельным исходом, причем в течение того же периода в соответствующей выборке из всего населения Штутгарта ожидалось 5,86 смертельных случаев. Это приводит к значению относительной опасности заболевания лейкозом, равному $10/5,86$ или 1,7 для туберкулезных больных, которые, по-видимому, чаще подвергались рентгенографии грудной клетки, чем контрольные лица. Однако это значение существенно не отличается от единицы, и у десяти туберкулезных больных, умерших от лейкоза, облучение было несколько ниже, чем для всей выборки туберкулезных больных.

77. Стюарт и др. [48] провели в Соединенном Королевстве ретроспективное исследование возможной связи между рентгеновским облучением в диагностических или терапевтических целях и последующим развитием лейкоза у взрослых. Частота облучения, по-видимому, была одной и той же в так называемой группе L (512 случаев заболевания лимфолейкозом и лимфосаркомой), в группе из 951 больного с опухолями различных участков тела, а также в группе из 974 очевидно здоровых контрольных лиц. В так называемой группе M (511 больных миело- и монолейкозом) частота облучения груди или брюшной полости была выше, а облучение конечностей не отличалось от облучения контрольных лиц. Для получения значения опасности эти авторы сравнивали частоту облучения туловища в группе M с частотой облучения туловища во всех других вместе взятых группах (стандартная группа) без учета облучения конечностей по той причине, что частота облучения конечностей не была выше, чем в контрольных группах.

78. По полученным сообщениям, в стандартной группе в течение последних десяти лет, предшествующих обследованию, 29 пациентов получили терапевтическое облучение, 1025 — диагностическое облучение и 1323 пациента не облучались. В группе M (миело- и монолейкоз) соответствующие значения были следующими: 24 пациента получили терапевтическое облучение, 243 — диагностическое облучение и 244 — не облучались. Относительная опасность заболевания лейкозом составляла 4,5 (95-процентные доверительные пределы: 8,0—2,5) — для терапевтического и 1,2 (1,4—1,0) — для диагностического облучения туловища.

79. В результате проведения ретроспективного обследования в Новой Зеландии Ганц и Аткинсон [49] обнаружили, что 47 из 590 больных лейкозом по сравнению с 38 из 712 здоровых контрольных пациентов ранее облучались рентгеновыми лучами и/или различными радиоактивными изотопами по поводу лечения злокачественных или доброкачественных опухолей, что соответствует значению относительной опасности, равному 1,5 (1,0—1,9). Они также обнаружили, что в 7 (5,7 процента) из 122 случаев миеломатоза больные ранее облучались в терапевтических целях (значение относительной опасности равно 1,1, пределы — 1,7—0,7). Облучение в прошлом в терапевтических целях имело место в 25 из 355 случаев острого лейкоза (значение относительной опасности — 1,3, пределы — 2,1—0,8), в 9 из 78 случаев хронического гранулолейкоза (значение относительной опасности — 2,3, пределы — 5,0—1,0) и в 13 из 157 случаев хронического лимфолейкоза (значение относительной опасности — 1,5, пределы — 2,9—0,8).

80. В этом же исследовании изучалась также частота диагностического облучения, полученного в предшествующие десять лет. Значительная разница в частоте диагностического облучения различных групп была очевидной. В данном случае нельзя сделать каких-либо выводов об относительной опасности, поскольку влияние дозы диагностического облучения не может быть отделено от очевидно намного большего значения доз терапевтического облучения, полученных частью пациентов, принадлежащих к той же выборке.

81. Поэтому, несмотря на наличие доказательств того, что терапевтическое облучение взрослых, по всей вероятности, может привести к значительному увеличению опасности заболевания лейкозом, вопрос о влиянии диагностического облучения остается открытым. Результаты Стюарта и др. [48] вызывают сомнения, поскольку они вряд ли имеют статистическую значимость вследствие того, что в ходе этого исследования выяснилось, что лица, страдающие лейкозом, не только подвергались более частому облучению, но также имели различное по сравнению с контрольными лицами распределение болезней, которые сами по себе могли привести к увеличению опасности заболевания лейкозом, а также вследствие того, что облучение конечностей, несмотря на свой, вероятно, значительный вклад в облучение костного

мозга, не учитывалось. Для получения по результатам диагностического облучения взрослых более надежных значений опасности заболевания должны быть проведены более интенсивные исследования и лучшее дозиметрирование.

ЛЕЙКОЗ ПОСЛЕ ПРИМЕНЕНИЯ J^{131} В ТЕРАПЕВТИЧЕСКИХ ЦЕЛЯХ

82. В исследовании 59 000 пациентов (примерно 221 900 человеко-лет, в течение которых больные находились в условиях опасности заболевания), проходивших лечение радиоiodом по поводу тиреотоксикоза в течение двадцати лет, предшествующих середине 60-х годов, в основных клиниках Соединенного Королевства, Канады и Австралии, а также в ряде клиник Соединенных Штатов Америки, Почин [50] отметил 8 известных и 10 других случаев заболевания лейкозом, а также 1 случай заболевания лимфосаркомой. На основании соответствующих национальных данных о заболеваемости лейкозом он рассчитал, что предполагаемое число случаев заболевания лейкозом составляет 21 ± 5 случаев, и пришел к выводу, что существующие в настоящее время данные, хотя и не подтверждают вероятности индукции лейкоза, в то же время не исключают ее и не дают возможности установить какой-либо верхний предел действительной частоты заболевания. Среднее время наблюдения после терапевтического облучения составляло в этом исследовании примерно 3,8 года.

83. В своем обзоре за 1962 год Уолд и др. [16] указывают на 2 дополнительных случая заболевания лейкозом и 1 случай заболевания лимфобластомой. Из общего числа (20) случаев заболевания лейкозом в 19 случаях вид лейкоза известен, причем в 15 случаях он был острым. Эта пропорция оказалась выше, чем ожидаемая для обычной популяции, имеющей то же возрастное и половое распределение. Лишь около 20 процентов больных являлись мужчинами, однако среди них наблюдалось свыше 70 процентов случаев заболевания лейкозом. В 8 из 20 случаев диагноз был поставлен менее чем через два года после терапевтического лечения, и лишь в 5 случаях — более чем через четыре года после терапевтического облучения. Средний возраст этой популяции в общем был выше, чем возраст больных гипертиреозидизмом, что, возможно, отражает более осторожное применение J^{131} при лечении молодежи.

84. Вернер и др. [51] в 1961 году более глубоко проанализировали данные о больных в Соединенных Штатах Америки (собранные Вернером и включенные в доклад Почина). В этой серии исследований приводится 10 случаев заболевания лейкозом среди 32 000 больных тиреотоксикозом, которые лечились при помощи J^{131} и находились на учете в течение 4,44 года. Ожидаемая частота заболевания лейкозом составляла 13,8 случая. Количество хронических случаев было значительно меньшим (3 случая по сравнению с 9). Для

мужчин наблюдалось значительное преобладание острых случаев (6 по сравнению с 1 случаем), в то время как для женщин общее число случаев заболеваний (2 по сравнению с 10), а также число хронических случаев (1 по сравнению с 6 случаями) было гораздо меньшим.

85. Нет никаких данных о частоте заболевания лейкозом среди необлученных больных тиреотоксикозом, наличие которых дало бы возможность отличить влияние самой болезни на частоту заболевания лейкозом от влияния J^{131} .

ЛЕЙКОЗ У БОЛЬНЫХ ИСТИННОЙ ПОЛИЦИТЕМИЕЙ, ПРОХОДИВШИХ ЛЕЧЕНИЕ ПРИ ПОМОЩИ P^{32}

86. Уолд и др. [16] в 1962 году рассмотрели 1238 случаев заболевания истинной полицитемией облученных P^{32} . Среди них наблюдался 41 случай (3,3 процента) со смертельным исходом в результате заболевания острым лейкозом. Поскольку около 75 процентов больных из всех рассмотренных серий (продолжительность периода наблюдения колебалась от семи до восемнадцати лет) были еще живы во время составления докладов, в дальнейшем должно быть установлено общее число случаев заболевания лейкозом. При отсутствии соответствующих сведений о частоте заболевания лейкозом необлученных больных истинной полицитемией невозможно отделить влияние P^{32} от влияния самой болезни. До появления радиоактивного фосфора, а также и после этого часто использовалась рентгенотерапия. В отношении пациентов, не подвергавшихся терапевтическому облучению, имеются некоторые факты, заставляющие предполагать, что заболевание полицитемией может вызвать лейкоз или же может быть заболеванием, тесно связанным с лейкозом.

87. Согласно разработанной Дамешек [52] общей теории миелопролиферативных заболеваний, возбудитель, способствующий увеличению частоты заболевания какой-либо формой этого общего вида расстройства, например миелолейкозом, может легко привести к появлению родственных клинических заболеваний, таких как истинная полицитемия, эритромиелоз и миелосклероз. Ямазаки и др. [53] обнаружили среди лиц, оставшихся в живых после взрыва атомной бомбы в Хиросиме, 18 случаев заболевания истинной полицитемией (22 процента из 81 случая, известного в Японии с 1950 года). Следует также напомнить, что Льюис [9] обнаружил возрастание числа случаев заболевания полимиеломой среди радиологов Соединенных Штатов Америки.

ЛЕЙКОЗ И РАДИОАКТИВНОЕ ОБЛУЧЕНИЕ ИЗ ПРИРОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ

88. Крэйг и Сайдман [54] указали, что частота заболевания лейкозом в 163 крупных городских районах Соединенных Штатов Америки не связана заметным образом с различными уровнями полученного космического облучения.

89. Изучая положение в четырех основных городах Шотландии, пяти сельских районах и

всей остальной части Шотландии, Курт Браун и Долл [55] обнаружили, что за период с 1939 по 1956 год смертность от лейкоза была максимальной в Абердине (главным образом в результате увеличения числа случаев заболевания острым и хроническим миелолейкозом), а также в Эдинбурге (в основном за счет увеличения числа случаев заболевания хроническим лимфолейкозом). Средняя величина природного уровня гамма-излучения в Абердине составляла 90 миллирадов в год, а в Эдинбурге — 57 миллирадов в год. Полагают, что обнаруженная повышенная смертность в результате заболевания лейкозом частично является результатом более тщательного обследования больных в крупных городах.

III. Новообразования в области щитовидной железы

РАКОВЫЕ ОПУХОЛИ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ ЛИЦ, ВЫЖИВШИХ ПОСЛЕ ВЗРЫВА АТОМНОЙ БОМБЫ В ЯПОНИИ

90. Соколов и др. [56] рассмотрели случаи образования опухолей щитовидной железы, выявленные с 1 июля 1958 года по 1 июля 1961 года в результате проведения периодического медицинского осмотра подобранных групп облученных и необлученных лиц, охватываемых долгосрочными медицинскими обследованиями (медицинское обследование взрослого населения) Комиссии по изучению последствий атомных взрывов (КИПАВ). Выборка, использованная при медицинском обследовании взрослого населения, состояла из четырех групп, в каждую из которых были в одинаковой пропорции включены лица различного возраста и пола: группа 1 (зона эпицентра) состоит из лиц, облученных с расстояния до 2000 м от эпицентра и проявляющих острые симптомы радиационного поражения; группа 2 (зона эпицентра) состоит из лиц, облученных с расстояния до 2000 м от эпицентра и не проявляющих острых симптомов радиационного поражения; группа 3 (зона за пределами эпицентра) состоит из лиц, облученных с расстояния 3000—3499 м от эпицентра; группа 4 (не подвергшаяся облучению) состоит из лиц, находившихся на расстоянии более 10 000 м от эпицентра или отсутствовавших во время взрыва бомбы в городе. Обзор, сделанный Соколовым и др., охватывает 10 780 человек, проживающих в Хиросиме, и 4589 человек, проживающих в Нагасаки.

91. Во время трехлетнего периода, в течение которого проводилось это исследование, у 355 человек, проживающих в Хиросиме и Нагасаки, было обнаружено увеличение щитовидной железы. В 114 случаях в Хиросиме и 17 случаях в Нагасаки, что составляет соответственно 37 и 38 процентов пациентов с увеличенной щитовидной железой, было рекомендовано провести биопсию. Биопсия была проделана в семидесяти случаях: в 64 — в Хиросиме и в 6 — в Нагасаки. В то время как в Нагасаки среди четырех вышеупомянутых групп наблюдалось случайное распределе-

ние трех видов увеличения щитовидной железы, в Хиросиме чаще всего отмечались одинарные узелковые утолщения среди облученных лиц, входящих в первую группу. Было рекомендовано провести биопсию примерно для 80 процентов лиц, у которых наблюдались одинарные узелковые утолщения, для 50 процентов лиц, имеющих многократные узелковые утолщения железы, и для 3 процентов лиц с увеличенным зобом. Предполагается, что, ввиду того что для четырех облученных в Хиросиме групп существовало довольно постоянное процентное отношение подвергшихся биопсии лиц с одинарными узелковыми утолщениями щитовидной железы (42—45 процентов), в отборе образцов наблюдалось определенное единообразие. Подобный анализ не может быть проделан для Нагасаки в связи с тем, что там наблюдалось меньшее число случаев заболевания и биопсии.

92. Был обнаружен 21 пациент с выявленными в результате гистологических исследований раковыми опухолями в области щитовидной железы. В 17 случаях диагноз был поставлен в результате периодического медицинского обследования взрослого населения, а в 4 случаях — в результате других обследований, проведенных накануне текущего обследования в июле 1958 года.

93. В Хиросиме из 18 случаев образования рака щитовидной железы 10 случаев приходилось на группу 1, что является довольно значимым результатом ($0,05 > P > 0,02$). Совместное рассмотрение данных для двух городов показывает, что 10 случаев из 21 приходятся на группу 1, что дает распределение сомнительной значимости ($0,10 > P > 0,05$). Однако при рассмотрении лишь 17 случаев, обнаруженных в результате медицинского обследования взрослого населения, получается другое распределение. Все четыре случая, обнаруженные в других больницах, приходятся на группу лиц, облученных с близкого расстояния от эпицентра, причем их исключение из анализа приводит к распределению, которое в значительной степени можно считать случайным ($P > 0,30$). В четырнадцати из 21 случая больные находились на расстоянии до 1399 метров от эпицентра, что представляет значительное увеличение по сравнению с числом случаев, наблюдаемых при облучении с большего расстояния от эпицентра.

94. Согласно Соколову и др. [56], несмотря на то что общая частота заболевания раком щитовидной железы, установленная в ходе медицинского обследования взрослого населения, возможно, существенно не отличается от приводимых другими авторами данных для Японии, возрастное распределение значительно колеблется в тех случаях, когда лица, выжившие после взрыва атомной бомбы, были более молодыми. Из 21 случая 8 приходятся на группу моложе 35 лет. Возраст этих пациентов во время облучения колебался от 6 до 20 лет. В отношении латентного периода после облучения можно лишь указать, что его продолжительность не превышает 13 или 15 лет, поскольку все случаи, рассматриваемые в данном исследовании, были

обнаружены в период между 1956 и 1961 годами. Из общего числа случаев заболевания в более молодых возрастных группах свыше 80 процентов приходилось на лиц, облученных с расстояния до 1400 метров, в то время как в более старших возрастных группах на лиц, подвергнутых подобному облучению, приходилось менее 50 процентов случаев.

95. По имеющимся данным трудно определить соответствующую базу популяции для этих случаев или оценить общую значимость установленных случаев. Однако, если бы установленные случаи отражали частоту заболевания среди полностью облученных и необлученных популяций, рассматриваемых в данном исследовании, то частота образования раковых опухолей в области щитовидной железы среди облученных лиц была бы равна $19/14970$, или 0,13 процента, а среди необлученных лиц — $2/4992$, или 0,04 процента.

96. В 1964 году Зелдисом и др. [57] рассматривались повреждения щитовидной железы, обнаруженные при вскрытии трупов, и хирургические образцы щитовидной железы лиц, выживших после взрыва атомной бомбы в Хиросиме. С 1 января 1948 года по 30 декабря 1960 года образцы щитовидной железы были получены в 1253 из исследованных в КИПАВ 1535 случаях вскрытия трупов взрослых людей. В течение этого же периода из всех патологических отделений больницы Хиросимы поступило 342 образца щитовидной железы, из которых в 301 случае были обнаружены раковые опухоли. Однако что касается анализа хирургических образцов щитовидной железы, то оказалось невозможным определить соответствующую базу популяции для всей серии или же оценить общую значимость установленных случаев ввиду известного скрытого характера многих повреждений щитовидной железы. Поэтому анализ был проведен лишь для тех 70 хирургических образцов, которые приходятся на две группы облученных лиц (с расстояния до 1399 м и с расстояния 1400—1999 м). В таблице XIII приводится частота случаев рака и аденомы щитовидной железы, обнаруженных при вскрытиях трупов, а также в 70 хирургических образцах щитовидной железы, в зависимости от расстояния от эпицентра в момент облучения.

97. Число случаев рака щитовидной железы, установленных при вскрытии 1253 трупов в группе полностью облученных лиц или в группе лиц, облученных с расстояния 2000—9000 м, составляет 3 процента, что лишь в 1,15 раза больше частоты заболеваний среди необлученных лиц. Частота заболеваний раком среди необлученных лиц в 1,7 раза выше, чем в группе лиц, облученных с расстояния 1400—1999 м. Частота заболеваний в группе лиц, облученных с расстояния до 1400 м, вдвое больше частоты заболеваний в необлученной группе. Частота случаев аденомы щитовидной железы более чем в 2 раза выше в группе лиц, облученных с самого близкого расстояния от эпицентра, и несколько выше в других группах облученных лиц.

98. Что касается хирургических образцов, то частота случаев рака щитовидной железы среди группы лиц, облученных с расстояния до 1400 м, была в 3,75 раза выше, чем в группе лиц, облученных с расстояния 1400—1999 м. Однако частота случаев аденомы щитовидной железы в последней группе была в 2,6 раза выше, чем в первой группе.

99. Было найдено, что для лиц, облученных с расстояния до 1400 м, более высокая частота заболевания раком щитовидной железы, обнаруженная при вскрытии их трупов, не имела статистической значимости ($p = 0,07$), а более высокая частота заболевания, установленная по результатам исследования хирургических образцов щитовидной железы, была статистически значимой [57].

100. На основании обоих исследований можно предположить, что частота заболевания раком щитовидной железы среди облученного населения Хиросимы и Нагасаки возрастала, причем между частотой заболевания и расстоянием от эпицентра существовала обратно пропорциональная зависимость. В связи с тем, что случаи рака щитовидной железы трудно поддаются регистрации, а также в связи с тем, что продолжительность латентных периодов высока, возникают трудности точного учета этих случаев, что, в свою очередь, затрудняет организацию обследований, необходимых для получения сведений о зависимости между дозой и эффектом, а следовательно, и об опасности индукции рака.

НОВООБРАЗОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ У ЛИЦ, ПРОХОДИВШИХ КУРС ТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО ОБЛУЧЕНИЯ ИЗ ВНЕШНИХ ИСТОЧНИКОВ

101. Такахаши и другие [58] в ходе ретроспективного исследования случаев рака у человека в связи с облучением в лечебных целях в ряде больниц в Японии за период вплоть до 1962 года установили 638 случаев рака щитовидной железы, из которых 29 (4,55 процента) были связаны с ее терапевтическим облучением. В контрольных группах подобного возрастного состава 9 из 1535 человек (0,59 процента) получили облучение в области шеи. Разница была значительной даже при однопроцентном уровне.

102. Однако используемая в данном исследовании контрольная группа охарактеризована недостаточно, для того чтобы позволить толковать результаты соответствующим образом с учетом влияния на них факторов, не связанных с радиацией. В этом исследовании не проводится различия между: а) влиянием радиации и б) влиянием причин облучения на появление новообразований после облучения. Кроме того, неясно, какой отрезок времени охватывает исследование облучения. Следует также отметить, что, согласно этим данным, средняя доза облучения контрольных лиц составляет 14 рд.

103. Пренебрегая этими оговорками, можно сравнить отношение облученных лиц как среди пациентов, у которых наблюдается рак щитовидной железы, так и среди здоровых контрольных лиц. Полученное таким образом значение относительной опасности составляет 8,4 при 95-процентных доверительных пределах, равных соответственно 4,8 и 14,8. Деление этого значения относительной опасности на величину избыточной радиации (160 р), которую в среднем получали больные раком щитовидной железы, сравниваемые со здоровыми контрольными лицами, дает значение относительной опасности, приходящейся на 1 р, равное приблизительно 5 процентам. В соответствии с установленным облучением в таблице XIV приводится соотношение между лицами, больными раком щитовидной железы, и здоровыми лицами.

104. В многочисленных перспективных [18, 23—29, 60, 61] и ретроспективных исследованиях [63—73] отмечалось, что терапевтическое облучение детей являлось причиной последующего увеличения числа случаев возникновения опухолей в области щитовидной железы. В некоторых перспективных исследованиях [22, 62] эта связь не была обнаружена. Результаты ряда исследований частоты заболевания раком щитовидной железы после терапевтического облучения по поводу доброкачественных опухолей приведены в таблице XVI.

105. В 1962 году Хэнфорд и др. [59] опубликовали результаты обследования 458 больных, подвергшихся терапевтическому облучению по поводу доброкачественных опухолей в области шеи (включая щитовидную железу). Из этого количества больных 431 человек приходился на три основные лечебные группы, в числе которых находилось 43 человека, облученных в младенческом возрасте по поводу «увеличенного зоба», 92 человека (детей и взрослых), облученных по поводу токсического зоба, и 296 детей и взрослых, облучавшихся по поводу туберкулезного лимфаденита. Вместо ожидаемого примерно 0,1 случая было обнаружено 8 случаев рака щитовидной железы, причем 7 из них — среди 162 больных туберкулезным лимфаденитом через 10 или более лет после лечения и 1 случай — среди больных токсическим зобом.

106. В таблице XV приводятся данные о возрасте в моменты облучения и операции по поводу рака щитовидной железы, а также примерные значения доз для всех 7 случаев заболевания раком в группе больных туберкулезным лимфаденитом. Возраст 5 из 7 больных раком в момент облучения колебался от 4 до 18 лет, возраст остальных больных составлял 23 и 34 года соответственно. 5 из 7 случаев заболевания раком наблюдалось среди 54 больных, которые облучались в дозах от 500 р до 1000 р, а 2 случая — среди 66 больных, облучавшихся в дозе 1000 р или более. Только 1 больной раком щитовидной железы после облучения по поводу токсического зоба в возрасте 16 лет получил дозу около 2000 р.

107. В результате проведенного Делуотером и Уиншипом [74] перспективного обследования взрослых пациентов, облучавшихся рентгеновыми лучами по поводу гипертириоза или других доброкачественных опухолей щитовидной железы, не было получено никаких доказательств рака у кого-либо из 222 больных, которые находились под наблюдением в среднем в течение 22,5 года.

108. В ретроспективном обследовании 286 случаев рака щитовидной железы Уиншип и Росвол [70] установили, что 80 процентов лиц из числа 286 больных раком подвергались в младенческом или детском возрасте терапевтическому облучению головы или шеи главным образом по поводу увеличенного зоба, другие — по поводу гипертрофированных миндалевидных желез и аденоидов, а третьи — по поводу других легких заболеваний. Величина дозы облучения колебалась от 180 до 6000 р, составляя в среднем 600 р. Продолжительность латентного периода, равная в среднем 8,6 года, часто была менее 5 лет, а в 12 случаях опухоли щитовидной железы, которые позднее развились в раковые, были обнаружены при рождении.

109. В ходе перспективного обследования детей грудного возраста, облученных в терапевтических целях рентгеновыми лучами по поводу «увеличения зоба» Пайфером и др. [27] (описание обследования и его результаты см. в табл. XI и XVI и в пунктах 57 и 58), в серии I было обнаружено 8 случаев рака щитовидной железы среди больных, находившихся под наблюдением с 13 до 34 лет, по сравнению с 0,09 случая, ожидаемыми исходя из «естественной» частоты заболеваний. Значение относительной опасности составляло 88,9. В серии I был обнаружен 21 случай аденомы щитовидной железы вместо 0,9 ожидаемого случая при отношении, равном 23,3. Средняя доза облучения для серии I была равна 329 р.

110. В серии II у лиц, находившихся под наблюдением с 3 до 20 лет, был обнаружен лишь 1 случай рака щитовидной железы при ожидаемых 0,01 случая. Средняя доза облучения для серии II составляла 126 р.

111. 9 случаев рака щитовидной железы в двух вместе взятых сериях связаны с кумулятивным облучением в диапазоне доз от 156 до 1092 р при среднем значении дозы, равном 598 р. В 7 из 9 случаев больные подвергались как фронтальному, так и тыльному облучению, причем один больной был подвержен лишь тыльному облучению, в отношении же другого больного точных сведений о расположении трубки при облучении не имеется. 21 случай аденомы щитовидной железы связывался с кумулятивным облучением в диапазоне доз от 144 до 756 р при среднем значении дозы, равном 372 р. Процентное отношение случаев возникновения аденомы при различных положениях во время облучения аналогично процентному отношению случаев возникновения рака щитовидной железы.

112. Тойока и др. [28], анализируя данные Пайфера и др. [27], установили, что частота обра-

зования опухолей щитовидной железы была значительно выше, когда человек подвергался частично фронтальному и частично тыльному облучению, чем тогда, когда та же самая доза облучения была получена больным лишь фронтально. Учитывая новые случаи появления новообразований в области щитовидной железы, обнаруженные за период с 1960 по 1964 год, было установлено, что 29 из 34 случаев опухолей (злокачественных и доброкачественных) в области щитовидной железы наблюдались у 472 детей, подвергавшихся как фронтальному, так и тыльному облучению, в то время как из общего числа 2111 детей, подвергавшихся лишь фронтальному облучению, новообразования в области щитовидной железы наблюдались только у пятерых.

113. Попытки продемонстрировать зависимость частоты заболеваний от дозы для вышеупомянутых лечебных групп не принесли успеха. В настоящее время невозможно установить, является ли большее количество опухолей среди детей, подвергшихся фронтальному и тыльному облучению, следствием положения трубки, статистического варьирования или других факторов. Доказана возможность того, что тыльный способ облучения ввиду связанных с ним затруднений может привести к облучению большей области шеи и головы, в том числе и гипофиза, чем фронтальный способ. Все это свидетельствует о том, что ни это, ни другие обследования детей, облучавшихся по поводу «увеличенного зоба», не дают точных сведений о степени облучения щитовидной железы при лечении многих больных. В данном исследовании важным является то обстоятельство, что по сравнению с детьми более младшего возраста (облученных сравнительно недавно) у многих детей более старшего возраста (облученных в раннем возрасте) облучению в относительно большой дозе подвергалась сравнительно большая часть тела; зачастую оно осуществлялось как при фронтальном, так и при тыльном расположении трубки, более высокой энергии рентгеновых лучей, большем количестве сеансов облучения, а также при более длительном общем периоде лечения.

114. Тойока и др. [29] в докладе о клинических аспектах этих случаев новообразований в области щитовидной железы указали на одинаковое половое распределение случаев заболевания аденомой, однако случаи раковых новообразований чаще отмечались у женщин. Средняя доза облучения лиц, имеющих раковые опухоли, была в три раза выше, чем доза облучения, которую получала вся группа, а средняя доза облучения лиц с аденомой щитовидной железы была почти в два раза выше средней дозы облучения всей группы. Средний латентный период для раковых опухолей составлял 16,3 года, а для аденом — 18,2 года. Зависимости между латентным периодом и облучением не отмечалось.

115. Сэнджер и др. [24] сообщили о перспективном обследовании 1644 больных моложе шестнадцати лет, которые с 1932 по 1950 год подвергались

рентгенотерапии головы, шеи или грудной клетки по поводу доброкачественных опухолей, а также об обследовании 3777 необлученных братьев и сестер. На облучение по поводу «увеличенного зоба» приходится 33 процента, а на облучение по поводу шейного лимфаденита — 26,9 процента. 21 процент пациентов подвергался лучевой терапии по поводу двух или более, по-видимому, не связанных между собой заболеваний. Значения доз облучения колебались в пределах от < 50 р до 5000 р, причем 62 процента больных облучались в дозах, меньших 400 р, а 72,5 процента — в дозах, меньших 600 р. Одиннадцать случаев рака щитовидной железы по сравнению с ожидавшимися 0,12 случая было обнаружено у ранее облученных больных, возраст которых в момент развития ракового заболевания составлял менее 23 лет, что привело к значению относительной опасности, равному примерно 91.

116. Ни одно из обследований заболеваемости облученных раком щитовидной железы лиц не дает возможности получить сведения о регрессии между дозой и эффектом. Ввиду небольшого числа случаев заболевания, охватываемых любым отдельным обследованием, по результатам каждого из них можно определить лишь одну точку для графического изображения зависимости между дозой облучения и реакцией. Однако предварительные значения опасности в ряде обследований могут быть получены путем определения углового коэффициента прямой, соединяющей через начало координат точки, полученные при графическом построении зависимости наблюдаемой частоты заболеваний (в случаях/человеко-год) от дозы. Значения опасности приведены в таблице XVI.

117. Через значения наблюдаемой при обследовании детей частоты заболеваний, нанесенные в зависимости от дозы, можно провести единственную прямую. Угловым коэффициентом этой прямой показывает, что скорость увеличения частоты заболеваний с повышением облучения составляет 0,9 случая/10⁶/год/р. После того как была принята во внимание статистическая ненадежность этих данных и, вероятно, еще большая ненадежность дозиметрии, оказалось, что общее значение опасности может лежать в пределах от 0,5 до 1,5 случая/10⁶/год/р. Это значение основано на средней продолжительности времени наблюдения, равной примерно 16 годам, и действительно лишь в случае сильного кратковременного облучения детей в рассчитанном диапазоне доз, значения которых колебались от 100 до 300 рентгенов.

118. Бич и Долфин [138] путем использования другого метода расчета и менее полных и частично иных данных получили аналогичные общие значения. Приведенное ими значение опасности (35 случаев/10⁶/рд) представляет значение опасности, которой человек подвергается в течение всей жизни. Если предположить, что продолжительность периода опасности заболевания раком щитовидной железы колеблется в пределах от пятнадцати до двадцати лет, то значение, полученное Бичем и Долфином, несколько завышено

по сравнению со значением, приведенным в предыдущем пункте. Это несоответствие может быть легко объяснено различиями в методах и материалах, применявшихся при исследовании.

119. Справедливость оценки опасности, приводимая в настоящем документе, подобно всем эмпирическим оценкам, ограничена диапазоном облучения, для которого она была выведена, то есть диапазоном доз от 100 до 300 р. Недостаток этой оценки заключается также в том, что она была получена для детей, подвергавшихся облучению в медицинских целях, и поэтому может отличаться от оценки, сделанной на основе произвольного выборочного обследования населения. Наконец, низка надежность дозиметрии. Вероятно, были завышены и дозы облучения, что привело к несколько меньшей оценке опасности.

НОВООБРАЗОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ У ПАЦИЕНТОВ, ПОЛУЧАВШИХ J¹³¹

120. В 1962 году Шелин и др. [75] сделали сообщение о группе больных численностью в 256 человек, которые в период с 1946 по 1953 год проходили курс лечения при помощи J¹³¹ по поводу диффузного гипертиреозидизма (безузлового тиреотоксикоза). У восьми пациентов (3,12 процента) через 5—11 лет после терапевтического лечения появились многократные узловые утолщения щитовидной железы, которые впоследствии были оперированы. Узловые утолщения появились у шести из восемнадцати пациентов (33,3 процента), возраст которых в момент лечения был менее 20 лет, а также у двух из 238 взрослых пациентов (0,84 процента). Возраст больных в момент лечения этих опухолей щитовидной железы колебался от 2,66 до 29 лет. У одного из детей были обнаружены признаки незначительного злокачественного образования в области щитовидной железы.

121. Кроме упомянутого выше случая никакой связи между лечением тиреотоксикоза при помощи J¹³¹ и раком щитовидной железы не наблюдалось.

IV. Опухоли в области шеи (за исключением щитовидной железы) после лучевой терапии

122. Такахаши и др. [58] в ретроспективном обследовании возникновения рака в организме человека в связи с облучением в медицинских целях обнаружили в Японии 906 случаев рака шеи (за исключением рака щитовидной железы), а именно: рак зева, рак гортани, рак основания языка, рак шейного отдела пищевода, рак околоушной железы и т. д. В 11 случаях (1,21 процента) из них ранее использовалась лучевая терапия шеи. Для контрольных же образцов частота облучения составляла 8 случаев из 1770 (0,45 процента). При пятипроцентном уровне эта разница была существенной, что привело к общей относительной опасности, равной 2,7.

123. В таблице XVII приводятся значения относительной опасности заболевания раком шеи при

разных диапазонах рассчитанных доз облучения. В диапазоне облучения 500—2000 р относительная опасность составляет лишь 1,22, увеличиваясь до 4,41 в диапазоне доз 6000—8000 р. Опасность заболевания радиоиндуцированным раком щитовидной железы, по-видимому, больше, чем опасность заболевания иными видами радиоиндуцированных раковых заболеваний шеи.

124. Эти данные дают основание предполагать, что для значительного увеличения частоты возникновения рака в области шеи, за исключением щитовидной железы, требуются сравнительно большие дозы облучения. Этот вывод находится в соответствии с отмеченным Гульденом [76] в сделанном им обзоре случаев рака зева и гортани, являющихся следствием использования лучевой терапии (которая в 75 процентах применялась для пациентов, больных тиреотоксикозом), фактом, заключающимся в том, что в некоторых случаях признаки серьезного лучевого повреждения кожи или подкожных тканей не проявляются задолго до возникновения рака. Следует отметить, что степень повреждения кожи зависит от ряда радиологических и временно действующих факторов.

125. Пайфер и др. [27] в ходе обследования 1451 ребенка, облученного за период с 1926 по 1946 год по поводу увеличенного зоба в дозах, равных в среднем 329 р, обнаружили до 1960 года три случая рака слюнной железы вместо ожидаемых 0,05 случая и ни одного случая среди 2073 контрольных братьев и сестер, для которых ожидалось 0,09 случая заболевания.

V. Кожные опухоли, образовавшиеся после терапевтического облучения

126. Такахаши и др. [58] в ходе обследования в Японии случаев возникновения рака у людей, подвергавшихся облучению в медицинских целях, обнаружили увеличение относительной опасности заболевания раком кожи в результате полученного облучения (табл. XVIII). Как и в случаях заболевания раком щитовидной железы, несмотря на возрастающую тенденцию появления рака кожи, пределы относительной опасности все же очень широки вследствие малого числа случаев этого заболевания.

127. Общая относительная опасность составляла 6,0 при значениях пределов, равных 16,3 и 2,2. При средней избыточной дозе облучения в 240 р в группе больных раком значение относительной опасности на 1 рентген составляло 2,6 процента. Большинство случаев радиотерапии относится, очевидно, к фракционному облучению, а соответствующие значения опасности могут быть неприменимы к случаям однократного облучения.

128. Клинический и профессиональный опыт дает основание полагать, что опасность возникновения рака кожи является небольшой и что развитию рака обычно предшествуют кожные повреждения, индуцированные облучением. Однако вполне возможно, что, поскольку эти результаты получены

не на основе хорошо разработанных обследований, факты заболевания радиоиндуцированным раком, как таковым, устанавливаются в основном по наличию ранее полученных кожных повреждений.

129. В результате проведения двух обследований было показано, что из числа пациентов, страдающих хроническим лучевым дерматитом, 10 процентов (для первого обследования) [77] и 28 процентов (для второго обследования) [78] заболели раком кожи. Поскольку продолжительность латентного периода может колебаться в пределах от 3 до 48 или более лет [79], это процентное отношение, очевидно, не является вполне достоверным. Зависимость частоты и степени заболевания лучевым дерматитом от дозы облучения количественно не изучалась, и во всяком случае она бы осложнила установление зависимости между дозой и эффектом для рака кожи. Увеличения частоты заболевания раком кожи до сих пор не было отмечено среди лиц, выживших после взрыва атомной бомбы в Хиросиме и Нагасаки.

VI. Костные опухоли

КОСТНЫЕ ОПУХОЛИ, ОБРАЗОВАВШИЕСЯ ПОСЛЕ ТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО ОБЛУЧЕНИЯ

130. Большинство немногочисленных случаев костной саркомы, которые наблюдались после применения лучевой терапии, возникали на тех участках костей, на которых ранее либо имелись доброкачественные опухоли, либо они были подвержены действию хронического остеомиелита [80]. Однако в некоторых случаях участок, на котором возникла саркома, до облучения был нормальным. В сообщениях об остеогенной саркоме, индуцированной радиацией, для ряда случаев отмечалось серьезное лучевое повреждение костей или костного мозга, либо того и другого, возникшее до развития рака, в то время как для других случаев это явление не было обнаружено. Полагают, что минимальная доза внешнего облучения костей, вызывающая остеогенную саркому [81], в настоящее время составляет около 3000 р. В большинстве других зарегистрированных случаев больными были получены большие дозы, колеблющиеся, как правило, в пределах от 4000 до 7500, а иногда и больше рентгенов.

131. Однако Пайфер и др. [27] за период вплоть до 1960 года обнаружили 9 случаев остеохондромы (ожидалось 1,2 случая) среди 1451 ребенка (серия I), подвергшегося облучению по поводу увеличенного зоба (с 1926 по 1946 год) в дозах, составляющих в среднем 329 р. За тот же период они также обнаружили 2 случая остеохондромы (ожидалось 0,26 случая) среди 1358 детей (серия II), облученных по тем же причинам (с 1940 по 1957 год) в том же диапазоне доз, но при среднем значении дозы, равном 126 р. Относительная опасность для серии I составляет 7,5 и для серии II — 7,7, что свидетельствует об увеличении опасности, приходящейся на 1 р, примерно на 2,0 и 5,3 процента соответственно. Однако следует отметить, что во всех 6 случаях остеохондромы она

возникла как при фронтальном, так и тыльном облучении (серия I) — в тех тканях, которые подвергались воздействию главного пучка рентгеновых лучей, в то время как в 4 из 5 случаев остеохондромы, отмеченных у детей, подвергшихся фронтальному облучению (серии I и II), она возникла в тех тканях, которые находились вне пределов воздействия главного пучка. В контрольных группах братьев и сестер в серии I был отмечен один случай (ожидалось 1,53 случая), а в серии II таких случаев обнаружено не было (ожидалось 0,66 случая).

КОСТНЫЕ ОПУХОЛИ У ЛИЦ, В ОРГАНИЗМЕ КОТОРЫХ ОТЛОЖИЛСЯ РАДИЙ

132. Хастерлик и др. [82, 83] расширили масштабы и подтвердили результаты ранее проведенных исследований, которые указывают на тесную связь между частотой образования костных опухолей и содержанием радия в костях. Они привели данные обследования 264 лиц, выявленных в районе Чикаго и проверенных на содержание радия, которые либо ранее работали на предприятиях, производящих светящиеся циферблаты (219 человек), либо работали в качестве радиохимиков (4), или же получили радий при использовании какой-либо формы медицинской терапии (41). Что касается рабочих, наносивших светящиеся составы на циферблаты, это исследование ограничивается почти исключительно теми женщинами, которые начали работать в этой области до 1925 года. 236 из 264 обследованных лиц были подвергнуты полному радиографическому обследованию всего скелета. Из 264 человек, обследованных на содержание радия, 23 человека (8,7 процента) получили Ra^{226} в количестве менее 0,001 мккюри, 36 человек (13,6 процента) — от 0,001 до 0,01 мккюри, 102 (38,4 процента) — от 0,01 до 0,1 мккюри, 62 (23,5 процента) — от 0,1 до 1,0 мккюри и 41 человек (15,5 процента) — более 1 мккюри. Частота различного содержания в организме радиоактивных веществ и число случаев злокачественных образований в костях приведены в таблице XIX.

133. У трех человек из 61, подвергшегося радиографическому исследованию (включая 43 рабочих, занимавшихся нанесением светящихся составов на циферблаты) с использованием веществ, активность которых колебалась в пределах от 0,1 до 1,0 мккюри (4,9 процента), были обнаружены злокачественные новообразования в скелете или в связанных с ним участках организма. Из подвергшихся радиографическим исследованиям 40 человек (включая 19 рабочих, наносивших светящиеся составы на циферблаты), содержание радия в организме которых превышало 1 мккюри, у 14 человек (35 процентов) были также обнаружены подобные злокачественные новообразования. Из 17 случаев новообразований 12 являлись костной саркомой (при содержании радия в организме от 0,45 до 6,8 мккюри), а остальные — эпителиальными и другими новообразованиями височного отростка или параназальных синусов (при содер-

жании радия в организме от 0,89 до 4,7 мккюри). Однако в случае костной саркомы, проявившейся при содержании в организме 0,45 мккюри радия, оказалось, что больной обладает исключительно быстрым обменом веществ, а следовательно, и более высоким первоначальным содержанием радия, чем указанная величина [84].

134. На анализе этих данных отрицательно сказывается тот факт, что определение содержания радия в организме производилось по крайней мере через тридцать шесть лет после поглощения организмом этого радиоактивного материала. В настоящее время экстраполяция указанного содержания радия в организме к его содержанию в предшествующие отрезки времени является весьма затруднительной и влечет за собой большую ненадежность. К тому же рабочие, занимавшиеся нанесением светящихся составов на циферблаты, в процессе их пребывания на этой работе могли подвергаться значительному гамма-облучению. Более того, крайне ненадежны соответствующие дозы облучения и их способность вызывать остеосаркому, например ненадежность интегрирования доз облучения всего скелета по какой-то единице объема кости и т. д. Дозы облучения различных групп или составных частей кости колеблются в очень широком диапазоне.

135. Тем не менее Хастерлик, который проанализировал данные для двух диапазонов содержания радиоактивных веществ в организме, вывел предположительную и весьма грубую оценку зависимости между частотой заболеваний и содержанием радия в организме [82]. Общее количество лиц, содержание радия в организме которых колебалось в пределах от 1 до 10 мккюри, составляло 41 человек, причем на их долю приходилось около 1300 человеко-лет облучения и 14 случаев злокачественных опухолей. Поэтому опасность возникновения злокачественных опухолей, приходящаяся на человеко-год облучения, составляет в этой группе около $1,06 \times 10^{-2}$. Для группы из 62 человек (2200 человеко-лет облучения), содержание радия в организме которых изменялось в пределах от 0,1 до 1,0 мккюри и среди которых наблюдалось 3 случая заболевания раком, значение опасности равно примерно $1,34 \times 10^{-3}$.

136. На основе предполагаемого начального поглощения радия можно подсчитать, что опасность появления костных опухолей в этих двух группах составляет 22 и 33×10^{-6} случаев на 1 микрокюри поглощенной активности соответственно. Выбор для данных расчетов средних значений в этих двух диапазонах содержания радия связан с определенными предположениями относительно распределения пациентов с различным содержанием радия в организме в пределах двух указанных диапазонов.

137. Допуская, как это делал Комитет и в прошлом, что клетки, прилегающие к поверхности костей, при облучении являются очагами образования злокачественных опухолей, на основании

этих данных можно произвести грубую оценку опасности на единицу дозы облучения, значение которой может быть принято равным примерно 4 случаям/рд/год/ 10^6 , то есть имеющим тот же порядок величины, что и значение опасности для лейкоза или рака щитовидной железы, возникающих после облучения из внешних источников. Однако сравнение этих данных может в этом случае ввести в полное заблуждение, поскольку неизвестно, какая доля дозы, полученной в течение нескольких десятилетий, на самом деле вызвала индукцию. Далее, дозы, получаемые клетками, выстилающими поверхности костей, являются средними и не учитывают слишком неравномерного распределения поглощенных доз. Более того, оценка опасности возникновения костных опухолей основана лишь на данных для двух широких диапазонов доз и поэтому не дает никаких сведений о формах зависимости частоты заболевания от дозы или же о влиянии более низких доз облучения. Можно отметить, что, по имеющимся сведениям, общая частота возникновения первичных костных опухолей составляет примерно 10 случаев/ 10^6 /год, а фактически может быть даже несколько ниже.

138. В ходе этих исследований [82] лишь у 2 из 264 пациентов были обнаружены (путем рентгеноспектроскопии) признаки наличия в организме мезотория, а также Ra^{226} . Эти результаты отличаются от результатов обследования пациентов, полученных другими группами исследователей в Соединенных Штатах Америки, поскольку обследуемые ими рабочие, наносившие светящиеся составы на циферблаты, имели дело с красками, содержащими различные смеси Ra^{226} , радиотория и мезотория. В исследованиях Хастерлика и др. большинство рабочих, наносящих светящиеся составы на циферблаты, в отличие от ряда других обследованных пациентов не отбирались для обследования специально.

139. Помимо вышеуказанного исследования Хастерлик и др. [83] обнаружили (по свидетельствам о смерти) среди пациентов, подвергавшихся лечению радием, два случая острого миелолейкоза, причем наличие одного из них было подтверждено ими путем исследования подлинного мазка крови, взятого у пациента в 1931 году незадолго до его смерти.

140. Бэррер и др. [127] представили предварительное обобщение данных для первых 150 случаев, изученных в ходе широкого обследования, проведенного в штате Нью-Джерси (Соединенные Штаты Америки). В трех случаях (2 процента) была обнаружена остеогенная саркома, связанная с содержанием в организме Ra^{226} в количестве 0,6, 0,9 и 1,67 мккюри. Был отмечен 1 случай хронического миелогенного лейкоза, связанного с содержанием в организме менее 0,0042 мккюри Ra^{226} . Из 190 смертельных случаев, явившихся результатом облучения радием, 64 (33,7 процента) приходится на злокачественные опухоли, из которых 16 случаев представляли опухоли костей или надкостницы (8,4 процента) и 3 случая — опухоли

носа или параназальных синусов (1,5 процента).

141. В Массачусетском технологическом институте [85] производилось обследование лиц, в скелетах которых содержится радий или смесь радия с мезоторием, попавшие в организм по профессиональным причинам (рабочие, наносящие светящиеся составы на циферблаты, химики, физики) в результате парентеральных инъекций растворов радия, а также приема внутрь микстур, содержащих радий или смесь радия с мезоторием.

142. Облучение этих пациентов большими количествами мезотория (Ra^{228}) позволило рассчитать общую дозу облучения продуктами распада мезотория и использовать дозу, эквивалентную облучению Ra^{226} , причем эти данные выражались в мккюри минимального эквивалента чистого радия (МЭЧР).

143. В декабре 1963 года Эванс и др. [124] опубликовали данные по 237 пациентам (из более чем 350 пациентов, находившихся под наблюдением), которые прошли радиологическое обследование. В 76 случаях из них были обнаружены радиологические аномалии, связанные с содержанием радия в организме, колеблющимся в пределах от 0,23 до 44,0 мккюри минимального эквивалента чистого радия (МЭЧР). За исключением разрушения зубов, которое наблюдалось почти для всех 76 пациентов, у 18 лиц не было обнаружено никаких признаков аномалий или болезней (в том числе в случаях, когда содержание радия в организме составляло примерно до 3 мккюри МЭЧР), 19 лиц имели самопроизвольные переломы (0,6—20,0 мккюри), 23 человека — остеогенную саркому (0,6—24,0 мккюри), 8 человек — рак параназальных синусов или височного отростка (1,0—10,0 мккюри) и 3 человека — остеомиелит нижней или верхней челюсти (15,0—44,0 мккюри).

144. Сравнительно недавно Малецкос и др. [128] обобщили результаты этого же обследования, охватывающего 361 пациента (88 мужчин и 273 женщины), в скелетах которых отложился Ra^{226} и Ra^{228} . Две трети этих пациентов были рабочими, наносящими светящиеся материалы на циферблаты, причем некоторые из них работали лишь с Ra^{226} , а другие — со смесью Ra^{226} и Ra^{228} . Остальные пациенты были заражены в результате работы в лабораториях, приема внутрь или инъекции радиоактивных материалов. Большинство ранее обследованных случаев (до 1957 года) привлекли внимание из-за проявленных симптомов, тогда как основная масса случаев, исследованных на более позднем этапе, была рассмотрена после их выявления в ходе исследований. 299 случаев было выявлено в результате обследования, а 62 случая — по симптомам. Рабочие, наносящие светящиеся составы на циферблаты, в основном подвергались облучению с 1918 по 1925 год, хотя некоторые из них начали облучаться еще с 1915 года. Четырнадцать пациентов были первоначально обследованы Мартлендом [129—131].

145. Что касается данных Малецкоса и др. [128], то один из авторов заявил [86]: «На настоящем этапе статистического изучения этих данных... в организмах с начальным или конечным содержанием радия в количестве менее 0,5 мккюри (МЭЧР) не обнаружено никаких клинически заметных признаков или симптомов заболевания. При более высоком начальном содержании радия от величины порядка 1 мккюри до примерно 25 мккюри доля общего числа случаев заболевания любым из этих видов злокачественных опухолей (остеогенная саркома и раковые опухоли параназальных синусов и височных отростков) составляет примерно 1/4». Не следует полагать, что это явление находится в противоречии с наблюдаемыми радиографическими изменениями тонкой структуры костей, как, например, изменения, приведенные в таблице XIX и связанные с содержанием в организме радия менее 0,1 мккюри. Данные о процентном соотношении больных остеогенной саркомой или раком параназальных синусов или височного отростка, в организме которых содержалось различное количество радия, все еще не доступны для публикации.

VII. Опухоли, возникшие в результате применения тория

146. Коллоидная суспензия двуокиси тория, называемая торотрастом, в период с 1928 по 1945 год широко применялась в диагностической радиологии, главным образом для визуального наблюдения печени, селезенки, церебральных кровеносных сосудов и полостей тела. Содержание двуокиси тория в торотрасте обычно составляет около 25 весовых процентов, однако оно может значительно колебаться. После внутривенной или внутримышечной инъекции торотраст остается главным образом в месте инъекции и может служить возбудителем раковой опухоли. После внутривенной инъекции частицы двуокиси тория отлагаются в фагоцитных клетках ретикуло-эндотелиальной системы и, следовательно, концентрируются в печени и селезенке. Сразу же после этого начинается перераспределение, которое медленно продолжается в течение ряда лет и приводит к изменению положения частиц в местах концентрации, а также к увеличению количества частиц в соединительной ткани организма.

147. В 1962 году Дальгрэн [88] сделал обзор литературы по опухолям, явившимся следствием применения торотраста. Он приводит 68 зарегистрированных случаев злокачественных опухолей, в том числе: 3 случая саркомы на участках вневенного отложения торотраста (объем инъекции в одном случае составлял 20 мл, а в двух случаях был неизвестен) при продолжительности латентных периодов, колеблющейся в пределах от шести до двадцати пяти лет; 26 случаев раковых опухолей и саркомы различных органов (почки, грудная железа, веко, гайморова пазуха, бронхи, брюшина, яичник, семенной пузырек), возникших после отложения торотраста в естественных полостях (объемы инъекции в четырех случаях состав-

ляли 10, 24, 30 и 30 мл соответственно) при продолжительности латентных периодов, изменяющейся в пределах от десяти до тридцати пяти лет; 33 случая возникновения злокачественных опухолей (саркома и раковые опухоли) печени и желчных протоков после соматических инъекций торотраста (объем инъекций в 12 случаях составлял: 3 случая по 20, 34 и 70 мл соответственно, 5 случаев по 75 мл и 4 случая по 80 мл) при продолжительности латентных периодов, изменяющейся в интервале от трех до двадцати четырех лет; и шесть случаев возникновения злокачественных опухолей в различных органах (прямая кишка, легкие, селезенка, почки) после соматических инъекций торотраста (объем инъекции, известный лишь в одном случае, был равен 15 мл) при продолжительности латентных периодов, колеблющейся в пределах от тринадцати до двадцати четырех лет. Средняя продолжительность латентного периода для всех случаев составляла 17,7 года, а средняя продолжительность латентного периода для четырех вышеуказанных подгрупп колеблется в пределах от 16,7 до 18,3 года.

148. В 1963 году Бломберг и др. [89] опубликовали результаты обследования пациентов, которым были сделаны инъекции торотраста во время ангиографического исследования головного мозга в течение 1932—1947 годов. Среди 908 пациентов они обнаружили 6 случаев (примерно 0,66 процента) первичных злокачественных опухолей печени — 5 случаев рака печени и 1 случай гемангиоэндотелиомы. Данные о количестве введенного торотраста имеются для 436 человек из числа всех пациентов и для 3 пациентов — из числа 6 случаев заболевания раком печени. У 413 пациентов, получивших менее 30 мл торотраста, не обнаружено злокачественных опухолей печени, в то время как среди 18 пациентов, которым было введено от 30 до 40 мл торотраста, был обнаружен один случай рака печени, а у 5 пациентов, получивших более чем по 40 мл торотраста, обнаружено два случая рака печени, причем из 3 оставшихся пациентов 2 умерли в течение первого года после инъекции, а пятый пациент под наблюдением не находился. Продолжительность латентных периодов для 6 случаев заболевания раком печени в данном обследовании колеблется в пределах от девятнадцати до двадцати семи лет при максимальном периоде наблюдения, составлявшем двадцать девять лет. Бломберг и др. [89] указывают, что порядок значения средней дозы облучения печени и селезенки альфа-частицами в результате внутривенной инъекции может достигать сотен рад в год.

149. Согласно Луни [91], средняя кумулятивная доза облучения печени у получивших инъекции торотраста больных саркомой купферовских клеток печени (средняя продолжительность латентного периода составляла 15 ± 7 лет) была равна величине порядка 1000—1500 рд. Рассчитанная кумулятивная доза облучения печени пациента, опухоль у которого образовалась лишь через три года после введения 20 см^3 торотраста, составляла примерно 100 рд.

150. Однако следует подчеркнуть, что попытки определения параметров доз и доз, относящихся к случаям возникновения рака после инъекций двуокиси тория, связаны с огромными затруднениями. После внутривенной инъекции распределение материалов, а следовательно, и облучения является чрезвычайно неравномерным и изменяющимся со временем. Облучение, складывающееся из облучения альфа-, бета- и гамма-лучами в пропорции 90 : 9 : 1 [132], ограничивается в основном очень небольшим расстоянием от генерирующих облучение частиц и поглощается в различной степени самими частицами или их агрегатами. Следует также отметить, что независимо от влияния облучения раздражение тканей частицами не может не учитываться в качестве фактора патогенеза опухолей. Данные о применении нерадиоактивной коллоидной суспензии двуокиси циркония для исследования подопытных млекопитающих [133] в некоторой степени подтверждают эту точку зрения.

151. Согласно Уолду и др. [16], в результате изучения историй болезней и последующего наблюдения было обнаружено около 10 случаев заболевания лейкозом после инъекции тория. В 6 случаях, для которых имелись подробные сведения, продолжительность латентного периода составляла 12 ± 7 лет. Причинная связь между заболеванием лейкозом и инъекциями торотраста не была установлена.

VIII. Рак легких у горнорабочих

152. Обзор предыдущих исследований рака легких, связанного с облучением горнорабочих, был составлен Стюарт и Симпсоном [92].

153. В 1926 году Ростоским и др. [93] сообщалось о том, что из умерших за период с 1921 по 1926 год горнорабочих, занимавшихся добычей уранита в районе Шнееберга (Саксония), около 50 процентов болело раком легких, причем в большинстве случаев очаги заболевания возникали в больших бронхах, в то время как частота появления в легких раковых новообразований среди контрольных групп была незначительной.

154. Пирчан и Сикл [94] обнаружили, что примерно у 50 процентов горнорабочих из Якимова (занятых добычей уранита) и умерших в период с 1929 по 1930 год, легкие также имели раковые новообразования. Осмотры этих горнорабочих, проводимые вплоть до 1939 года, подтвердили ранее полученные результаты.

155. Хотя в этих шахтах и имеется несколько видов потенциально канцерогенных материалов, в том числе мышьяк и кобальт, эти элементы имеются также во многих шахтах, где особенно высокой частоты появления раковых опухолей легких не отмечается. Подозрение пало на сам радий, поскольку он является составной частью находящейся в воздухе шахт пыли, однако измерения содержания радия в легких умерших горнорабочих не обнаружили сколько-нибудь существ-

венной разницы по сравнению с содержанием радия в легких обычных людей среднего возраста. Считалось, что причинами смертельных случаев является силикоз и силико-туберкулез, поскольку в Якимове почти половина горнорабочих умерла от этих двух причин, а при вскрытии трупов горнорабочих в Шнееберге часто также обнаруживали и пневмококиоз.

156. Общепринятое в настоящее время мнение заключается в том, что находящийся в воздухе шахт радон, вероятно, является наиболее существенной причиной, вызывающей рак легких. На шахтах в Якимове и Шнееберге имеются как радиоактивный воздух, так и радиоактивная руда.

157. Согласно Бейлу [95], основная часть дозы облучения от Rn^{222} является результатом распада короткоживущих дочерних изотопов (от RaA до RaC'), переносимых в атмосфере при различных степенях равновесия с материнским радоном и попадающих в легкие. Сам радон и дочерние продукты его распада, находясь в легких, обуславливают лишь около 0,001 части общей дозы облучения бронхиального эпителия.

158. Чемберлен и Дайзон [96] экспериментальным путем пришли к заключению о том, что основная часть дозы облучения трахеи и больших бронхов обуславливается той частью RaA, которая находится во вдыхаемом воздухе и не связана с пылью или ядрами конденсации.

159. Эванс и Гудман [97] проанализировали данные по содержанию радона в воздухе шахт в Шнееберге и Якимове и пришли к выводу о том, что средняя концентрация радона, которым облучались горнорабочие, составляла около $2,9 \times 10^{-9}$ кюри/л. Они также пришли к заключению о том, что продолжительное вдыхание атмосферного воздуха, содержащего около 10^{-9} кюри/л радона, возможно, являлось причиной увеличения частоты заболевания раком легких, наблюдавшейся у горнорабочих Шнееберга и Якимова.

160. В 1945 году Митчел [98] предположил, что, возможно, средняя концентрация радона была выше в те годы, когда его опасность не была еще установлена, и высказал мнение о том, что уровень, составляющий примерно $1,5 \times 10^{-8}$ кюри/л, является приемлемым значением средней концентрации.

161. Исходя из линейной зависимости между концентрацией Rn^{222} и продолжительностью облучения, а также частотой заболевания раком легких и используя наблюдения в Шнееберге и Якимове, Эванс и Гудман [97] в 1940 году, а Митчел [98] в 1945 году высказали предположение о том, что значения ПДК (предельно допустимая концентрация) при облучении человека находящимся в воздухе Rn^{222} и дочерними продуктами его распада составляют 10^{-11} и 5×10^{-11} кюри/л соответственно. На основе имеющихся в литературе данных Митчел пришел к заключению, что примерно 50 процентов случаев возникновения

раковых опухолей легких среди горнорабочих Якимова связаны с работой на шахтах в течение примерно десяти лет и облучением в течение рабочего дня радоном в концентрации не менее $2,5 \times 10^{-8}$ кюри/л. Для снижения частоты возникновения раковых опухолей легких до уровня, наблюдающегося среди жителей этого района в целом, то есть до величины порядка 0,1 процента в течение десяти лет, концентрация радона в воздухе должна быть понижена до 5×10^{-11} кюри/л.

162. В 1950 году Сикл [99] указал, что, по его сведениям, средняя продолжительность облучения, вызывающего раковые опухоли легких, составляет семнадцать лет, а минимальная продолжительность — тринадцать лет.

163. При исследовании содержащегося в воздухе радона в туннелях и неурановых шахтах Колорадо, в основном в районах с небольшой циркуляцией воздуха, Жако [100] в 1953 году обнаружил диапазон концентраций, изменяющихся от нуля (по показаниям прибора) до значения, равного $2,1 \times 10^{-9}$ кюри/л. Радиоактивность большинства образцов находилась в пределах от 5×10^{-10} до 10^{-11} кюри/л.

164. Исследуя атмосферу в цинковых, железорудных и тальковых шахтах штата Нью-Йорк, имеющих плохую вентиляцию, Гаррис [101] обнаружил, что концентрация радона в них колебалась в пределах от 4×10^{-11} до 10^{-12} кюри/л.

165. Оэстуизен и др. [102] при измерении концентрации радона в воздухе золотых приисков восточного, центрального и западного Рэнда (Южная Африка) обнаружили в основном в районах, содержание урана в рудах которых слишком мало для его промышленной разработки, что средняя концентрация радона в воздухе колеблется в пределах от $2,5 \times 10^{-11}$ до 5×10^{-11} кюри/л, причем отдельные значения составляли 2×10^{-10} — 3×10^{-10} кюри/л. В районах промышленной добычи урана концентрация радона в шахтах изменялась в диапазоне от 10^{-10} до 5×10^{-10} кюри/л. Эти авторы отмечали, что в ходе двух самостоятельных обследований изучалась частота заболевания раком легких среди большой группы рабочих, занятых на подземных работах, причем в каждом из них частота заболеваний была аналогична частоте, наблюдаемой среди сравнимой возрастной группы всего населения.

166. Юрт [103] в тупиковых выработках ряда неурановых шахт (золотые прииски) Северного Онтарио обнаружил, что среднее значение концентрации радона находилось в пределах от $1,2 \times 10^{-11}$ до $1,5 \times 10^{-11}$ кюри/л.

167. У горнорабочих, работающих в неурановых шахтах Колорадо, штата Нью-Йорк или Северного Онтарио, избыточной заболеваемости раком легких не отмечалось. Однако исследования, направленного на определение причин незначительного роста частоты заболевания, по-видимому, не проводилось.

168. Митчел [98] ранее подсчитал дозы облучения, полученные бронхами горнорабочих в Якимове, и пришел к заключению, что эпителиальные клетки главной бронхи в течение восьми часов подвергались облучению альфа-частицами в дозе, равной примерно 0,13 рд, а Эванс [104] рассчитал, что общая доза облучения бронхов в период нахождения под землей (в среднем в течение семнадцати лет) составляет около 600 рд.

169. Позднее Бэйл [95], учитывая наличие в содержащем радон воздухе короткоживущих дочерних продуктов распада, подсчитал, что мощность дозы облучения эпителиального слоя бронхиальной ткани от 10^{-10} кюри $Rn^{222}/л$, 10^{-10} кюри $RaA/л$ и 5×10^{-11} кюри $RaC'/л$ составляет 1,0 рд/40-часовая неделя. По сравнению с предыдущими расчетами доз облучения радоном в той же концентрации это значение примерно в 2000 раз больше значения, предсказанного Эвансом и Гудманом [97] в 1940 году, примерно в 300 раз больше значения, предсказанного Митчелом [98] в 1945 году, и примерно в 100 раз больше значения, предсказанного Эвансом [104] в 1950 году.

170. Де-Вильерс и Виндиш [105] привели данные о том, что 23 из 51 смертельного случая (45 процентов) среди горнорабочих, имеющих годичный или больший опыт подземных работ на шахтах по добыче плавикового шпата в районе Св. Лаврентия (Ньюфаундленд), в течение десятилетнего периода (1952—1961 годы) произошли в основном вследствие первичного рака легких, развивающегося главным образом вблизи ворот легких. Наблюдались также сдвиг среднего возраста в момент смерти от рака легких в сторону более младшей возрастной группы и связь между возрастом, при котором данное лицо подвергалось опасности, и возрастом в момент смерти. Число предполагаемых смертельных случаев в результате возникновения злокачественных новообразований в трахеях, бронхах и легких из 71 смертного случая в течение 1952—1960 годов составило 0,73. Этот вывод был сделан на основе изучения 157 из 15 264 смертельных случаев в результате любых причин среди мужского населения Ньюфаундленда (за вычетом смертности среди горнорабочих, проживающих в районе Св. Лаврентия). Количество горнорабочих, умерших по разным причинам (21 из 71), в 28,8 раза превышало ожидаемое число. Отношения для четырех десятилетних возрастных групп, возраст в которых колеблется от 25 до 64 лет включительно, составляли 43,2 (от 25 до 34 лет), 10,6 (от 35 до 44 лет), 16,0 (от 45 до 54 лет) и 8,0 (от 55 до 64 лет). Было также обнаружено значительное число случаев смерти от туберкулеза и пневмоконоиоза.

171. Наиболее важным результатом изучения среды в шахтах Св. Лаврентия явилось обнаружение в воздухе радона и дочерних продуктов его распада в концентрации, намного превышающей предполагаемые уровни предельно допустимой концентрации. Исходя из этого факта, а также других соображений было высказано предположение о том, что в течение сорокачасовой рабочей

недели подземные рабочие, вероятно, подвергаются воздействию выделяемой при полном распаде потенциальной энергии, среднее значение которой в 2,5—10 раз выше ранее предполагаемого рабочего уровня, составлявшего $1,3 \times 10^5$ Мэв на литр воздуха [134]. Эти уровни измерялись в шахтах, в которых не было обнаружено радиоактивных руд. Вода, находившаяся в шахте, рассматривалась в качестве источника радона.

172. Сравнение наиболее важных результатов, относящихся к шахтам Св. Лаврентия, Якимова и Шнееберга, а также к урановым шахтам Южной Африки и Соединенных Штатов Америки, дано в таблице XX, в которой приводятся данные о радиоактивности в различных шахтах, а также о соответствующей частоте заболевания раком легких. Частота заболеваний раком легких среди горнорабочих Св. Лаврентия (в процентах от всех смертельных случаев) колеблется в пределах от 33,3 процента (23 из 69 смертельных случаев среди подземных рабочих в течение 1933—1961 годов) до 45,1 процента (23 из 51 смертельного случая среди подземных рабочих в течение 1952—1961 годов).

173. Вагонер и др. [125] недавно сообщили об исследовании смертности от рака среди группы горнорабочих и дробильщиков, работающих на урановых шахтах Соединенных Штатов Америки в течение 13 лет (1950—1962 годы), и сравнили их удельную смертность в зависимости от расы, возраста и причин смерти со смертностью среди всего мужского населения района Колорадского плато. Для белых дробильщиков урановой руды полная и причинная удельная смертность не отличается заметно от ожидаемой. Среди белых горнорабочих, работающих на урановых шахтах, наблюдалось 218 смертельных случаев по сравнению со 148,7 ожидаемого случая ($P < 0,01$). Категориями, для которых число реальных смертельных случаев значительно превышает число ожидаемых, являются: а) опухоли дыхательных путей среди горнорабочих, имеющих пятилетний или более длительный опыт работы в урановых шахтах (11 наблюдаемых случаев по сравнению с 1,1 ожидаемого при значении относительной опасности, равной 10); б) «все остальные причины» в той же группе шахтеров являются следствием фибромы легких и ее осложнений и в) несчастные случаи, особенно на шахтах, независимо от характера работы или опыта подземной работы. Десятикратное увеличение случаев заболевания раком дыхательных путей не связано с возрастом, курением, наследственностью, урбанизацией, самоотбором, точностью диагноза, предварительной разработкой твердоскальных пород или наличием других компонентов руды, в том числе кварцевой пыли. Имеющиеся в настоящее время факты свидетельствуют о роли воздушной радиации в генезисе увеличения заболеваемости раком дыхательных путей.

174. Из имеющихся данных, относящихся к горнорабочим, проживающим в районах Якимова, Шнееберга, Колорадского плато и Св. Лав-

рения, ясно следует, что рак легких может быть индуцирован вдыхаемыми радоном и его дочерними изотопами. Однако по данным для этих групп нельзя рассчитать оценку опасности, поскольку для всех смертельных случаев известна лишь относительная частота заболевания раком легких, а не смертность от рака легких среди горнорабочих.

IX. Общая частота случаев образования опухолей после общего облучения

ЛИЦА, ВЫЖИВШИЕ ПОСЛЕ ВЗРЫВА АТОМНОЙ БОМБЫ В ЯПОНИИ

175. В докладе 1962 года обсуждалось сообщение Харада и Ишида [106], посвященное частоте образования опухолей у лиц, выживших после взрыва атомной бомбы в Хиросиме, за период с апреля 1957 года по декабрь 1958 года. Эти данные получены на основе зарегистрированных случаев возникновения опухолей, а не на основе замкнутой выборочной совокупности Комиссии по изучению последствий атомных взрывов (КИПАВ). Частота образования опухолей изменялась обратно пропорционально расстоянию от эпицентра. Величина «удваивающей дозы» для случаев заболевания раком была определена как доза, полученная на расстоянии примерно 1300 м от эпицентра, где она была равна приблизительно 400 рд [8].

176. Недавно опубликованные результаты исследования смертности среди лиц, выживших после взрыва атомной бомбы [107], показали, что в выборке из группы в 20 000 человек (медицинская выборка КИПАВ, отбор I, 1950—1958 годы) до настоящего времени не было обнаружено признаков повышения общей смертности в группах, получивших более высокую дозу облучения. В результате изучения смертности от конкретных причин были отчетливо выявлены хорошо известные лейкогенные свойства облучения, однако ни в одном случае не было обнаружено радиационных эффектов. Изучавшаяся в ходе этого исследования группа необлученных лиц, по-видимому, по крайней мере в течение рассматриваемого периода не отвечала тем требованиям, которые предъявляются к контрольной группе, поскольку она характеризовалась крайне низкой смертностью как по сравнению с необлученными лицами, так и со всем населением Японии, причем число случаев смерти от туберкулеза и рака в этой группе необлученных лиц было очень незначительным. Поэтому для контроля в этом исследовании использовалось сравнение лиц, получивших облучение с различных расстояний от эпицентра взрыва.

177. Зелдис и др. [57] недавно сообщили об исследовании частоты зарегистрированных случаев заболевания раком в Хиросиме и Нагасаки, которое для Хиросимы охватывает следующие двадцатимесячный период после тех двадцати месяцев, для которых приводили данные Харада и Ишида [106] (май 1957 года — декабрь 1959 года),

а также первые 36 месяцев для Нагасаки (апрель 1958 года — март 1960 года). Случаи новообразований, диагнозы которых был установлен до начала этих исследований, во внимание не принимались, а проводившийся в ходе этого исследования анализ основывался на более ограниченном известном демографическом исследовании продолжительности человеческой жизни, а не на исследовании всего городского населения.

178. В таблице XXI приводятся данные о грубой частоте злокачественных заболеваний (за исключением лейкоза) и частоте заболеваний с учетом пола и возраста на 100 000 жителей. Указанное в этой таблице избыточное количество случаев возникновения злокачественных заболеваний среди группы, подвергшейся облучению во время взрыва атомной бомбы в Хиросиме с наиболее близкого расстояния, не так велико, как отмеченное ранее в сообщении Харада и Ишида [106], проводивших свое исследование в масштабе всего города; однако градиент частоты случаев заболеваний по расстоянию от источника облучения приобретает статистическую значимость на уровне 0,1—0,001. В Нагасаки, где исследовалось значительно меньшее число случаев, колебания в зависимости от расстояния от источника облучения незначительны. По непонятным причинам частота заболеваний в Нагасаки среди группы необлученных лиц (особенно среди мужчин) значительно выше, чем в группах облученных лиц.

179. Имеющиеся в настоящее время данные [137] позволяют сделать некоторое сравнение числа случаев заболевания лейкозом и всеми другими формами раковых заболеваний, которые, возможно, были индуцированы облучением. В течение 1950—1959 годов в группе людей, облученных в Хиросиме и Нагасаки с расстояния 1400 м от эпицентра, умерло от лейкоза на 36 человек (стандартное отклонение 6,4) больше, чем этого следовало ожидать, исходя из смертности среди лиц, облученных в более низких дозах с расстояния от 1400 до 2000 м. В течение этого же периода от других форм злокачественных заболеваний в первой группе умерло на 30 человек (стандартное отклонение 13,6) больше, чем этого можно было ожидать на основе смертности среди последней группы. Поэтому в этом случае количество случаев со смертельным исходом от всех форм злокачественных заболеваний, за исключением лейкоза, превышающее число смертельных случаев среди сравниваемого населения, составляло 0,8 (стандартное отклонение 0,4) от избыточного числа смертельных случаев от лейкоза, имевших место в этой же популяции в течение того же периода.

180. Кажется вероятным, что средняя латентность для радиоиндуцированного лейкоза меньше, чем латентность для других форм радиоиндуцированных злокачественных заболеваний, для которых имеются сведения, и поэтому для данного обследования (продолжавшегося в течение тринадцати лет после облучения) на лейкоз будет приходиться большая доля всех вероятных смер-

тельных случаев, чем на другие злокачественные заболевания. Исходя из этого, можно предположить, что величина этого отношения, несмотря на некоторое ее увеличение в последующие годы, не может быть подсчитана точно. Более того, эти данные основаны на статистике смертности, а не на регистрации заболеваемости, и поэтому они, возможно, не отражают точно даже наблюдающуюся в настоящее время заболеваемость. Однако уже сейчас очевидно, что частота заболевания лейкозом (в острых формах и хронической миелоидной форме), которая обычно составляет лишь 2 процента всех смертельных случаев от злокачественных заболеваний, повысилась в результате облучения, полученного при данных обстоятельствах, намного больше, чем общее число смертельных случаев от всех других форм злокачественных заболеваний.

НАСЕЛЕНИЕ, ПОДВЕРГШЕЕСЯ ЗНАЧИТЕЛЬНОМУ РАДИОАКТИВНОМУ ОБЛУЧЕНИЮ ИЗ ПРИРОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ

181. Джанферрари и др. [111] провели обследование рождаемости, смертности и других связанных с ними переменных в ряде общин долины Черво (Италия), где уровень природной радиации выше обычного (средняя общая доза облучения гамма-радиацией составляет за 30 лет 15 р), а также в смежном районе, сходном с этой долиной в географическом, социальном и экономическом отношениях, но где уровень природной радиации составляет лишь одну пятую уровня в долине Черво (3 р за тридцать лет). Среднее содержание урана (в виде U_3O_8) в различных источниках поступления продуктов питания в районах с большим и малым уровнем природного излучения соответственно составляло: в почве 1,0 и 20,8 мг/кг; в питьевой воде 0,06 и 0,24 мкг/л; в овощах 0,3 и 17,7 мг/кг и в фураже 0,4 и 18,4 мг/кг. В районе с высоким уровнем природного излучения отмеченный удельный вес смертности от рака был в каждой из возрастных групп выше ожидаемого. Однако это увеличение было статистически значимым только для возрастной группы от 61 до 80 лет.

ДЕТИ, ПОДВЕРГШИЕСЯ ДИАГНОСТИЧЕСКОМУ ОБЛУЧЕНИЮ В МАТКЕ

182. В первом сообщении о проделанном Стюартом и др. [30, 31] ретроспективном исследовании связи между родовым диагностическим рентгеновским облучением и последующим развитием лейкоза и других злокачественных заболеваний у детей, умерших в возрасте до 10 лет, отмечалось, что матери детей, умерших от рака, чаще проходили рентгенологические обследования абдоминальной полости в соответствующий период беременности, чем матери контрольных (живущих) детей. Из двадцати матерей, подвергшихся рентгеновскому облучению в первую половину беременности, восемнадцать были матерями детей, умерших от рака, и лишь две были матерями контрольных детей. Отношение случаев облучения плода с воз-

никновением раковых опухолей к контрольным детям составляло 1,7 для детей, умерших в возрасте до 4 лет, и 2,5 для детей, умерших в возрасте от 5 до 9 лет.

183. Частота вирусной инфекции и опасности самопроизвольных абортот была также значительно выше среди матерей погибших детей. Три послеродовых явления — рентгеновское облучение в раннем детстве, а также острые инфекционные легочные заболевания и серьезные поражения — чаще наблюдались у детей, которые впоследствии умерли от лейкоза. Повышенная заболеваемость монголизмом, синдромом Дауна и увеличенная опасность заболевания лейкозом связывались со слишком большим материнским возрастом.

184. Позднее, в ходе расширения этого исследования, Стюарт [32] пришла к заключению, что большинство случаев рака лейкоза у детей было обусловлено презиготически, что увеличение за последнее время заболеваемости лейкозом в детском возрасте вызвано презиготической формой и что максимальная заболеваемость такой формой лейкоза достигается раньше, чем максимальная частота случаев родового лейкоза.

185. В ходе посвященного этому вопросу перспективного исследования Макмагона [39] использовались результаты демографического исследования 73 243 детей, родившихся в 1947—1954 годах, а также частота внутриматочного рентгеновского облучения, определенного на основе однопроцентной систематической выборки. Абдоминальное, или тазовое, рентгеновское облучение было отмечено в этой выборке в 770 (10,6 процента) из 7242 «единичных беременностей», а также установлено, что общее число детей в исследуемой выборке, умерших впоследствии от рака до конца 1960 года, составляло 584 человека. Из 556 смертельных случаев от рака среди детей, родившихся от «единичных беременностей», в 85 случаях (15,3 процента) было зарегистрировано абдоминальное, или тазовое, рентгеновское облучение матерей по сравнению с 770 из 7242 (10,6 процента) случаев единичных беременностей во всей однопроцентной выборке ($P < 0,05$). После внесения поправки на косвенные связи с очередностью рождения и другие осложняющие переменные было подсчитано, что смертность от рака в исследуемой группе населения примерно на 40 процентов выше среди лиц, подвергшихся рентгеновскому облучению, чем среди необлученных лиц. Эта зависимость сохраняется для каждой из трех главных диагностических категорий: лейкоза, новообразований центральной нервной системы и других опухолей.

186. Более высокая смертность от рака в группе лиц, облученных рентгеновыми лучами, была особенно заметна в возрасте от 5 до 7 лет, относительная опасность при котором составляла 2,0. Повышенная опасность, по-видимому, исчезает при достижении восьмилетнего возраста. Тенденция к повышению смертности среди детей, получивших более высокую дозу облучения, была

небольшой и статистически незначимой. Сильного варьирования в зависимости от стадии беременности в момент облучения не наблюдалось.

187. Наиболее важным критерием для определения дозы внутриматочного рентгеновского облучения является, по-видимому, очередность родов. Дети от первых родов подвергались в три раза большему облучению и получали большую дозу по сравнению с детьми от последующих родов. После первых родов имелись лишь небольшие отклонения, связанные с очередностью рождения.

188. Отмеченная в ходе исследования Макмагона смертность от рака, составляющая 556 случаев на 7242 рождения в изучаемой выборке, приводит к значению показателя общей смертности от рака, равному 76,8 случая на 10^5 единичных новорожденных. Поскольку как в возрастной группе от 0 до 4 лет, так и в возрастной группе от 5 до 9 лет почти половина смертельных случаев среди детей в Соединенных Штатах, родившихся в 1950 году вызвана лейкозом, Макмагон считает возможным, что значение вероятности смерти от какого-либо новообразования в этих возрастных периодах приблизительно в два раза выше, чем вероятность смерти от лейкоза. Используя эти значения вероятности для исследуемой им группы населения, Макмагон приблизительно подсчитал, что в этой группе можно было ожидать 388 случаев смерти от рака в первые пять лет жизни и 246 случаев — в последующие пять лет (итого 634 случая). Полученные значения составили соответственно 352 и 197 случаев (итого 549 случаев). В 18 других случаях смерть от рака наступила в возрасте 10 лет и старше.

189. Разница в 20 процентов для предполагаемых случаев смерти в возрастной группе от 5 до 9 лет может быть в некоторой степени объяснена тем, что эта группа до настоящего времени наблюдалась только в течение трех четвертых человеко-лет, необходимых для получения полностью достоверных данных.

190. Используя косвенный метод нормирования, Макмагон рассчитал, что смертность от рака среди населения, подвергшегося рентгеновскому облучению, с учетом некоторых переменных составляет

10,31 случая на 10 000 новорожденных. Пользуясь этой величиной, он получил значение относительной опасности для всех случаев заболевания раком, равное $10,31/7,8$, или 1,42, по сравнению со значением без поправок, равным 1,52.

191. Не принимая во внимание близнецов и учитывая поправку Стюарт на неточные сведения в сообщениях матерей, равную 1,16, а также все случаи рентгеновского облучения абдоминальной области в течение беременности, Макмагон получил для относительной опасности возникновения злокачественных заболеваний, рассчитанной по данным Стюарт, значение, равное 1,65, которое не намного отличается от значения, полученного в ходе его собственного исследования.

192. Однако данные Стюарт не свидетельствуют о каком-либо заметном снижении относительной опасности даже для преклонного возраста, тогда как данные Макмагона говорят о том, что после семилетнего возраста эта опасность не возрастает.

193. Недавно Макмагон и Хатчисон [108] сделали обзор одиннадцати опубликованных (до 1 сентября 1962 года) исследований по вопросу об относительной опасности возникновения злокачественных заболеваний у детей в результате их облучения в матке рентгеновыми лучами. Относительная опасность в пяти из этих исследований [21, 36—38, 109] была меньше единицы, а в шести исследованиях [31, 33—35, 39, 110] эта опасность превышала единицу. Однако ввиду весьма широких доверительных пределов для всех одиннадцати исследований они проверили возможность установления единой для всех этих исследований оценки опасности и рассчитали максимально вероятное значение этой единой оценки опасности по средневзвешенному одиннадцати наблюдаемых значений относительной опасности. Они пришли к заключению, что результаты этих одиннадцати исследований хорошо согласуются друг с другом и что в пяти исследованиях, значения относительной опасности для которых были меньше единицы, исследовались небольшие выборки с большой ожидаемой выборочной варьированностью. Наиболее вероятное значение опасности составляет в данном случае 1,40, и можно предполагать, что его истинное значение колеблется в пределах от 1,20 до 1,64 ($P = 0,05$).

тельных случаев, чем на другие злокачественные заболевания. Исходя из этого, можно предположить, что величина этого отношения, несмотря на некоторое ее увеличение в последующие годы, не может быть подсчитана точно. Более того, эти данные основаны на статистике смертности, а не на регистрации заболеваемости, и поэтому они, возможно, не отражают точно даже наблюдающуюся в настоящее время заболеваемость. Однако уже сейчас очевидно, что частота заболевания лейкозом (в острых формах и хронической миелоидной форме), которая обычно составляет лишь 2 процента всех смертельных случаев от злокачественных заболеваний, повысилась в результате облучения, полученного при данных обстоятельствах, намного больше, чем общее число смертельных случаев от всех других форм злокачественных заболеваний.

НАСЕЛЕНИЕ, ПОДВЕРГШЕЕСЯ ЗНАЧИТЕЛЬНОМУ РАДИОАКТИВНОМУ ОБЛУЧЕНИЮ ИЗ ПРИРОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ

181. Джанферрари и др. [111] провели обследование рождаемости, смертности и других связанных с ними переменных в ряде общин долины Черво (Италия), где уровень природной радиации выше обычного (средняя общая доза облучения гамма-радиацией составляет за 30 лет 15 р), а также в смежном районе, сходном с этой долиной в географическом, социальном и экономическом отношениях, но где уровень природной радиации составляет лишь одну пятую уровня в долине Черво (3 р за тридцать лет). Среднее содержание урана (в виде U_3O_8) в различных источниках поступления продуктов питания в районах с большим и малым уровнем природного излучения соответственно составляло: в почве 1,0 и 20,8 мг/кг; в питьевой воде 0,06 и 0,24 мкг/л; в овощах 0,3 и 17,7 мг/кг и в фураже 0,4 и 18,4 мг/кг. В районе с высоким уровнем природного излучения отмеченный удельный вес смертности от рака был в каждой из возрастных групп выше ожидаемого. Однако это увеличение было статистически значимым только для возрастной группы от 61 до 80 лет.

ДЕТИ, ПОДВЕРГШИЕСЯ ДИАГНОСТИЧЕСКОМУ ОБЛУЧЕНИЮ В МАТКЕ

182. В первом сообщении о проделанном Стюартом и др. [30, 31] ретроспективном исследовании связи между дородовым диагностическим рентгеновским облучением и последующим развитием лейкоза и других злокачественных заболеваний у детей, умерших в возрасте до 10 лет, отмечалось, что матери детей, умерших от рака, чаще проходили рентгенологические обследования абдоминальной полости в соответствующий период беременности, чем матери контрольных (живущих) детей. Из двадцати матерей, подвергшихся рентгеновскому облучению в первую половину беременности, восемнадцать были матерями детей, умерших от рака, и лишь две были матерями контрольных детей. Отношение случаев облучения плода с воз-

никновением раковых опухолей к контрольным детям составляло 1,7 для детей, умерших в возрасте до 4 лет, и 2,5 для детей, умерших в возрасте от 5 до 9 лет.

183. Частота вирусной инфекции и опасности самопроизвольных абортот была также значительно выше среди матерей погибших детей. Три послеродовых явления — рентгеновское облучение в раннем детстве, а также острые инфекционные легочные заболевания и серьезные поражения — чаще наблюдались у детей, которые впоследствии умерли от лейкоза. Повышенная заболеваемость монгололизмом, синдромом Дауна и увеличенная опасность заболевания лейкозом связывались со слишком большим материнским возрастом.

184. Позднее, в ходе расширения этого исследования, Стюарт [32] пришла к заключению, что большинство случаев рака лейкоза у детей было обусловлено презиготически, что увеличение за последнее время заболеваемости лейкозом в детском возрасте вызвано презиготической формой и что максимальная заболеваемость такой формой лейкоза достигается раньше, чем максимальная частота случаев дородового лейкоза.

185. В ходе посвященного этому вопросу перспективного исследования Макмагона [39] использовались результаты демографического обследования 73 243 детей, родившихся в 1947—1954 годах, а также частота внутриматочного рентгеновского облучения, определенного на основе однопроцентной систематической выборки. Абдоминальное, или тазовое, рентгеновское облучение было отмечено в этой выборке в 770 (10,6 процента) из 7242 «единичных беременностей», а также установлено, что общее число детей в исследуемой выборке, умерших впоследствии от рака до конца 1960 года, составляло 584 человека. Из 556 смертельных случаев от рака среди детей, родившихся от «единичных беременностей», в 85 случаях (15,3 процента) было зарегистрировано абдоминальное, или тазовое, рентгеновское облучение матерей по сравнению с 770 из 7242 (10,6 процента) случаев единичных беременностей во всей однопроцентной выборке ($P < 0,05$). После внесения поправки на косвенные связи с очередностью рождения и другие осложняющие переменные было подсчитано, что смертность от рака в исследуемой группе населения примерно на 40 процентов выше среди лиц, подвергшихся рентгеновскому облучению, чем среди необлученных лиц. Эта зависимость сохраняется для каждой из трех главных диагностических категорий: лейкоза, новообразований центральной нервной системы и других опухолей.

186. Более высокая смертность от рака в группе лиц, облученных рентгеновыми лучами, была особенно заметна в возрасте от 5 до 7 лет, относительная опасность при котором составляла 2,0. Повышенная опасность, по-видимому, исчезает при достижении восьмилетнего возраста. Тенденция к повышению смертности среди детей, получивших более высокую дозу облучения, была

небольшой и статистически незначимой. Сильного варьирования в зависимости от стадии беременности в момент облучения не наблюдалось.

187. Наиболее важным критерием для определения дозы внутриматочного рентгеновского облучения является, по-видимому, очередность родов. Дети от первых родов подвергались в три раза большему облучению и получали большую дозу по сравнению с детьми от последующих родов. После первых родов имелись лишь небольшие отклонения, связанные с очередностью рождения.

188. Отмеченная в ходе исследования Макмагона смертность от рака, составляющая 556 случаев на 7242 рождения в изучаемой выборке, приводит к значению показателя общей смертности от рака, равному 76,8 случая на 10^5 единичных новорожденных. Поскольку как в возрастной группе от 0 до 4 лет, так и в возрастной группе от 5 до 9 лет почти половина смертельных случаев среди детей в Соединенных Штатах, родившихся в 1950 году вызвана лейкозом, Макмагон считает возможным, что значение вероятности смерти от какого-либо новообразования в этих возрастных периодах приблизительно в два раза выше, чем вероятность смерти от лейкоза. Используя эти значения вероятности для исследуемой им группы населения, Макмагон приблизительно подсчитал, что в этой группе можно было ожидать 388 случаев смерти от рака в первые пять лет жизни и 246 случаев — в последующие пять лет (итого 634 случая). Полученные значения составили соответственно 352 и 197 случаев (итого 549 случаев). В 18 других случаях смерть от рака наступила в возрасте 10 лет и старше.

189. Разница в 20 процентов для предполагаемых случаев смерти в возрастной группе от 5 до 9 лет может быть в некоторой степени объяснена тем, что эта группа до настоящего времени наблюдалась только в течение трех четвертых человеко-лет, необходимых для получения полностью достоверных данных.

190. Используя косвенный метод нормирования, Макмагон рассчитал, что смертность от рака среди населения, подвергшегося рентгеновскому облучению, с учетом некоторых переменных составляет

10,31 случая на 10 000 новорожденных. Пользуясь этой величиной, он получил значение относительной опасности для всех случаев заболевания раком, равное $10,31/7,8$, или 1,42, по сравнению со значением без поправок, равным 1,52.

191. Не принимая во внимание близнецов и учитывая поправку Стюарт на неточные сведения в сообщениях матерей, равную 1,16, а также все случаи рентгеновского облучения абдоминальной области в течение беременности, Макмагон получил для относительной опасности возникновения злокачественных заболеваний, рассчитанной по данным Стюарт, значение, равное 1,65, которое не намного отличается от значения, полученного в ходе его собственного исследования.

192. Однако данные Стюарт не свидетельствуют о каком-либо заметном снижении относительной опасности даже для преклонного возраста, тогда как данные Макмагона говорят о том, что после семилетнего возраста эта опасность не возрастает.

193. Недавно Макмагон и Хатчисон [108] сделали обзор одиннадцати опубликованных (до 1 сентября 1962 года) исследований по вопросу об относительной опасности возникновения злокачественных заболеваний у детей в результате их облучения в матке рентгеновыми лучами. Относительная опасность в пяти из этих исследований [21, 36—38, 109] была меньше единицы, а в шести исследованиях [31, 33—35, 39, 110] эта опасность превышала единицу. Однако ввиду весьма широких доверительных пределов для всех одиннадцати исследований они проверили возможность установления единой для всех этих исследований оценки опасности и рассчитали максимально вероятное значение этой единой оценки опасности по средневзвешенному одиннадцати наблюдаемых значений относительной опасности. Они пришли к заключению, что результаты этих одиннадцати исследований хорошо согласуются друг с другом и что в пяти исследованиях, значения относительной опасности для которых были меньше единицы, исследовались небольшие выборки с большой ожидаемой выборочной варьированностью. Наиболее вероятное значение опасности составляет в данном случае 1,40, и можно предполагать, что его истинное значение колеблется в пределах от 1,20 до 1,64 ($P = 0,05$).

Таблица I. ЧАСТОТА ЗАБОЛЕВАНИЙ ЛЕЙКОЗОМ В ХИРОСИМЕ (1946—1962 гг.)
(подсчитано на основе данных Ватанабе [6])

Год возникнове- ния заболе- вания	Все население Хиросимы			Необлученное население Хиросимы ^a			Облученное население Хиросимы (с расстояния до 5000 м)			Превышение числа случаев заболеваний на 10 ⁻⁵ жи- телей	Число случаев смерти от лейкоза во всей Японии на 10 ⁻⁵ жи- телей
	Число жителей	Число слу- чаев забо- левания	Число случаев на 10 ⁻⁵ жителей	Число жителей	Число слу- чаев забо- левания	Число слу- чаев на 10 ⁻⁵ жи- телей	Число жителей	Число случаев заболева- ния	Число слу- чаев на 10 ⁻⁵ жи- телей		
1946	171 204	2	1,17	72 135	1	1,38	99 069	1	1,01	0,00	—
1947	222 434	6	2,70	123 607	1	0,81	98 827	5	5,06	4,25	1,07
1948	246 134	15	6,09	147 548	4	2,71	98 586	11	11,16	8,45	1,19
1949	262 832	21	7,99	164 498	9	5,47	98 334	12	12,20	6,73	1,37
1950	285 712 ^b	13	4,55	187 610 ^b	1	0,53	98 102 ^b	12	12,23	11,70	1,47
1951	297 758	20	6,75	199 898	3	1,50	97 860	17	17,37	15,87	1,58
1952	321 973	17	5,28	224 355	8	3,56	97 618	9	9,22	5,66	1,67
1953	339 432	22	6,48	242 055	6	2,48	97 377	16	16,43	13,95	1,91
1954	361 367	17	4,70	264 232	4	1,51	97 135	13	13,38	11,87	2,12
1955	360 808	22	6,10	263 915	8	3,03	96 893	14	14,45	11,42	2,28
1956	382 011	18	4,71	285 360	5	1,75	96 651	13	13,45	11,70	2,41
1957	396 730	17	4,29	300 321	7	2,33	96 409	10	10,37	8,04	2,44
1958	412 707	21	5,09	316 539	10	3,16	96 168	11	11,44	8,28	2,65
1959	426 564	26	6,10	330 638	10	3,02	95 926	16	16,84	13,82	2,67
1960	431 285 ^b	15	3,48	335 601 ^b	11	3,28	95 684 ^b	4	4,18	0,90	2,80
1961	459 301	22	4,79	363 859	10	2,75	95 442	12	12,63	9,88	—
1962	479 379	14	2,92	384 000	6	1,56	95 379	8	8,42	6,86	—
Всего	288	83,19	Всего	104	40,83	Всего	184	189,84	149,38		

^a Предполагается, что в число необлученного насе-
ления входят лица, прибывшие в Хиросиму вскоре после
взрыва.

^b Данные взяты из переписи населения за указан-
ный год.

Таблица II. ОПАСНОСТЬ ЗАБОЛЕВАНИЯ ЛЕЙКОЗОМ СРЕДИ ЛИЦ,
ВЫЖИВШИХ ПОСЛЕ ВЗРЫВА АТОМНОЙ БОМБЫ В ХИРОСИМЕ [6]
(1946—1962 гг.; население, подверженное влиянию миграции)

Расстояние от эпицентра взры- ва (в м)	Примерный диа- пазон доз (в рд) ^a	Облученное население	Число случа- ев заболева- ния лейкозом	Число случаев заболевания на 10 ⁻⁵ облученных	Отношение к ожидаемой частоте заболе- ваний ^b
0—1 500	>10 000—200	11 839	127	1 072	26,0
1 500—5 000	200—<1	87 230	57	65	1,6
0—5 000	>10 000—<1	99 069	184	186	4,5

^a Без поправки на уменьшение дозы в результате экранирования.

^b Ожидаемая частота заболевания, равная 41×10^{-5} , является частотой, отме-
ченной в 1946—1962 годах среди населения, находившегося за пределами 5000 м от
эпицентра.

Таблица III. СРЕДНЯЯ ЧАСТОТА УСТАНОВЛЕННЫХ СЛУЧАЕВ ЗАБОЛЕВАНИЯ ЛЕЙКОЗОМ СРЕДИ ЖИТЕЛЕЙ ХИРОСИМЫ И НАГАСАКИ ЗА 12 ЛЕТ (1947—1958 гг.) В КАЖДОМ ГОРОДЕ, ГДЕ ПОЛУЧЕНО ОБЛУЧЕНИЕ, В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАССТОЯНИЯ ОТ ЭПИЦЕНТРА. ИСХОДНЫЙ ОБРАЗЕЦ КИПАВ.

(с поправками на данные Брилла и др. [7])

Расстояние от эпицентра (в м) Доза (в рд) ^а	Хиросима			Нагасаки		
	Число случаев заболевания лейкозом	Число человеко-лет, в течение которых население подверглось опасности заболевания (1947—1958 гг.)	Число случаев заболевания 10 ⁻⁶ человек подверженности заболеванию	Число случаев заболевания лейкозом	Число человеко-лет, в течение которых население подверглось опасности заболевания (1947—1958 гг.)	Число случаев заболевания 10 ⁻⁶ человек подверженности заболеванию
0—999 (1 400—>10 000) . . .	20	14 638	1 366	3	5 330	563
1 000—1 499 (200—1 400) . . .	39	126 446	308	20	37 758	530
1 500—1 999 (30—200)	9	214 629	42	3	44 197	68
2 000—9 999 (<1—30) . . .	21	747 827	28	34	925 653	37
Всего	89	1 103 540	81	60	1 012 938	59

^а Без поправки на экранирование.

Таблица IV. ЧАСТОТА ЗАБОЛЕВАНИЯ ЛЕЙКОЗОМ В ИСХОДНОМ ОБРАЗЦЕ КИПАВ В ТЕЧЕНИЕ 9 ЛЕТ (1950—1958 гг.) В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДОЗЫ ОБЛУЧЕНИЯ В ХИРОСИМЕ И НАГАСАКИ (С ПОПРАВКАМИ НА СЛАБОЕ ЭКРАНИРОВАНИЕ)

(с поправками на данные Брилла и др. [7])

Доза (в рд)	Хиросима				Нагасаки			
	Число случаев заболевания лейкозом	Число человеко-лет, в течение которых население подверглось опасности заболевания (1950—1958 гг.)	Число случаев заболевания 10 ⁻⁶ человек подверженности заболеванию	Отношение к ожидаемой частоте заболевания ^а	Число случаев заболевания лейкозом	Число человеко-лет, в течение которых население подверглось опасности заболевания (1950—1958 гг.)	Число случаев заболевания 10 ⁻⁶ человек подверженности заболеванию	Отношение к ожидаемой частоте заболевания ^а
>1 280 . . .	5	3 204	1 561	78	0	387	0	—
641—1280 . . .	10	9 999	1 000	50	3	1 341	2 237	112
321—640 . . .	5	7 623	656	33	2	2 043	979	49
161—320 . . .	7	21 888	320	16	4	6 408	624	31
81—160 . . .	7	37 278	188	9	6	12 681	473	24
41—80 . . .	3	48 798	61	3	0	11 565	0	—
21—40 . . .	2	48 402	41	2	1	9 981	100	5
0—20 ^б . . .	12	547 839	22	1	9	217 782	41	2
Всего	51	725 031	70	3,5	25	262 188	95	4,8

^а Ожидаемая частота заболевания, равная 2×10^{-5} , является расчетной годовой частотой заболевания в Японии в течение 1950—1958 гг.

^б Включая лиц, выживших после взрыва атомной бомбы и подвергшихся облучению с расстояния в пределах от 2 000 до 10 000 м.

Таблица V. ЧАСТОТА ЗАБОЛЕВАНИЯ ЛЕЙКОЗОМ (1950—1962 гг.) СРЕДИ ЛИЦ, ПРИБЫВШИХ В ХИРОСИМУ ВКОРЕ ПОСЛЕ ВЗРЫВА АТОМНОЙ БОМБЫ

(с поправками на данные Ватанабе [6])

	Случаи заболевания среди прибывших в течение 3 дней	Случаи заболевания среди прибывших через 3—7 дней	Случаи заболевания среди прибывших через 7—14 дней	Случаи заболевания среди прибывших в течение 2 недель
Население	25 799	11 001	7 326	44 126
Число случаев возникновения лейкоза	27	5	7	39
Частота заболеваний на 100 000 жителей в год ^a	8,05	3,50	7,35	6,79

^a Среднегодовая частота заболевания лейкозом за 13 лет (1950—1962 гг.) среди необлученного населения Хиросимы (за пределами 5 000 м от эпицентра), рассчитанная по данным Ватанабе [6], составляет $2,34 \times 10^{-4}$.

Таблица VI. СМЕРТНОСТЬ ОТ ЛЕЙКОЗА СРЕДИ ВРАЧЕЙ [16]

Профессия	Время	Место	Всего умерших ^a	В том числе от лейкоза	Смертность (в процентах)	Сотношение между смертностью от лейкоза среди радиологов и всех врачей	Общая смертность среди населения	Источники
Радиологи	1929—1943 гг.	США	175	8	4,57			Марч [114]
Нерадиологи	1929—1943 гг.	США	50 160	221	0,44	10,3:1		
Все врачи	1933—1942 гг.	США	26 788	143	0,53		0,39%	Хеншоу и Хаукни [116]
Радиологи	1938—1942 гг.	США	95	5	5,30	10,6:1		Дублин и Шпигельман [117]
Все специалисты	1938—1942 гг.	США	2 029	19	0,94			
Все врачи	1938—1942 гг.	США	12 419	62	0,50			
Радиологи	1944—1948 гг.	США	124	6	4,84			Марч [115]
Нерадиологи	1944—1948 гг.	США	15 637	113	0,72	7:1		
Все врачи	1947—1951 гг.	США	11 481	133	1,20		0,52%	Пеллер и Пик [118]
Радиологи	1949—1958 гг.	США	296	11	3,71			Кронкайт [121]
Все врачи	1949—1958 гг.	США	23 393	221	0,77	4,8:1		
Радиологи	1897—1956 гг.	Великобритания, Ирландия	463	3	0,65			Курт-Браун [113]
Радиологи	1938—1942 гг.	США	205	8	3,90			Ульрих [119]
Нерадиологи	1938—1942 гг.	США	34 626	158	0,44			
Радиологи	1952—1955 гг.	США			3,57	3,6:1		Мелвилл, цитировано по Шварцу и Аптону [112]
Нерадиологи	1952—1955 гг.	США			1,00			
Радиологи	1930—1954 гг.	США			3,65		0,39%	Уоррен [120]
Нерадиологи, имеющие дело с рентгеновским облучением	1930—1954 гг.	США			2,33		(1950)	
Нерадиологи, не имеющие дела с рентгеновским облучением	1930—1954 гг.	США			0,63			

^a При известном диагнозе.

Таблица VII. СМЕРТНОСТЬ СРЕДИ РАДИОЛОГОВ: ЧИСЛО СМЕРТЕЛЬНЫХ СЛУЧАЕВ, СВЯЗАННЫХ С РАКОМ ЛИМФАТИЧЕСКИХ И КРОВЕТВОРНЫХ ТКАНЕЙ, А ТАКЖЕ С АПЛАСТИЧЕСКОЙ АНЕМИЕЙ. В ТАБЛИЦЕ УЧТЕНА ЛИШЬ СМЕРТНОСТЬ ЗА 14-ЛЕТНИЙ ПЕРИОД (1948—1961 ГГ.) В ВОЗРАСТНОЙ ГРУППЕ ОТ 35 ДО 74 ЛЕТ ВКЛЮЧИТЕЛЬНО [9]

Рубрика междуна- родного кода	Основное заболевание	Число смертельных случаев		ра	Кoeffици- ент смерт- ности (К. С.)	95% довери- тельные пре- делы К. С.
		Наблюда- емое	Ожидаемое			
200	Лимфосаркома	4 ^b	2,4	> 0,05	1,7	0,5 до 4,3
201	Болезнь Ходжкина	1	1,6	> 0,05	0,6	0,02 до 3,5
202,205	Лимфобластома	1	0,38	> 0,05	2,6	0,07 до 14,6
203	Полимиелома	5	1,01	0,004	5,0	1,6 до 11,6
204	Лейкоз	12	4,02	0,001	3,0	1,5 до 5,2
292,4	Апластическая анемия	4	0,23	0,0001	17,0	4,7 до 44,5

^a Вероятность случайности наблюдаемого или большего числа смертельных случаев.

^b Включая два случая смерти от лимфосаркомы, один из которых — от саркомы сетчатой клетки, а другой — от злокачественной лимфомы.

Таблица VIII. ЧИСЛО ПАЦИЕНТОВ МУЖСКОГО ПОЛА, ПОДВЕРГШИХСЯ К 31 ДЕКАБРЯ 1954 ГОДА ТЕРАПЕВТИЧЕСКОМУ ОБЛУЧЕНИЮ СПИННОГО МОЗГА, И ЧИСЛО ЧЕЛОВЕКО-ЛЕТ, В ТЕЧЕНИЕ КОТОРЫХ ОНИ ПОДВЕРГАЛИСЬ ОПАСНОСТИ ЗАБОЛЕВАНИЯ ВСЛЕДСТВИЕ ОБЛУЧЕНИЯ В РАЗЛИЧНЫХ ДОЗАХ В ТЕЧЕНИЕ ПОЛНОГО ВРЕМЕНИ НАБЛЮДЕНИЯ: ИССЛЕДУЕМАЯ СЕРИЯ

Средняя доза облучения спин- ного мозга, в рентгенах	Число пациен- тов мужского пола, облу- ченных к 31/12/54	Число человеко-лет, в течение которых пациенты подверга- лись опасности забо- левания вследствие облучения	Средняя доза облучения спин- ного мозга, в рентгенах	Число пациен- тов мужского пола, облучен- ных к 31/12/54	Число человеко-лет, в течение которых пациенты подверга- лись опасности забо- левания вследствие облучения
250—499	1 708	10 339	2 000—2 249	172	939
500—749	1 912	10 126	2 250—2 499	118	509
750—999	2 268	11 654	2 500—2 749	44	283
1 000—1 249	2 124	10 632	2 750 или более ^a	45	151
1 250—1 499	938	5 098			
1 500—1 749	500	2 437	Всего	11 287	61 902

^a Средняя доза — 3043 р.

Таблица IX. ЧИСЛО ПАЦИЕНТОВ, У КОТОРЫХ ВОЗНИК ЛЕЙКОЗ, ГРУБЫЕ И НОРМИРОВАННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ПОСЛЕ ОБЛУЧЕНИЯ СПИННОГО МОЗГА В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДНИХ ДОЗАХ: СЛУЧАИ «А» И «В» ЗАБОЛЕВАНИЙ МУЖЧИН, ЗА ИСКЛЮЧЕНИЕМ СОВПАДАЮЩИХ [13]

	Средняя доза облучения спинного мозга (в р)												Итого	
	oa	Менее 250	250— 499	500— 749	750— 999	1000— 1249	1250— 1499	1500— 1749	1750— 1999	2000— 2249	2250— 2499	2500— 2749		2750 или более
Число мужчин с признака- ми лейкоза														
случаи «А»	—	1	2	6	3	7	2	3	1	2	3	1	1	32
случаи «А» и «В»	—	1	3	6	4	8	3	3	1	2	4	1	1	37
Грубый показатель заболе- ваемости на 10 000 муж- чин в год														
случаи «А» и «В»	0,49	2,16		4,59		6,99			12,18			63,65		5,98
Нормированный показатель заболеваемости на 10 000 мужчин в год														
случаи «А» и «В»	0,49	1,98		4,66		7,21			14,44			72,16		5,98

^a Заболеваемость, приходящаяся на «нулевую» тера-
певтическую дозу, представляет соответствующую забо-
леваемость среди мужчин с одним и тем же возрастным

распределением и за один и тот же период наблюдения,
рассчитанную по смертности от лейкоза среди всего муж-
ского населения Великобритании.

**Таблица X. ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ ЛЕЙКОЗОМ ПОСЛЕ ОБЛУЧЕНИЯ СПИННОГО МОЗГА
В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДНИХ ДОЗАХ: СЛУЧАИ «А» И «В» ЗАБОЛЕВАНИЙ СРЕДИ МУЖЧИН,
ПОДВЕРГШИХСЯ ЛИШЬ ОБЛУЧЕНИЮ ПОЗВОНОЧНИКА,
ЗА ИСКЛЮЧЕНИЕМ СОВПАДАЮЩИХ СЛУЧАЕВ [13]**

	Средняя доза облучения спинного мозга (в р)									Итого	
	0	Менее 250	250— 499	500— 749	750— 999	1000— 1249	1250— 1499	1500— 1749	1750— 1999		2000 или более ^a
Число человеко-лет, в течение которых пациент подвергался опасности заболевания вследствие облучения . . .	—	5 404	7 673	6 573	8 262	7 411	2 782	897	566	679	40 247
Число мужчин с признаками лейкоза											
случаи «А»	—	0	2	4	3	4	0	2	1	1	17
случаи «А» и «В»	—	0	2	4	3	5	0	2	1	1	18
Грубый показатель заболеваемости на 10 000 мужчин в год											
случаи «А» и «В»	0,49	1,53		4,72	6,75 ^b			8,12 ^c			4,47
Нормированный показатель заболеваемости на 10 000 мужчин в год											
случаи «А» и «В»	0,49	1,44		4,83	6,82 ^b			8,70 ^c			4,47

^a Средняя доза облучения составляет 2290 р.

^b Для группы, облученной в дозе 1000—1499 р, грубый показатель заболеваемости равен 4,91; нормированный — 5,06.

Для группы, облученной в дозе 1000—1749 р, грубый показатель заболеваемости равен 6,31; нормированный — 6,82.

^c Для группы, облученной в дозе 1500 р или более, грубый показатель заболеваемости равен 18,68; нормированный — 19,86.

Для группы, облученной в дозе 1750 р, грубый показатель заболеваемости равен 16,07; нормированный — 16,82.

**Таблица XI. НАБЛЮДАЕМОЕ И ОЖИДАЕМОЕ ЧИСЛО СЛУЧАЕВ ЗАБОЛЕВАНИЯ
ЛЕЙКОЗОМ СРЕДИ ДЕТЕЙ, ПРОШЕДШИХ КУРС ТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО
ОБЛУЧЕНИЯ ПО ПОВОДУ «УВЕЛИЧЕННОЙ ЗОБНОЙ ЖЕЛЕЗЫ»
(с поправками на данные Пайфера и др. [27])**

Группа	Серия I		Серия II	
	Облученные	Братья и сестры	Облученные	Братья и сестры
Число лиц	1 451	2 073	1 358	2 256
Средний возраст в момент обследования (лет)	18,5	—	8,1	—
Число случаев заболевания лейкозом (общее)	6	0	0	1
Число ожидаемых случаев ^a (локальное) . . .	0,96	1,27	0,51	0,87
Отношение числа наблюдаемых случаев заболевания к ожидаемым	6,25	—	—	1,15
Средняя доза облучения для случаев заболевания (в р)	336 (150—684)	—	—	—
Средняя доза облучения для серии	329	—	126	—
Число случаев заболевания при облучении (в дозе < 200 р)	4	—	0	—
Число случаев заболевания при облучении (в дозе > 200 р)	2	—	0	—

^a Число случаев, ожидаемых на основе данных для северной части шт. Нью-Йорк, то есть для района лечения детей.

Таблица XII. ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ОПАСНОСТЬ ЗАБОЛЕВАНИЯ ЛЕЙКОЗОМ
В РЕТРОСПЕКТИВНОМ ИССЛЕДОВАНИИ ДЕТСКОЙ СМЕРТНОСТИ ОТ ЛЕЙКОЗА
ПОСЛЕ ВНУТРИМАТОЧНОГО ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ОБЛУЧЕНИЯ ПЛОДА

Источник	Возраст (в момент смерти) лиц, умерших от лейкоза, лет	Период подсчета смертности от лейкоза	Процентное отношение матерей, подвергшихся абдоминальному облучению во время беременности		Относительная опасность и ее 95 % доверительные пределы
			Больные лейкозом	Контрольные пациенты	
Стюарт [32]	< 10	1953—1955 гг.	96/780 (12,3%)	117/1,638 (7,1%)	1,8 (2,4—1,4)
Форд и др. [33]	< 10	1951—1955 гг.	20/70 (28,6%)	48/247 (19,4%)	1,7 (2,9—0,8)
Каплан [34]	?	1955—1956 гг.	37/150 (24,7%)	24/150 (16,0%)	1,7 (3,7—1,0)
Каплан [34]	?	1955—1956 гг.	34/125 (27,2%)	27/125 (21,6%)	1,4 (2,5—0,7)
Полхемус и Кох [35]	?	1950—1957 гг.	72/251 (28,7%)	58/251 (23,1%)	1,3 (2,0—0,9)
Кьелдсберг [36]	?	1946—1956 гг.	5/55 (9,1%)	8/55 (14,5%)	0,6 (2,0—0,2)
Мюррей и др. [21]	< 20	1940—1957 гг.	3/65 (4,6%)	3/65 (4,6%)	1,0 (12,0—0,6)
Мюррей и др. [21]	< 20	1940—1957 гг.	3/65 (4,6%)	7/93 (7,5%)	0,6 (2,4—0,1)
Мюррей и др. [21]	< 20	1940—1957 гг.	3/65 (4,6%)	2/82 (2,4%)	1,9 (40,0—1,1)

Таблица XIII. ОПУХОЛИ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ, ОБНАРУЖЕННЫЕ
ПРИ ВСКРЫТИИ ТРУПОВ, А ТАКЖЕ ПРИ ОБСЛЕДОВАНИИ
ХИРУРГИЧЕСКИХ ОБРАЗЦОВ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ У ЛИЦ,
ВЫЖИВШИХ ПОСЛЕ ВЗРЫВА АТОМНОЙ БОМБЫ В ЯПОНИИ,
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАССТОЯНИЯ ОТ ЭПИЦЕНТРА
(Хиросима, КИПАВ, 1948—1960 гг. [57])

	Расстояние от эпицентра (в м)			Необлученные
	<1400	1400—1999	2000—9999	
Число вскрытых трупов	124	188	397	544
Число и процентное отноше- ние случаев рака	7 (5,6%)	3 (1,6%)	12 (3,0%)	15 (2,7%)
Число и процентное отноше- ние случаев аденомы	9 (7,2%)	7 (3,7%)	18 (4,5%)	15 (2,7%)
Число хирургических образ- цов	35	35	—	—
Число и процентное отноше- ние случаев рака	15 (42,8%)	4 (11,4%)	—	—
Число и процентное отноше- ние аденомы	5 (11,1%)	10 (28,6%)	—	—

Таблица XIV. ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ОПАСНОСТЬ ВОЗНИКНОВЕНИЯ
РАКА ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ НА РАЗНЫХ УРОВНЯХ ОБЛУЧЕНИЯ
ПОСЛЕ ТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО ОБЛУЧЕНИЯ ОБЛАСТИ ШЕИ
ИЗ ВНЕШНИХ ИСТОЧНИКОВ
(рассчитано по данным Такахаши и др. [58])

Рассчитанный диапазон доз облучения (в рентгенах)	Отношение числа случаев рака щитовидной железы (в %)	Отношение количества контрольных пациентов (в %)	Относительная опасность и ее 95-процентные доверительные пределы
0	95,45 (609)	99,43 (4044)	—
500—2000	0,94 (6)	0,25 (10)	4,0 (1,2—13,2)
2000—4000	2,04 (13)	0,25 (10)	8,6 (4,3—15,4)
4000—6000	0,78 (5)	0,05 (2)	16,6 (3,1—89,0)
6000—8000	0,47 (3)	0,02 (1)	19,9 (2,0—200,0)
8000—10 000	0,16 (1)	—	—
> 10 000	0,16 (1)	—	—

Таблица XV. ВОЗРАСТ В МОМЕНТ ОБЛУЧЕНИЯ И ОПЕРАЦИИ, ЛАТЕНТНЫЙ ПЕРИОД И ДОЗА ОБЛУЧЕНИЯ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ В 7 СЛУЧАЯХ ВОЗНИКНОВЕНИЯ РАКА ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ ПОСЛЕ РАДИОТЕРАПИИ ПО ПОВОДУ ТУБЕРКУЛЕЗНОГО ЛИМФАДЕНИТА [59]

Случаи	Возраст в момент облучения (лет)	Возраст в момент операции по поводу рака (лет)	Период (лет)	Приблизительная доза облучения щитовидной железы (в рентгенах)
1	4	17	13	1500 (правая половина) 1000 (соединительные части)
2	9	27	18	700 (обе половинны)
3	15	26	11	500—700 (правая половина)
4	18	45	27 ^a	500+ (свыше 8 лет)
5	18	42	24	650 (правая половина)
6	23	40	17	1000 (каждая половина)
7	34	44	10	700 (правая половина)
Среднее значение	17,3	34,4	17,1	

^a С момента первого курса радиотерапии.

Таблица XVI. РАК ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ ПОСЛЕ ТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО ОБЛУЧЕНИЯ

Автор	Возраст в момент облучения	Количество человеко-лет, в течение которых пациент подвергается опасности заболевания	Средняя доза облучения (в рентгенах)	Количество случаев заболевания	Количество случаев × 10 ⁻⁶ /лет	Оценка опасности (количество случаев × 10 ⁻⁶ /лет [р])
Конти [22]	Дети	21 896	168	0	0	0,0 (0,0—1,1) ^a
Де-Лотер [74]	Взрослые	5 000	2100	0	0	0,0 (0,0—0,03)
Хэнфорд [59]	Дети, взрослые	5 711	900 ^b	8	1400	1,6 (0,7—3,1)
Латурет [23]	Дети	15 130	214	1	66	0,3 (0,01—1,7)
Пайфер [27], серия I	Дети	26 843	329	8	298	0,9 (0,4—1,8)
Пайфер [27], серия II	Дети	11 000	126	1	91	0,7 (0,01—4,0)
Сэнджер [24]	Дети	24 871	330	11	442	1,3 (0,9—2,3)
Симпсон [60] ^c	Дети	18 829	520 ^d	10	531	1,0 (0,5—1,9)

^a В скобках приведены примерные 95-процентные доверительные пределы.

^b Средняя доза облучения для самой большой группы (65%).

^c Частично перекрывает данные Пайфера для серии I.

^d Средняя доза облучения в случаях появления рака.

Таблица XVII. ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ОПАСНОСТЬ ВОЗНИКНОВЕНИЯ РАКА ШЕИ (ЗА ИСКЛЮЧЕНИЕМ ШИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ) НА РАЗНЫХ УРОВНЯХ ОБЛУЧЕНИЯ ПОСЛЕ ТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО ОБЛУЧЕНИЯ ОБЛАСТИ ШЕИ (ИЗ ВНЕШНИХ ИСТОЧНИКОВ)

(рассчитано по данным Такахаши и др. [58])

Рассчитанный диапазон доз облучения (в рентгенах)	Отношение числа случаев заболевания раком (в %)	Отношение количества контрольных пациентов (в %)	Относительная опасность и ее 95-процентные доверительные пределы
0	98,79 (895)	99,43 (4044)	—
500—2000	0,33 (3)	0,25 (10)	1,5 (0,4—16,0)
2000—4000	0,66 (6)	0,25 (10)	2,7 (0,9—7,0)
4000—6000	0,11 (1)	0,05 (2)	2,2 (0,2—24,0)
6000—8000	0,11 (1)	0,02 (1)	4,5 (0,3—74,0)

Таблица XVIII. ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ОПАСНОСТЬ ВОЗНИКНОВЕНИЯ РАКА КОЖИ НА РАЗНЫХ УРОВНЯХ ОБЛУЧЕНИЯ ПОСЛЕ ТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО ОБЛУЧЕНИЯ (ИЗ ВНЕШНИХ ИСТОЧНИКОВ)

(рассчитано по данным Такахаши и др. [58])

Рассчитанный диапазон доз облучения (в рентгенах)	Отношение числа случаев заболевания раком (в %)	Отношение количества контрольных пациентов (в %)	Относительная опасность и ее 95-процентные доверительные пределы
0	95,45 (294)	99,43 (4 044)	—
500—2000	0,97 (3)	0,25 (10)	4,1 (1,2—9,6)
2000—4000	0,97 (3)	0,25 (10)	4,1 (1,2—9,6)
4000—6000	0,65 (2)	0,05 (2)	13,7 (1,8—100,0)
6000—8000	0,65 (2)	0,02 (1)	27,4 (2,5—300,0)
8000—10 000	0,97 (3)	—	—
>10 000	0,32 (1)	—	—

Таблица XIX. ОТДАЛЕННЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ОТЛОЖЕНИЯ РАДИЯ В ОРГАНИЗМЕ ЧЕЛОВЕКА (КОРРЕЛЯЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ КЛИНИЧЕСКИХ И РАДИОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ С ФАКТИЧЕСКИМ СОДЕРЖАНИЕМ Ra²²⁶ В ОРГАНИЗМЕ)

(данные Хастерлика и др. [82])

Содержание радия в организме (в мкюри)	Число пациентов, подвергнутых радиографическому исследованию	Радиографические изменения скелета за счет отложения радия					
		Изменений нет	Минимальные	Незначительные	Умеренные	Повышенные	Злокачественные
<0,001	17	14	3	0	0	0	
0,001—0,01	28	28	0	0	0	0	
0,01—0,1	90	80	8	1	1	0	
0,1—1,0	61	25	13	9	9 ^a	5 ^b	3
>1,0	40	1	2	5	4	28 ^c	14
Всего	236	148	26	15	14	33	17

^a MsTh обнаружен в двух случаях.

^b Резкие изменения зубов наблюдаются лишь в одном случае.

^c На основе снимков, полученных в двух случаях другими исследователями.

Таблица XX. СРАВНЕНИЕ ДАННЫХ ДЛЯ РАЙОНОВ СВ. ЛАВРЕНТИЯ, ЯКИМОВА И ШНЕЕБЕРГА, КОЛОРАДСКОГО ПЛАТО И ЮЖНОЙ АФРИКИ [105]

	Шахты по добыче плазикового шпата		Урановые шахты			
	Район Св. Лаврентия		Район Якимова и Шнееберга		Колорадское плато	Южная Африка
	Неисполь- зуемые площади	Исполь- зуемые площади	Заброшенная шахта	Действующая шахта	Действующие шахты	Действующие шахты
Содержание радона, в пкюри/л						
Среднее				2 900		
Диапазон	270—25 000 ^a	5—1 510	?—59 000	?—18 000	70—59 000	25—500
Содержание дочерних продуктов распада радона (кратное $1,3 \times 10^5$ Мэв/л/рабочая неделя)						
Среднее	53	2,5—10 ^b				
Диапазон	4,2—193	0—12				
Гамма-облучение (мр/час)	0,03—0,50					
Частота случаев заболевания раком легких в процентах от смертности среди шахтеров	33 (1933—1961 гг.) 45 (1952—1961 гг.)		43 (1875—1939 гг.) ^c 52 (1921—1939 гг.) ^c		11,4 ^d	3,5 ^e
Длительность облучения под землей, лет						
В среднем и интервал	12,5 (5,5—21,3)		17 (13—23) ^f		7, 8, 9, 10, 12	17,3 (3—30) ^h
Период индукции, лет						
В среднем и интервал	19,1 (11,5—25,0)		25 (15—43) ^f			
Возраст в момент смерти, лет						
В среднем и интервал	46,8 (33,56)		50 (40—67) ^f 55 (37—69) ^g			58,2 (45—73)

^a Подсчитано на основе максимальной концентрации обнаруженных дочерних продуктов распада радона.

^b Рассчитано приближенно.

^c По Лоренцу (1944 г.) [122].

^d Шахтеры с трехлетним и большим стажем работы в подземных условиях — 5 случаев — Арчер и др. (1962 г.) [123].

^e На основе серии вскрытий трупов — 23 случая из 650 вскрытий — Оостунзен и др. (1958 г.) [102].

^f Девять случаев — Пирчан и Сикл (1932 г.) [94].

^g Тринадцать случаев — Ростоски и др., 1926 г. [93], цитировано по Лоренцу (1944 г.) [122].

^h На основе 14 из 23 случаев, приведенных Оостунзенем и др. (1958 г.) [102].

Таблица XXI. ЧАСТОТА СЛУЧАЕВ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ, ЗА ИСКЛЮЧЕНИЕМ ЛЕЙКОЗА, ЗАРЕГИСТРИРОВАННЫХ В ХИРОСИМЕ И НАГАСАКИ ЗА ПЕРИОД С 1957 ПО 1959 ГОД (СВОДНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ БЕЗ ДЕЛЕНИЯ ПО ПОЛУ И ВОЗРАСТУ) [57]

	Расстояние от эпицентра (в м)			Среди необлучен- ных	Всего
	500—1499	1500—2499	2500—9999		
Хиросима (32 месяца)					
Число случаев	79	183	151	120	533
Грубая частота на 10^5 жителей	978,1	829,2	773,4	625,1	774,0
Частота, приведенная к возрасту и полу	953,3	819,7	758,6	650,1	774,0
Нагасаки (30 месяцев)					
Число случаев	19	47	29	36	131
Грубая частота на 10^5 жителей	635,9	608,1	475,5	697,1	596,0
Частота, приведенная к возрасту и полу	846,4	667,1	600	915,2	735,4

ЛИТЕРАТУРА

1. Научный комитет Организации Объединенных Наций по действию атомной радиации, доклад Научного комитета Организации Объединенных Наций по действию атомной радиации. Документ Генеральной Ассамблеи, Дополнение № 16 (A/5216), 1962 г.
2. International Commission on Radiological Units and Measurements, Radiation quantities and units. Report 10a. National Bureau of Standards Handbook 84, Washington, D. C., 1962.
3. York, E. N., In communication from M. Morgan, AFSWC, to G. S. Hurst, ORNL, ORNL-CF-57-11-44 (1957). Graphs reprinted in paper by R. H. Ritchie and G. S. Hurst, «Penetration of weapons radiation: Application to the Hiroshima-Nagasaki studies». Health Physics 1: 390-404 (1959).
4. Arakawa, E. T., Residual radiation in Hiroshima and Nagasaki. Atomic Bomb Casualty Commission Technical Report 02-62 (1962).
5. Borg, D. C., R. A. Conard, Activation analysis of Hiroshima soil samples with estimations of residual activity following atom bomb detonation in August 1945. Report BNL-7976 (1961).
6. Watanabe, S., Leukaemias in Hiroshima during the years from 1946 to 1962. Personal communication.
7. Brill, A. B., M. Tomanaga, R. M. Heysel, Leukemia in man following exposure to ionizing radiation. A summary of the findings in Hiroshima and Nagasaki, and a comparison with other human experience. Annals Internal Med. 56: 590-609 (1962).
8. Ritchie, R. H., G. S. Hurst, Penetration of weapons radiation: Application to the Hiroshima-Nagasaki studies. Health Physics 1: 390-404 (1959).
9. Lewis, E. B., Leukemia, multiple myeloma, and aplastic anemia in American radiologists. Science 142: 1492-1494 (1963).
10. Lewis, E. B., Leukemia and ionizing radiation. Science 125: 965-975 (1957).
11. Braestrup, C. B., Past and present radiation exposure to radiologists from the point of view of life expectancy. Amer. J. Roentgenol. 78: 988-992 (1957).
12. Court Brown, W. M., Nuclear and allied radiation and the incidence of leukaemia in man. Brit. Med. Bull. 14: 168-173 (1958).
13. Court Brown, W. M., R. Doll, Leukaemia and aplastic anaemia in patients irradiated for ankylosing spondylitis. Med. Res. Council Spec. Report 295, HMSO, London, 1957; v.e. United Nations document A/AC.82/G/R.105.
14. O'Connell, D., Heredity in ankylosing spondylitis. Annals Internal Med. 50: 1115-1121 (1959).
15. Abbott, J. D., A. J. Lea, Leukaemogens. Lancet ii: 880-883 (1958).
16. Wald, N., G. E. Thoma Jr., G. Brown Jr., Hematologic manifestations of radiation exposure in man. Progress in Hematology 3: 1-52 (1962).
17. Bean, R. H. D., Phenylbutazone and leukaemia. Brit. Med. J. ii: 1552-1555 (1960).
18. Simpson, C. L., L. H. Hempelmann, L. M. Fuller, Neoplasia in children treated with X-rays in infancy for thymic enlargement. Radiology 64: 840-845 (1955).
19. Hempelmann, L. H., Epidemiological studies of leukemia in persons exposed to ionizing radiation. Cancer Res. 20: 18-27 (1960).
20. Murray, R. W., L. H. Hempelmann, A review of the tumor incidence in children irradiated for benign conditions, pp. 282-293 in Radioactivity in Man. G. R. Meneely, ed., Charles C. Thomas, Springfield, Ill., 1961.
21. Murray, R., P. Heckel, L. H. Hempelmann, Leukemia in children exposed to ionizing radiation. New Eng. J. Med. 261: 585-589 (1959).
22. Conti, E. A., G. D. Patton, J. E. Conti, et al., Present health of children given X-ray treatment to the anterior mediastinum in infancy. Radiology 74: 386-391 (1960).
23. Latourette, H. B., F. J. Hodges, Incidence of neoplasia after irradiation of thymic region. Amer. J. Roentgenol. 82: 667-677 (1959).
24. Saenger, E. L., F. N. Silverman, T. D. Sterling, et al., Neoplasia following therapeutic irradiation for benign conditions in childhood. Radiology 74: 889-904 (1960).
25. Snegireff, L. S., The elusiveness of neoplasia following roentgen therapy in childhood. Radiology 72: 508-517 (1959).
26. Moloney, W. C., Discussion of paper by C. L. Simpson, pp. 344-345 in Radiation Biology and Cancer. University of Texas Press, Austin, Texas, 1959.
27. Pifer, J. W., E. T. Toyooka, R. W. Murray, et al., Neoplasms in children treated with X-rays for thymic enlargement. I. Neoplasms and mortality. J. Nat'l. Cancer Inst. 31: 1333-1356 (1963); v.e. United Nations document A/AC.82/G/L.891.
28. Toyooka, E. T., J. W. Pifer, S. L. Crump, et al., Neoplasms in children treated with X-rays for thymic enlargement. II. Tumor incidence as a function of radiation factors. J. Nat'l. Cancer Inst. 31: 1357-1377 (1963); v.e. United Nations document A/AC.82/G/L.891/Add.1.
29. Toyooka, E. T., J. W. Pifer, L. H. Hempelmann, Neoplasms in children treated with X-rays for thymic enlargement. III. Clinical description of cases. J. Nat'l. Cancer Inst. 31: 1379-1405 (1963); v. e. United Nations document A/AC.82/G/L.891/Add.2.
30. Stewart, A., J. Webb, D. Giles, et al., Malignant disease in childhood and diagnostic irradiation *in utero*. Lancet ii: 447-only (1956).
31. Stewart, A., J. Webb, D. Hewitt, A survey of childhood malignancies. Brit. Med. J. i: 1495-1508 (1958).
32. Stewart, A. M., Aetiology of childhood malignancies. Congenitally determined leukaemias. Brit. Med. J. i: 452-460 (1961).
33. Ford, D. D., J. C. S. Paterson, W. L. Trueting, Fetal exposure to diagnostic X-rays and leukemia and other

- malignant diseases in childhood. *J. Nat'l. Cancer Inst.* 22: 1093-1104 (1959).
34. Kaplan, H. S., An evaluation of the somatic and genetic hazards of the medical uses of radiation. *Amer. J. Roentgenol.* 80: 696-706 (1958).
 35. Polhemus, D. W., R. Koch, Leukemia and medical radiation. *Pediatrics* 23: 453-461 (1959).
 36. Kjeldsberg, H. Radioaktiv bestraling og leukemifrekvens hos barn. *T. norske Laegenforen.* 77: 1052-1053 (1957).
 37. Lewis, T. L. T., Leukaemia in childhood after antenatal exposure to X-rays. *Brit. Med. J.* ii: 1551-1552 (1960).
 38. Court Brown, W. M., R. Doll, A. B. Hill, Incidence of leukaemia after exposure to diagnostic radiation *in utero*. *Brit. Med. J.* ii: 1539-1545 (1960).
 39. MacMahon, B., Prenatal X-ray exposure and childhood cancer. *J. Nat'l. Cancer Inst.* 28: 1173-1191 (1962).
 40. MacMahon, B., Paper read at Am. Pub. Health Assoc. 1958.
 41. Wise, M. E., Irradiation and leukaemia. *Brit. Med. J.* ii: 48-49 (1961).
 42. Stewart, A., D. Hewitt, Oxford survey of childhood cancers. *Monthly Bull. of Ministry of Health* 22: 182-192 (1963).
 43. MacMahon, B., Statement in Hearings on Fallout, Radiation Standards, and Countermeasures, part II, pp. 594-601. Congress of the United States, 88th Congress, 1st session, August 20, 21, 22, and 27, 1963; *v.e.* United Nations document A/AC.82/G/L.888.
 44. Simon, N., M. Brucer, R. Hayes, Radiation and leukemia in carcinoma of the cervix. *Radiology* 74: 905-911 (1960).
 45. Faber, M., Цитировано в докладе Уолда и др. [16].
 46. Faber, M., Radiation-induced leukemia in Denmark, pp. 397-404 in *Advances in Radiobiology*. G. C. de Hevesy, A. G. Forssberg and J. D. Abbott, eds., Charles C. Thomas, Springfield, Ill., 1957.
 47. Neumann, G., Roentgen diagnosis and incidence of leukemia. *Deut. Med. Wochschr.* 87: 90-94 (1962).
 48. Stewart, A., W. Pennybacker, R. Barber, Adult leukaemias and diagnostic X-rays. *Brit. Med. J.* ii: 882-890 (1962).
 49. Gunz, F. W., H. R. Atkinson, Medical radiations and leukaemia: A retrospective survey. *Brit. Med. J.* i: 389-393 (1964).
 50. Pochin, E. E., Leukaemia following radioiodine treatment of thyrotoxicosis. *Brit. Med. J.* ii: 1545-1550 (1960).
 51. Werner, S. C., A. M. Gittelsohn, A. B. Brill, Leukemia following radioiodine therapy of hyperthyroidism. *J. Am. Med. Assoc.* 177: 646-648 (1961).
 52. Dameshek, W., F. Gunz, Leukemia. Chapter 12. Grune and Stratton, Inc., N. Y., 1958.
 53. Yamazaki, K., S. Kurita, A. Hoshino, Statistical observations on polycythemia vera in Japan, p. 80 in *Abstracts of VIII Int'l. Congr. Hemat., Tokyo, 1960*.
 54. Craig, L., H. Seidman, Leukemia and lymphoma mortality in relation to cosmic radiation. *Blood* 17: 319-327 (1961).
 55. Court Brown, W. M., R. Doll, Geographical variations in leukaemia mortality in relation to background radiation. *Proc. Roy. Soc. Med.* 53: 762-763 (1960).
 56. Socolow, E. L., A. Hashizume, S. Nerushi, *et al.*, Thyroid carcinoma in man after exposure to ionizing radiation: A summary of the findings in Hiroshima and Nagasaki. *New England J. Med.* 268: 406-410 (1963).
 57. Zeldis, L. J., S. Jablon, M. Ishida, Current status of ABCC-NIH studies of carcinogenesis in Hiroshima and Nagasaki, pp. 225-240 in *Physical Factors and Modification of Radiation Injury*. H. E. Whipple and L. D. Hamilton, eds., *Annals of N. Y. Acad. Sci.*, Vol. 114 (1964).
 58. Takahashi, S., T. Kitabataki, M. Wakabayashi, *et al.*, A statistical study on human cancer induced by medical exposures. To be published in *Nippon Acta Radiologica*.
 59. Hanford, J. M., E. H. Quimby, V. K. Frantz, Cancer arising many years after radiation therapy, incidence after irradiation of benign lesions in the neck. *J. Am. Med. Assoc.* 181: 404-410 (1962).
 60. Simpson, C. L., L. H. Hempelmann, The association of tumors and roentgen-ray treatment of thorax in infancy. *Cancer* 10: 42-56 (1957).
 61. Newman, C. G. H., Long-term follow-up of 32 patients irradiated for thymic enlargement in infancy. *Brit. Med. J.* i: 34-36 (1960).
 62. Garland, L. H., Cancer of the thyroid and previous irradiation. *Surg. Gynec. Obstet.* 112: 564-566 (1961).
 63. Clark, D. E., Association of irradiation with cancer of the thyroid in children and adolescents. *J. Am. Med. Assoc.* 159: 1007-1009 (1955).
 64. Clark, D. E., The association of irradiation with cancer of the thyroid in children and adolescents. *Proc. Int. Conf. Peaceful Uses of Atomic Energy* 11: 146-148 (1956).
 65. Duffy, B. J. Jr., P. J. Fitzgerald, Thyroid cancer in childhood and adolescence: A report on 28 cases. *Cancer* 3: 1018-1032 (1950).
 66. Raventos, A., R. C. Horn Jr., I. S. Ravdin, Carcinoma of the thyroid in youth: A second look ten years later. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 22: 886-891 (1962).
 67. Wilson, E. H., S. P. Asper Jr., The role of X-ray therapy to the neck region in the production of thyroid cancer in young people: A report of 37 cases. *Arch. Int. Med. (Chic.)* 105: 244-251 (1960).
 68. Wilson, G. M., R. Kilpatrick, H. Ecker, *et al.*, Thyroid neoplasms following irradiation. *Brit. Med. J.* ii: 929-934 (1958).
 69. Winship, T., R. V. Rosvoll, Childhood thyroid carcinoma. *Cancer* 14: 734-743 (1961).
 70. Winship, T., R. V. Rosvoll, A study of thyroid cancer in children. *Am. J. Surg.* 102: 747-752 (1961).
 71. Goolden, A. W. G., Carcinoma of the thyroid following irradiation. *Brit. Med. J.* ii: 954-955 (1958).
 72. Uhlmann, E. M., Cancer of the thyroid and irradiation. *J. Am. Med. Assoc.* 161: 504-507 (1956).
 73. Raventos, A., D. O. Duszynski, Thyroid carcinoma following irradiation for medulloblastoma. *Amer. J. Roentgenol.* 89: 175-181 (1963).
 74. DeLawter, D. S., T. Winship, A follow-up study of adults treated with roentgen rays for thyroid disease. *Cancer* 16: 1028-1031 (1963).
 75. Sheline, G. E., S. Lindsay, K. R. McCormack, *et al.*, Thyroid nodules occurring late after treatment of thyrotoxicosis with radioiodine. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 22: 8-18 (1962).
 76. Goolden, A. W. G., Radiation cancer—A review with special reference to radiation tumours in the pharynx, larynx and thyroid. *Brit. J. Radiol.* 30: 626-640 (1957).

77. Saunders, T. S., H. Montgomery, Chronic roentgen and radium dermatitis. *J. Am. Med. Assoc.* 100: 23-28 (1938).
78. Teloh, H. A., M. L. Mason, M. C. Wheelock, A histopathologic study of radiation injuries of the skin. *Surg. Gynec. and Obst.* 90: 335-348 (1950).
79. Glucksmann, A., L. F. Lamerton, W. V. Mayneord, Carcinogenic effects of radiation, pp. 497-539 in *Cancer*, vol. 1. R. W. Raven ed., Butterworth and Co., Ltd., London, 1957.
80. Bloch, C., Postradiation osteogenic sarcoma. Report of a case and review of literature. *Am. J. Roentgenol.* 87: 1157-1162 (1962).
81. Jones, A., Irradiation sarcoma. *Brit. J. Radiol.* 26: 273-284 (1953).
82. Hasterlik, R. J., A. J. Finkel, C. E. Miller, The late effects of radium deposition in man, pp. 943-946 in *Radiation Standards, Including Fallout*, part II. Congress of the United States, 87th Congress, 2nd session. Also statement by R. J. Hasterlik in part I, pp. 325-333; *v.e.* United Nations document A/AC.82/G/L. 813.
83. Hasterlik, R. J., A. J. Finkel, C. E. Miller, The cancer hazards of industrial and accidental exposure to radioactive isotopes, pp. 832-837 in *Unusual Forms and Aspects of Cancer in Man*. H. E. Whipple and N. H. Moss, eds., *Annals N. Y. Acad. Sci.*, vol. 114 (1964).
84. Lucas, H., R. E. Rowland, C. E. Miller, *et al.*, An unusual case of radium toxicity. *Amer. J. Roentgenol.* 90: 1042-1051 (1963).
85. Evans, R. D., Radium and mesothorium poisoning. Annual Progress Report, USAEC NYO-9505 (1963).
86. Evans, R. D. Личное сообщение через А. Бруес.
87. Henle, C., L. Barrer, H. Fisher, *et al.*, Some results of chronic internal irradiation in humans. *Laval Medical* 34: 184-188 (1963).
88. Dahlgren, S., Tumours following administration of thorotrast. Special publication from the Department of Pathology, Karolinska Institute, Stockholm, December 1962.
89. Blomberg, R., L. E. Larsson, B. Lindell, *et al.*, Late effects of thorotrast in cerebral angiography. *Acta Radiologica* 1: 996-1006 (1963).
90. Lindell, B., Statement made during discussions of radiation and cancer at the XIIIth Session of the UNSCEAR, Geneva, 1964.
91. Looney, W. B., Tumor induction in man following radium and thorium (thorotrast) administration. Для настоящего документа подготовлен краткий обзор.
92. Stewart, C. G., S. D. Simpson, The hazards of inhaling radon-222 and its short-lived daughters: consideration of proposed maximum permissible concentrations in air, pp. 333-355 in *Radiological Health and Safety in Mining and Milling of Nuclear Materials*, vol. I. I.A.E.A., Vienna, 1964.
93. Rostoski, O., E. Saube, G. Schmorl, Die Bergkrankheit der Erzbergleute in Schneeberg in Sachsen («Schneeberger Lungenkrebs»). *Ztschr. Krebsforsch.* 23: 360-384 (1926).
94. Pirchan, A., H. Sikl, Cancer of the lung in miners of Jachymov (Joachimsthal): report of cases observed in 1929-1930. *Amer. J. Cancer* 16: 681-722 (1932).
95. Bale, W. F., Hazards associated with radon and thoron. Неопубликованный меморандум, 14 марта 1951 г.
96. Chamberlain, A. C., E. D. Dyson, The dose to the trachea and bronchi from the decay products of radon and thoron. *Brit. J. Radiol.* 29: 317-325 (1956).
97. Evans, R. D., C. Goodman, Determination of the thoron content of air and its bearing on lung cancer hazards in industry. *J. Ind. Hyg. and Toxicol.* 23: 89-99 (1940).
98. Mitchell, J. S. Memorandum on some aspects of the biological action of radiations, with special reference to tolerance problems. Montreal Laboratory report HI-17 (1945).
99. Sikl, H., The present status of knowledge about Jachymov disease (cancer of the lungs in the miners of the radium mines). *Unio Internat. Contra Cancrum* 6: 1366-1375 (1950).
100. Jacoe, P. W., The occurrence of radon in non-uranium mines in Colorado. *Arch. Ind. Hyg. and Occ. Med.* 8: 118-124 (1953).
101. Harris, S. J., Radon levels found in mines in New York State. *Arch. Ind. Hyg. and Occ. Med.* 10: 54-60 (1954).
102. Oosthuizen, S. F., W. G. Pyne-Mercier, T. Fichardt, *et al.*, Experience in radiological protection in South Africa. *Proc. 2nd Int. Conf. Peaceful Uses of Atomic Energy* 21: 25-32 (1958).
103. Yourt, G. R. Личное сообщение, переданное Стюарт и Симпсону, см. 92.
104. Evans, R. D., Quantitative aspects of radiation carcinogenesis in humans. *Unio Internat. Contra Cancrum* 6: 1229-1237 (1950).
105. de Villiers, A. J., J. P. Windish, Lung cancer in a fluor spar mining community. I. Radiation, dust and mortality experience. *Brit. J. Ind. Med.* 21: 94-108 (1964).
106. Harada, T., M. Ishida, Neoplasms among A-bomb survivors in Hiroshima: First report of the research committee on tumor statistics, Hiroshima City Medical Assoc., Hiroshima, Japan. *J. Nat'l. Cancer Inst.* 25: 1253-1264 (1960).
107. Beebe, G. W., M. Ishida, S. Jablon, Studies of the mortality of A-bomb survivors. I. Plan of study and mortality in the medical subsample (selection 1), 1950-1958. *Rad. Res.* 16: 253-280 (1962).
108. MacMahon, B., G. B. Hutchison, Prenatal X-ray and childhood cancer: a review. Paper read at the VIIIth Int'l. Cancer Congr., Moscow, 1962. To be published in *Acta Unio Internat. Contra Cancrum*. Abstract and table in Hearings of Joint U.S. Congressional Committee on Atomic Energy, part 2, 1963.
109. Wells, J., C. M. Steer, Relationship of leukemia in children to abdominal irradiation. *Am. J. Obs. Gyn.* 81: 1059-1063 (1961).
110. Ager, E. A., L. M. Schuman, H. M. Wallace, *et al.*, An epidemiologic study of childhood leukemia. *Minnesota Med. Bull.* 33: 253-275 (1962).
111. Gianferrari, L., A. Serra, G. Morganti, *et al.*, Mortality from cancer in an area of high background radiation. *Bull. World Health Organ.* 26: 696-697 (1962).
112. Schwartz, E. E., A. C. Upton, Factors influencing the incidence of leukemia: Special consideration of the role of ionizing radiation. *Blood* 13: 845-864 (1958).
113. Court Brown, W. M., R. Doll, Expectation of life and mortality from cancer among British radiologists. *Brit. Med. J.* ii: 181-187 (1958).
114. March, H. C., Leukemia in radiologists. *Radiology* 43: 275-278 (1944).
115. March, H. C., Leukemia in radiologists in a 20 year period. *Amer. J. Med. Sci.* 220: 282-286 (1950).
116. Henshaw, P. S., J. W. Hawkins, Incidence of leukemia in physicians. *J. Nat'l. Cancer Inst.* 4: 339-346 (1944).
117. Dublin, L., M. Spiegelman, Mortality of medical specialists 1938-1942. *J. Amer. Med. Assoc.* 137: 1519-1524 (1948).

118. Peller, S., P. Pick, Leukemia in American physicians. *Acta Unio Internat. Contra Cancrum* 11: 292-294 (1955).
119. Ulrich, H., The incidence of leukemia in radiologists. *New England J. Med.* 334: 45-46 (1946).
120. Warren, S., Longevity and causes of death from irradiation in physicians. *J. Amer. Med. Assoc.* 162: 464-468 (1956).
121. Cronkite, E. P., W. Moloney, V. P. Bond, Radiation leukemogenesis: An analysis of the problem. *Amer. J. Med.* 28: 673-682 (1960).
122. Lorenz, E., Radioactivity and lung cancer: A critical review of lung cancer in the miners of Schneeberg and Joachimstal. *J. Nat'l. Cancer Inst.* 5: 1-15 (1944).
123. Archer, V. B., H. J. Magnuson, D. A. Holaday, *et al.*, Hazards to health in uranium mining and milling. *J. Occ. Med.* 4: 55-60 (1962).
124. Evans, R. D., J. E. Gary, S. D. Clark, Radium and mesothorium poisoning in human beings. Paper and exhibit presented at the American Medical Association meetings, Portland, Oregon, December 1963.
125. Wagoner, J. K., V. E. Archer, B. E. Carroll, *et al.*, Cancer mortality patterns among U. S. uranium miners and millers, 1950 through 1962. *J. Nat'l. Cancer Inst.* 32: 787-801 (1964).
126. Court Brown, W. M., R. Doll, Radiation and leukaemia. *Lancet* i: 162-163 (1958).
127. Barrer, A. L., H. W. Fisher, C. B. Henle, *et al.*, Epidemiological follow-up of New Jersey radium cases. 1. Report of a Medical Study Group (July 1963). 2. Résumé of findings from individual case studies. Progress report July 1963. USAEC report NYO-10604 (1964).
128. Maletskos, C. J., A. G. Braun, M. M. Shanahan, *et al.*, Quantitative evaluation of dose response relationships in human beings with skeletal burdens of Ra^{226} and Ra^{228} В печати.
129. Aub, J. C., R. D. Evans, L. H. Hempelmann, *et al.*, The main effects of internally deposited radioactive materials in man. *Medicine* 31: 221-329 (1952).
130. Martland, H. S., Occupational poisoning in manufacture of luminous watch dials. *J. Am. Med. Assoc.* 92: 466-only (1929).
131. Martland, H. S., The occurrence of malignancy in radioactive persons. *Am. J. Cancer* 15: 112-193 (1931).
132. Johansen (1954), Цитировано Дальгреном в [88].
133. Benstead, J. P. M., J. O. Crookall, A comparison between the late effects of thorotrast and a non-radioactive zirconium hydroxide sol in mice. *Brit. J. Cancer* 17 (1): 62-69 (1963).
134. Holaday, D. A., D. E. Rushing, R. D. Coleman, *et al.*, Control of radon and daughters in uranium mines and calculations on biological effects. U. S. Public Health Service Publ. 494 (1957).
135. Upton, A. C., Comparative aspects of carcinogenesis by ionizing radiation, pp. 221-239 in *Control of Cell Division and Cancer Induction*, National Cancer Institute Monograph, No. 14 (1964).
136. Doll, R., The age factor in the susceptibility of man and animals to radiation. *Brit. J. Radiol.* 35: 31-36 (1962).
137. Jablon, S., M. Ishida, G. W. Beebe, Studies of the mortality of A-bomb survivors. 2. Mortality in selections I and II, 1950-1959. *Rad. Res.* 21: 423-445 (1964).
138. Beach, S. A., G. W. Dolphin, A study of the relationship between X-ray dose delivered to the thyroids of children and the subsequent development of malignant tumours. *Physics in Med. and Biol.* 6: 583-598 (1962).

ПРИЛОЖЕНИЕ С

СПИСОК ДОКЛАДОВ, ПОЛУЧЕННЫХ КОМИТЕТОМ

1. В данном приложении содержится перечень докладов, полученных Комитетом от правительств и учреждений Организации Объединенных Наций.

2. Все включенные в этот перечень доклады, значительная часть которых предназначается для распространения в серии документов A/АС.82/G/L., были получены в период с 10 марта 1962 года по 3 июля 1964 года включительно.

3. Первые 750 докладов, полученные Комитетом, перечислены в приложении I к первому исчерпывающему докладу Комитета^а и в приложении J ко второму докладу^б.

^а *Официальные отчеты Генеральной Ассамблеи, тринадцатая сессия, Дополнение № 17 (A/3838).*

^б *Там же, 17 сессия, Дополнение № 16 (A/5216).*

Документ №	Страна и название документа	Документ №	Страна и название документа
A/AC.82/G/L.		A/AC.82/G/L.	
751	БРАЗИЛИЯ A survey on artificial radioactive contamination in Brazil (1958—1962).	767	МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ Survey of radioactivity in food consumed in Austria. Report on second sampling period, January—June 1961.
752	ШВЕЦИЯ The increase of gamma radiation from the ground during September 1st—November 30th 1961.	768	ШВЕЦИЯ The effect of radiostrontium on mouse testes.
753	Some observations of variations of the natural background radiation.	769	НОРВЕГИЯ Assay of strontium-90 in human bone in Norway 1956—1961.
754	Distribution and excretion of radiocesium in goats, pigs and hens.	770	ИТАЛИЯ Data on environmental radioactivity, collected in Italy (January—June 1961).
755	Report on observations made at Kiruna Geophysical Observatory during the series of nuclear weapon tests carried out at Novaja Zemlja between 10 Sept. and 4 Nov. 1961.	771	СОЕДИНЕННОЕ КОРОЛЕВСТВО Interim report on radioactivity in diet. ARCRL-7.
756	Determination of strontium-90 and stable strontium in bones from sheep, ewes and fetuses.	772	СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ Atmospheric radioactivity at Washington, D. C., 1950—1961. NRL-5764.
757	Cesium-137 deposition in Sweden 1958—1960 and the 1961 spring maximum in air.	773	Radiological Health Data, Volume III, Number 4, April 1962.
758	The radioactivity in air and precipitation during autumn 1961.	774	Radiological Health Data, Volume III, Number 3, March 1962.
759	Internal doses from mixed fission products.	775	Radioactive fallout from nuclear weapons tests, Nov. 15—17, 1961. Book 1.
760	A fallout model II. Some quantitative properties.	776	Radioactive fallout from nuclear weapons tests, Nov. 15—17, 1961. Book 2.
761	Behaviour of yttrium-91 and some lanthanons towards serum proteins in paper electrophoresis, density gradient electrophoresis and gel filtration.	777	Health implications of fallout from nuclear weapons testing through 1961.
762	СОЕДИНЕННОЕ КОРОЛЕВСТВО Radioactivity in milk. Interim report, Dec. 1961.	778	Radiological Health Data, Volume III, Number 5, May 1962.
763	ЯПОНИЯ Japanese dietary habits and the fallout problem.	779	СОЕДИНЕННОЕ КОРОЛЕВСТВО Assay of strontium-90 in human bone in the United Kingdom. Results for 1961, part I.
764	Environmental contamination with short-lived radio-nuclides in Japan in 1961.	780	ШВЕЦИЯ Doses to the gastrointestinal tract from ingestion of fission products in drinking water or food.
765	СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ Radiological Health Data, Volume III, Number 2, February 1962.	781	Internal doses from fission products in milk.
766	Health and Safety Laboratory fallout program quarterly summary report, April 1, 1962. HASL-122.	782	Simulation of an atmospheric transport problem.

Документ №	Страна и название документа	Документ №	Страна и название документа
A/AC.82/G/L.		A/AC.82/G/L.	
783	Studies in reversal autoradiography.	800	Radiological Health Data, Volume III, Number 8, August 1962.
784	Strontium-90 induced bone and bone-marrow changes.		ШВЕЙЦАРИЯ
785	Sr-90-induced osteosarcomas.	801	5. Bericht der Eidgenössischen Kommission zur Überwachung der Radioaktivität zuhanden des Bundesrates für das Jahr 1961.
786	Uptake and retention of strontium-90 in mouse tissues studied by whole animal autoradiography and impulse counting.	801/Corr.1	Corrigendum to above document.
787	II. Uptake and retention of strontium-90 in strontium-90-induced osteosarcomas.		ДАНИЯ
788	III. Dissemination of metastases from a strontium-90-induced transplanted osteosarcoma investigated by whole-body autoradiography.	802	Environmental radioactivity in Denmark 1961.
789	Effects of radiostrontium on the blood and haematopoietic tissues of mice.		СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ
790	Histogenesis of Sr ⁹⁰ -induced osteosarcomas.	803	Health and Safety Laboratory fallout program quarterly summary report, October 1, 1962. HASL-131.
	СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ	804	Radiological Health Data, Volume III, Number 9, September 1962.
791	Measurement of bone marrow and gonadal dose from X-ray examinations of the pelvis, hip and spine as a function of field size, tube kilovoltage and added filtration.	805	Radiation standards including fallout, Summary analysis of Hearings held on June 4, 5, 6, and 7, 1962, before the Subcommittee on Research, Development, and Radiation of the Joint Committee on Atomic Energy, Congress of the United States, September 1962.
792	Strontium-90 in man and his environment, Volume I: Summary.		СОЕДИНЕННОЕ КОРОЛЕВСТВО
793	Fallout program quarterly summary report, July 1, 1962. HASL-127.	806	Annual report, 1961—1962. ARCRL-8.
794	Survey of fallout operations, July 1, 1962. HASL-128.		СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ
	БЕЛЬГИЯ	807	Medical survey of Rongelap people seven years after exposure to fallout. BNL-727 T-260.
795	La retombée radioactive à Mol. Rapport d'avancement — 1er semestre 1961.		АРГЕНТИНА
796	Evolution du Sr ⁹⁰ dans les sols et les végétaux: analyse des résultats obtenus en 1959.	808	Contaminación por I-131 debida al fall-out.
	СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ		ИТАЛИЯ
797	Radiological Health Data, Volume III, Number 6, June 1962.	809	Data on environmental radioactivity collected in Italy (July—December 1961). B10/06/62.
	ИЗРАИЛЬ		НОРВЕГИЯ
798	Early radioactive fallout in Israel following the 1961 nuclear weapon tests.	810	Fallout in Norwegian milk in 1961.
	СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ		СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ
799	Terrestrial and freshwater radioecology: A selected bibliography.	811	Radiological Health Data, Volume III, Number 11, November 1962.
		812	Radiological Health Data, Volume III, Number 10, October 1962.

Документ №	Страна и название документа
A/AC.82/G/L.	
813	Radiation standards, including fall-out. Hearings before the Subcommittee on Research, Development, and Radiation of the Joint Committee on Atomic Energy, Congress of the United States, 87th Congress, 2nd session. Parts 1 and 2 (Appendix).
814	Fallout program quarterly summary report, January 1, 1963. HASL-132. БЕЛЬГИЯ
815	La retombée radioactive à Mol. Rapport d'avancement-second semestre 1961. ШВЕЦИЯ
816	Distribution of radoruthenium in mice. СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ
817	Radiological Health Data, Volume III, Number 12, December 1962. БРАЗИЛИЯ
818	Environmental radioactivity in high background areas of Brazil. СОЕДИНЕННОЕ КОРОЛЕВСТВО
819	Assay of strontium-90 in human bone in the United Kingdom. Results for 1961, Part II. СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ
820	Radiological Health Data, Volume IV, Number 1, January 1963.
821	Factors influencing strontium-90 in milk from the Brainerd, Minn. milkshed.
822	Strontium-90 on the earth's surface II. Summary and interpretation of a world-wide soil sampling program: 1960—1961 results. СОЕДИНЕННОЕ КОРОЛЕВСТВО
823	Radioactive fallout in air and rain results to the middle of 1962. СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ
824	Bioenvironmental features of the Ogotoruk Creek area, Cape Thompson, Alaska. TID-17226.
825	Radiological Health Data, Volume IV, Number 2, February 1963.

Документ №	Страна и название документа
A/AC.82/G/L.	
	ШВЕЦИЯ
826	Distribution of plutonium in mice. An autoradiographic study.
827	Radioaktivitetsmätningar på livsmedel 1962. СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ
828	Radionuclides and ionizing radiation in ornithology. TID-17762. СОЕДИНЕННОЕ КОРОЛЕВСТВО
829	Interim report on radioactivity in milk. ARCRL-9. ШВЕЦИЯ
830	Genetic effects of strontium-90 injected into male mice. СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ
831	Health and Safety Laboratory fallout program quarterly summary report, April 1, 1963. HASL-135.
832	Intercalibration of some systems employed in monitoring fission products in the atmosphere. NRL-5850.
833	Atmospheric radioactivity and fall-out research. TID-12616 (Rev. 1). ШВЕЙЦАРИЯ
834	Messung des Natürlichen Strahlenpegels in der Schweiz. СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ
835	Rapid methods for estimating fission product concentrations in milk.
836	Radiological Health Data, Volume IV, Number 3, March 1963. ИТАЛИЯ
837	Data on environmental radioactivity collected in Italy (January—June 1962). BIO/26/62. ЮЖНАЯ АФРИКА
838	Radioactive fall-out, its dispersion, deposition over South Africa and biological significance.
839	Radiological Health Data, Volume IV, Number 4, April 1963. СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ
840	Radiological Health Data, Volume IV, Number 5, May 1963.

Документ №	Страна и название документа	Документ №	Страна и название документа
A/AC.82/G/L.		A/AC.82/G/L.	
841	Studies of the fate of certain radionuclides in estuarine and other aquatic environments.	854	КАНАДА Iodine-131 content of Canadian milk during 1961. AECL-1797.
842	Health and Safety Laboratory fallout program quarterly summary report, July 1, 1962. HASL-138.	855	СОЕДИНЕННОЕ КОРОЛЕВСТВО Radioactivity in drinking water in the United Kingdom — 1962 results.
843	Estimates and evaluation of fallout in the United States from nuclear weapons testing conducted through 1962.	856	СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ Health and Safety Laboratory fallout program quarterly summary report. HASL-140.
844	СОЕДИНЕННОЕ КОРОЛЕВСТВО Assay of strontium-90 in human bone in the United Kingdom, results for 1962, Part I with some further results for 1961.	857	ШВЕЦИЯ Genetic effects of strontium-90 on immature germ-cells in mice.
845	ИНДИЯ Estimates of biospheric contamination and radiation dose from nuclear explosions up to April 1962. АЕЕТ/АМ/27.	858	СОЕДИНЕННОЕ КОРОЛЕВСТВО Annual report 1962—1963. ARCRL-10
846	Gamma activity of the food samples in India after the autumn 1961 tests of nuclear weapons. АЕЕТ/АМ/32.	859	СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ Radiological Health Data, Volume IV, Number 9, September 1963.
847	СОЮЗ СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК Определение возраста продуктов деления по измерению суммарной площади фотопика $Zr-95 + Nb-95$ со временем.	860	СОЕДИНЕННОЕ КОРОЛЕВСТВО The weathering of caesium-137 in soil. AERE-R-4241.
848	СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ Review of the army food irradiation program. Hearings before the Joint Committee on Atomic Energy, Congress of the United States, 88th Congress, May 13, 1963.	861	СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ Mathematical programming models for selection of diets to minimize weighted radionuclide intake.
849	Fallout, radiation standards, and countermeasures. Hearings before the Subcommittee on Research, Development, and Radiation of the Joint Committee on Atomic Energy, Congress of the United States, 88th Congress, 1st session, June 3, 4, and 6, 1963. Part I.	862	Terrestrial and freshwater radioecology. A selected bibliography (Suppl. 1). TID-3910 (Suppl. 1).
850	Radiological Health Data, Volume IV, Number 7, July 1963.	863	ИНДИЯ Levels of cerium-141 and cerium-144 in surface fallout samples collected at Bombay during the monsoon months of 1962
851	Radiological Health Data, Volume IV, Number 6, June 1963.	864	СОЕДИНЕННОЕ КОРОЛЕВСТВО Radioactive fallout: Short-lived fission products in air and rain, August 1962—April 1963. AERE-R-4384.
852	The treatment of radiation injury. NAS-NRC Publ. 1134.	865	Assay of strontium-90 in human bone in the United Kingdom, results for 1962, Part II.
853	Radiological Health Data, Volume IV, Number 8, August 1963.	866	АВСТРАЛИЯ Iodine-131 levels in milk in Australia during period May-November 1962.

Документ №	Страна и название документа
A/AC.82/G/L.	
	ДАНИЯ
867	Genetically significant radiation doses in diagnostic radiology.
	СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ
868	Radiological Health Data, Volume IV, Number 10, October 1963.
869	Radiological Health Data, Volume IV, Number 11, November 1963.
	ВСЕМИРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ
870	Radiation hazards in perspective (3rd report of the Expert Committee on Radiation).
	СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ
871	Health and Safety Laboratory fallout program quarterly summary report, January 1, 1964. HASL-142.
872	Iodine-131 in fresh milk and human thyroids following a single deposition of nuclear test fallout. TID-19266.
	ИНДИЯ
873	Estimation of zirconium-95 deposited by fallout during September 1961 to February 1962. АЕЕТ/АМ/31.
	СОЕДИНЕННОЕ КОРОЛЕВСТВО
874	Radioactive fall-out in air and rain. Results to the middle of 1963. AERE-R-4392.
	АВСТРАЛИЯ
875	Strontium-90 in the Australian environment during 1961.
	ФРАНЦИЯ
876	Doses d'exposition au cours d'examens radiologiques per-opératoires. SCPRI-55.
877	Surveillance de la radioactivité sur le territoire français de 1961 à 1963. SCPRI-98.
878	Radioactivité des eaux de la Durance.
879	Accroissement du tritium atmosphérique dû aux explosions thermonucléaires.
880	Mesures de la radioactivité naturelle dans la région parisienne.
881	Mesure de la radioactivité d'origine artificielle dans l'hémisphère Sud.

Документ №	Страна и название документа
A/AC.82/G/L.	
882	De la dynamique des transports des aérosols radioactifs au-dessus de la France.
883	Mesure de l'activité de l'air due au krypton 85.
884	Essai d'analyse de la radioactivité de l'éponge «Hercinia variabilis».
885	Identification directe des nuclides radioactifs dans l'eau de mer par spectrographie gamma.
886	Spectrométrie gamma <i>in situ</i> des eaux de la Méditerranée occidentale.
	СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ
887	Radiological Health Data, Volume V, Number 1, January 1964.
888	Fallout, radiation standards, and countermeasures. Hearings before the Subcommittee on Research, Development and Radiation of the Joint Committee on Atomic Energy, Congress of the United States, 88th Congress, 1st session, August 20, 21, 22, and 27, 1963. Part 2.
	НОРВЕГИЯ
889	A study of Sr ⁹⁰ and Cs ¹³⁷ in Norway 1957—1958. Intern rapport K-253.
	ИТАЛИЯ
890	Data on environmental radioactivity collected in Italy (July—December 1962). BIO/03/63.
	СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ
891	Neoplasms in children treated with X-rays for thymic enlargement. I. Neoplasms and mortality.
891/Add.1	Neoplasms in children treated with X—rays for thymic enlargement. II. Tumor incidence as a function of radiation factors.
891/Add.2	Neoplasms in children treated with X—rays for thymic enlargement. III. Clinical description of cases.
892	Distribution and retention of Cs-137 after accidental inhalation. UAC-8383.
892/Corr.1	Correction to above report.
893	Radiological Health Data, Volume IV, Number 12, December 1963.

Документ №	Страна и название документа	Документ №	Страна и название документа
A/AC.82/G/L.		A/AC.82/G/L.	
	ШВЕЙЦАРИЯ	909	Содержание стронция-90 в Черном море в 1959—1961 годах.
894	6. Bericht der Eidg. Kommission zur Überwachung der Radioaktivität, zuhanden des Bundesrates für das Jahr 1962.	910	Содержание стронция-90 в молоке отдельных районов СССР в 1960—1961 годах и в первой половине 1962 года.
	ЧЕХОСЛОВАКИЯ	911	Природная радиоактивность океанской воды.
895	Prediction of individual differences in postirradiation regeneration of the lymphatic tissue of the thymus.	912	Искусственная радиоактивность приземного слоя атмосферы на о. Хейса Земли Франца-Иосифа в 1960—1961 годах.
	СОЮЗ СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК	913	О загрязнении растительности стронцием-90 и цезием-137 в 1961 году.
896	Стронций-90 в воде пресных водоемов Советского Союза в 1961—1962 годах.	914	Радиоактивные выпадения близ Симеиза в 1960—1961 годах.
897	Содержание цезия-137 в поверхностных водах Атлантического океана и его морей в 1961 году.	915	Исследование состава рутения-103 и рутения-106 в смеси продуктов деления методом бета-гамма-совпадений сцинтилляционных спектрометров.
898	Изучение распределения изотопов цезия, рутения, циркония и ниобия в процессе разложения минеральными кислотами проб радиоактивных выпадений и атмосферных осадков.	916	Выпадение стронция-90 на поверхность территории СССР в четвертом квартале 1961 года и первой половине 1962 года.
899	Определение стронция-90 в водах Атлантического океана в 1961 году.	917	Статистика появления «горячих» частиц в приземном слое воздуха в Подмосковье в 1961—1962 годах.
900	Поведение цезия-137 в ходе анализа проб атмосферных осадков.	918	Стронций-90 в воде бассейна р. Дон.
901	Аккумуляция радиоактивного стронция пресноводными растениями.	919	Вопросы глобального радиоактивного загрязнения вод Мирового океана.
902	Выпадение Ce^{141} , Ce^{144} , $Zr^{95} + Nb^{95}$ и Sr^{90} на территории СССР во второй половине 1962 года.		ИНДИЯ
903	Радиохимическая методика массового контроля содержания стронция-90 в пресных водоемах.	920	Active particles in fallout from nuclear weapon tests. АЕЕТ/АМ/34.
904	Стронций-90 в поверхностных водах Индийского океана в 1960—1961 годах.		ЯПОНИЯ
905	Сравнительный анализ наблюдаемых планетарных распределений содержания озона и некоторых радиоактивных изотопов в атмосфере.	921	Radioactivity survey data in Japan, No. 1.
906	Концентрация суммарной радиоактивности продуктов деления, а также Ce^{141} , Ce^{144} , $Zr^{95} + Nb^{95}$ и Cs^{137} в приземном слое воздуха в Подмосковье в 1960—1962 годах.	922	Deposition of Sr-90 and Cs-137 in Tokyo through the end of July 1963.
907	Стронций-90 в водах Тихого океана.	923	Leukaemia and ionizing radiation in Japan. An epidemiological survey.
908	Некоторые данные по концентрации радиоактивных продуктов над Индийским и Тихим океанами в 1961—1962 годах.	924	X-ray microanalysis of highly radioactive fall-out particles.
		925	Fractionation phenomena in highly radio-active fall-out particles.
		926	The increase in induced mutation frequency after fractionated irradiation of gonial cells of the silkworm.
			СОЕДИНЕННОЕ КОРОЛЕВСТВО
		927	Interim report: Radio-activity in milk, 1963. ARCRL-11.

Документ №	Страна и название документа	Документ №	Страна и название документа
А/АС.82/G/L.		А/АС.82/G/L.	
	СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ		СОЕДИНЕННОЕ КОРОЛЕВСТВО
928	Radiological Health Data, Volume V, Number 2, February 1964.	938	Assay of strontium-90 in human bone in the United Kingdom. Results for 1963, part I.
	ИНДИЯ		СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ
929	Deposition of iodine-131 from the nuclear weapon tests in the Pacific during 1962. АЕЕТ/АМ/35.	939	Environmental radiation measurements in the South-eastern, Central and Western United States, 1962—1963. HASL-145.
930	Airborne cerium-141 and cerium-144 at Bombay during November 1961—February 1963. АЕЕТ/АМ/36.		ШВЕЦИЯ
	МЕКСИКА	940	The radioactivity of watches.
931	Determinación del estroncio-90 en leches y aguas de lluvia.	941	Physics, chemistry and meteorology of fallout.
	ОБЪЕДИНЕННАЯ АРАБСКАЯ РЕСПУБЛИКА		СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ
932	Fall-out and radio-active content of the food chain in U.A.R. during the year 1962.	942	Radiological Health Data, Volume V, Number 5, May 1964.
933	Fallout and radioactive content of certain food items in U.A.R. during the first quarter of 1963.		ШВЕЦИЯ
	ШВЕЦИЯ	943	Protective effect of cysteamine at fractionated irradiation.
934	A review of measurements of radioactivity in food, especially dairy milk, and a presentation of the 1963 data on Cs-137 and Sr-90.	944	The behavior of certain lanthanons in rats.
	СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ	945	Note on the increase of gamma radiation from the ground during September 1st—November 30th, 1961.
935	Radiological Health Data, Volume V, Number 3, March 1964.	946	Some observations of variations of the natural background radiation.
936	Fall-out program quarterly summary report, April 1, 1964. HASL-144.	947	Gamma radiation from the ground in Sweden during 1960—1963.
937	Radiological Health Data, Volume V, Number 4, April 1964.		ОБЪЕДИНЕННАЯ АРАБСКАЯ РЕСПУБЛИКА
		948	Fall-out and radio-active content of food chain in U.A.R. during the year 1963.

ДОПОЛНЕНИЕ I

СПИСОК НАУЧНЫХ ЭКСПЕРТОВ — ЧЛЕНОВ НАЦИОНАЛЬНЫХ ДЕЛЕГАЦИЙ

Ниже приводится список научных экспертов, принявших участие в составлении настоящего доклада во время работы сессий Комитета, на которых они присутствовали в качестве делегатов следующих стран:

АРГЕНТИНА

Д-р Д. Бенинсон (*представитель*)
Д-р Дж. Флегенхеймер
Д-р Х. Муглиароли
Д-р А. Пласер
Д-р Э. Рамос Забарян

АВСТРАЛИЯ

Г-н Д. Дж. Стивенс (*представитель*)
Д-р Г. А. С. ван ден Бренк
Г-н Г. Ю. Вильсон

БРАЗИЛИЯ

Профессор С. Шагас (*представитель*)
Профессор С. Паван (*представитель*)
Д-р Л. Р. Кальдас
Д-р Э. Пенна Франка
Отец Ф. К. Розер, С. Дж.

БЕЛЬГИЯ

Профессор Дж. А. Коэн (*представитель*)
Г-н Дж. Ф. Блайхродт

КАНАДА

Д-р Г. С. Батлер (*представитель*)
Д-р У. Э. Граммит
Д-р Г. В. Ньюкомб

ЧЕХОСЛОВАКИЯ

Профессор д-р Ф. Герчик (*представитель*)

ФРАНЦИЯ

Профессор Л. Бюньяр (*представитель*)
Д-р Г. Жамэ (*представитель*)
Г-н Л. Фаси
Д-р Ж. Лабери
Г-н Г. Ламбер
Д-р Ж. Лежен
Г-н Ф. Зайдела

ИНДИЯ

Д-р А. Р. Гопал—Айенгар (*представитель*)

ЯПОНИЯ

Д-р К. Цукамото (*представитель*)
Д-р Я. Кавабата
Д-р М. Сайки
Д-р Т. Сугахара
Д-р Е. Таджима

МЕКСИКА

Д-р М. Мартинес Байес (*представитель*)
Д-р Ф. Альба Андраде (*представитель*)
Д-р Г. Сальсе

ШВЕЦИЯ

Профессор Р. М. Сиверт (*представитель*)
Д-р А. Нельсон (*представитель*)
Профессор Т. Касперсон
Д-р Л. Фредриксон
Д-р Б. Линдел

ОБЪЕДИНЕННАЯ АРАБСКАЯ РЕСПУБЛИКА

Д-р М. Э. А. эль-Харадли (*представитель*)
Д-р С. Э. Хашиш (*представитель*)
Д-р К. А. Махмуд

СОЮЗ СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК

Профессор А. М. Кузин (*представитель*)
Профессор Н. А. Краевский
Профессор О. И. Лейпунский
Д-р М. А. Арсеньева
Д-р И. Л. Кароль
Д-р В. Т. Козлов
Д-р А. С. Кулак
Д-р Я. М. Штуккенберг
Г-н Г. И. Аполлонов

СОЕДИНЕННОЕ КОРОЛЕВСТВО ВЕЛИКОБРИТАНИИ И СЕВЕРНОЙ ИРЛАНДИИ

Д-р Э. Э. Почин (*представитель*)
Профессор Л. Ламертон
Д-р У. Г. Марлей
Д-р Д. Г. Пирсон
Д-р Р. Скотт Рассел

СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ

Д-р Р. Г. Чемберлен (*представитель*)
Д-р С. Уоррен (*представитель*)
Д-р А. М. Брюс
Д-р В. П. Бонд
Д-р Д. Р. Чадвик
Д-р Э. П. Кронкайт
Д-р С. Л. Дунгам

Д-р Дж. Г. Харли
Д-р А. Голлэндер
Д-р Л. Мачта
Д-р Р. Т. Норрис
Г-н Т. Ф. О'Лири
Г-н Дж. Ривера
Д-р П. С. Томпкинс
Д-р А. С. Аптон

ДОПОЛНЕНИЕ II

**СПИСОК НАУЧНЫХ ЭКСПЕРТОВ, СОТРУДНИЧАВШИХ С КОМИТЕТОМ
В ПРОЦЕССЕ ПОДГОТОВКИ ДОКЛАДА**

Д-р К. С. Бора
Д-р Г. С. Касаретт
Д-р Дж. Линецкий
Д-р Б. Дж. О'Брайен
Д-р Ф. Селла

**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.

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.