

УДК 546.799.4:612.014.482

© 1996 г.

**О ВЕРОЯТНОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПНЕВМОСКЛЕРОЗА И РАКА ЛЕГКОГО
У ПЕРСОНАЛА, ПОДВЕРГАВШЕГОСЯ ИНГАЛЯЦИИ
АЭРОЗОЛЕЙ ПЛУТОНИЯ
(краткое сообщение)**

Хохряков В.Ф., Меньших З.С., Мигунова Н.И.
Россия, ГНЦ "Институт биофизики", филиал г. Озерск

Приведены данные о вероятности возникновения пневмосклероза и рака легкого у работников ПО "Маяк", подвергавшихся воздействию плутониевых аэрозолей в широком интервале концентраций. Исползованные в работе сведения получены при сопоставлении результатов клинического обследования персонала и уровней внешнего и внутреннего облучения легких, определенных прижизненно или посмертно. Число случаев рака легкого при суммарной ПДД облучения (37,5 рад) в несколько раз превышает частоту случаев спонтанного рака за всю жизнь. Заболеваемость плутониевым пневмосклерозом достоверно учащается при уровне облучения близком или превышающем ПДД. Представленные материалы указывают на необходимость вновь проанализировать существующее значение $ДС_0$ плутония-239 в легких, равное 8 нКи.

Возможность возникновения пневмосклероза и злокачественных новообразований при облучении легких инкорпорированным плутонием установлена в эксперименте [1-3], а также известна из клинических наблюдений и посмертной диагностики у работников предприятия [4]. Установление количественной связи между частотой возникновения указанных патологий и поглощенной дозой облучения легких является одним из важных и недостаточно изученных аспектов проблемы, связанной с выработкой стандартов безопасного обращения с открытыми источниками плутония-239.

В настоящем сообщении приведены предварительные данные о вероятности возникновения указанных заболеваний у

работников ПО "Маяк", полученные при клиническом обследовании персонала, сопровождавшемся в каждом случае оценкой содержания плутония в организме по анализам мочи. Поглощенные дозы в легких от инкорпорированного плутония рассчитывали по содержанию радионуклида в организме и известному профмаршруту на основе инструктивно-методических указаний, утвержденных Минздравом СССР и используемых в отрасли в качестве основного документа по индивидуальной дозиметрии плутония. Оценка доз согласно модели легочного клиренса, используемой в упомянутых методических указаниях, как правило, отличалась в сторону более высоких значений от таковой, получаемой с помощью модели, рекомендуемой МКРЗ [5].

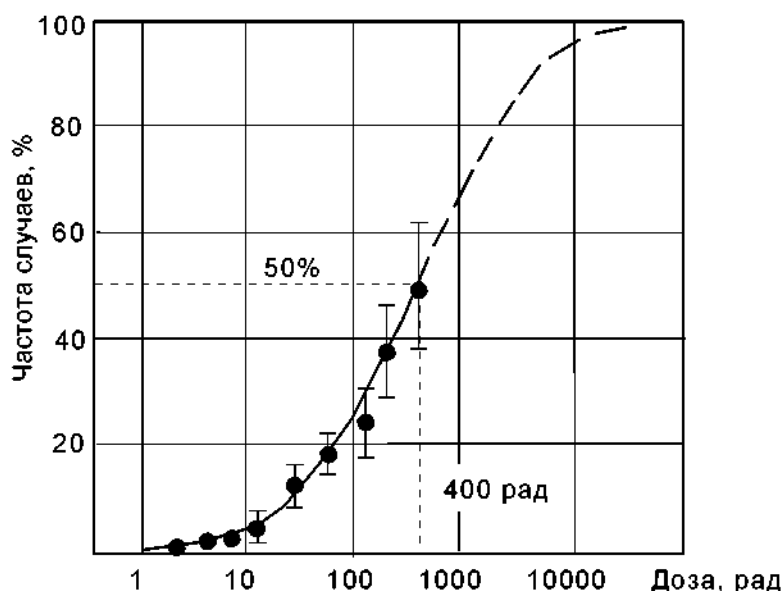


Рис.1. Частота случаев плутониевого пневмосклероза в зависимости от поглощенной дозы, обусловленной инкорпорацией плутония в легком.

Наиболее ранним эффектом ингаляции аэрозолей плутония был плутониевый пневмосклероз. Среди 1967 лиц, обследованных прижизненно, были люди, заболевшие плутониевым пневмосклерозом 1-3 стадий (74 случая) и пневмосклерозом смешанной этиологии (30 случаев), итого 104 случая. В этих случаях доза рассчитана к началу появления клинических симптомов заболевания, которые выявлялись Н.И.Мигуновой ретроспективно на основании клинко-рентгенологических данных, отраженных в медицинской документации за весь период наблюдения. В остальных случаях дозы рассчитаны либо на момент биофизического обследования, либо на момент смерти. Весь материал подразделен

на группы по уровням облучения легких, и для каждой группы вычисляли вероятность заболевания пневмосклерозом.

В настоящем сообщении приведены предварительные данные о вероятности возникновения указанных заболеваний у работников ПО "Маяк", подвергавшихся воздействию плутониевых аэрозолей в широком диапазоне концентраций. И использованные в работе материалы получены при клиническом обследовании персонала, сопровождавшемся в каждом случае оценкой содержания плутония в организме по анализам мочи. Кроме того, использованы данные, полученные при аутопсии умерших работников предприятия.

На рис.1 показана вероятность заболевания пневмосклерозом в зависимости от поглощенной дозы в легких, обусловленной инкорпорацией плутония. При дозе 400 рад она составляет 50%. На рис.1 сплошная часть кривой проведена через фактически наблюдаемые точки методом пробит-анализа, штриховая - экстраполяция наблюдаемых закономерностей в область высоких доз. Статистических данных о заболевании пневмосклерозом взрослого городского населения страны в доступной литературе нами не найдено. Судя по исследованиям структуры смертности работников радиохимического предприятия, приведенным в работе [4], при дозах облучения плутония, меньших 0,2 рад, частота выхода пневмосклероза должна быть ниже 2

Таблица
Зависимость вероятности возникновения рака легкого от дозы облучения органа инкорпорированным плутонием

Доза, сГр	0.6 (0-1.2)	2.5 (1.21-5.0)	10 (5.1-20)	40 (20.1-80)	160 (80.1-320)	640 (321-1280)	1600 (1281-2050)
F · 10 ⁵ случаев/год	16±16	30±30	120±68	400±200	2780±870	8120±2160	3800±3100
f · 10 ⁵	41±25	57±41	76±55	86±93	99±106	104±250	15±240
Z=(F-f)/f	-0.61	-0.47	0.59	3.6	27	77.5	256

%. График рис.1 указывает на отчетливое увеличение выхода при дозе порядка 30-40 рад, которая отвечает допустимой дозе профессионального облучения в течение 50 лет.

В дальнейшем среди обследованных на содержание плутония были выявлены лица, заболевшие раком легкого. Анализ частоты возникновения рака легкого указывает на повышение вероятности заболевания с увеличением дозы. Для изучения вероятности возникновения рака легкого, индуцированного излучением плутония, в разработку были взяты данные на 2824 работника предприятия, которые прошли одно или несколько обследований на содержание плутония в организме в течение 10,75 лет наблюдения. В это число не включены лица, которые по данным паспортного стола выбыли из города, и судьба которых неизвестна. За указанный период из 2824 человек от разных причин умерло 126, и в этих случаях по данным секционных исследований уточняли дозу облучения легких плутонием. Всего в рассматриваемой когорте выявлено 33 случая заболевания раком легкого, из которых 20 закончились летальным исходом. Во всех случаях диагноз подтвержден гистологически после операции или аутопсии. Весь материал разделили на группы по дозам облучения легких, накопленным на конец изучаемого 10,75-летнего промежутка, или на момент

смерти. В таблице приведены значения фактически наблюдавшегося числа случаев рака легкого F в каждой дозовой группе, отнесенное к числу наблюдавшихся человеко-лет. Там же приведены ожидаемые значения частоты случаев спонтанного рака легкого f, вычисленные с учетом изменявшегося возрастного-полового состава и численности лиц, входящих в каждую дозовую группу. При расчете использованы показатели смертности от злокачественных новообразований легкого у городского населения РСФСР [6].

В таблице также приведены значения величины $Z = (F - f)/f$, показывающей, как увеличивается относительный риск возникновения атрибутивного рака легкого с увеличением дозы облучения инкорпорированным плутонием. Аналитическую зависимость вероятности возникновения рака легкого F от дозы D в возрасте t лет искали в форме нелинейной модели относительного риска:

$$F = f(1 + a \cdot D^b), \quad (1)$$

которая предполагает, что относительный атрибутивный риск

$$Z = (F - f)/f = a \cdot D^b \quad (2)$$

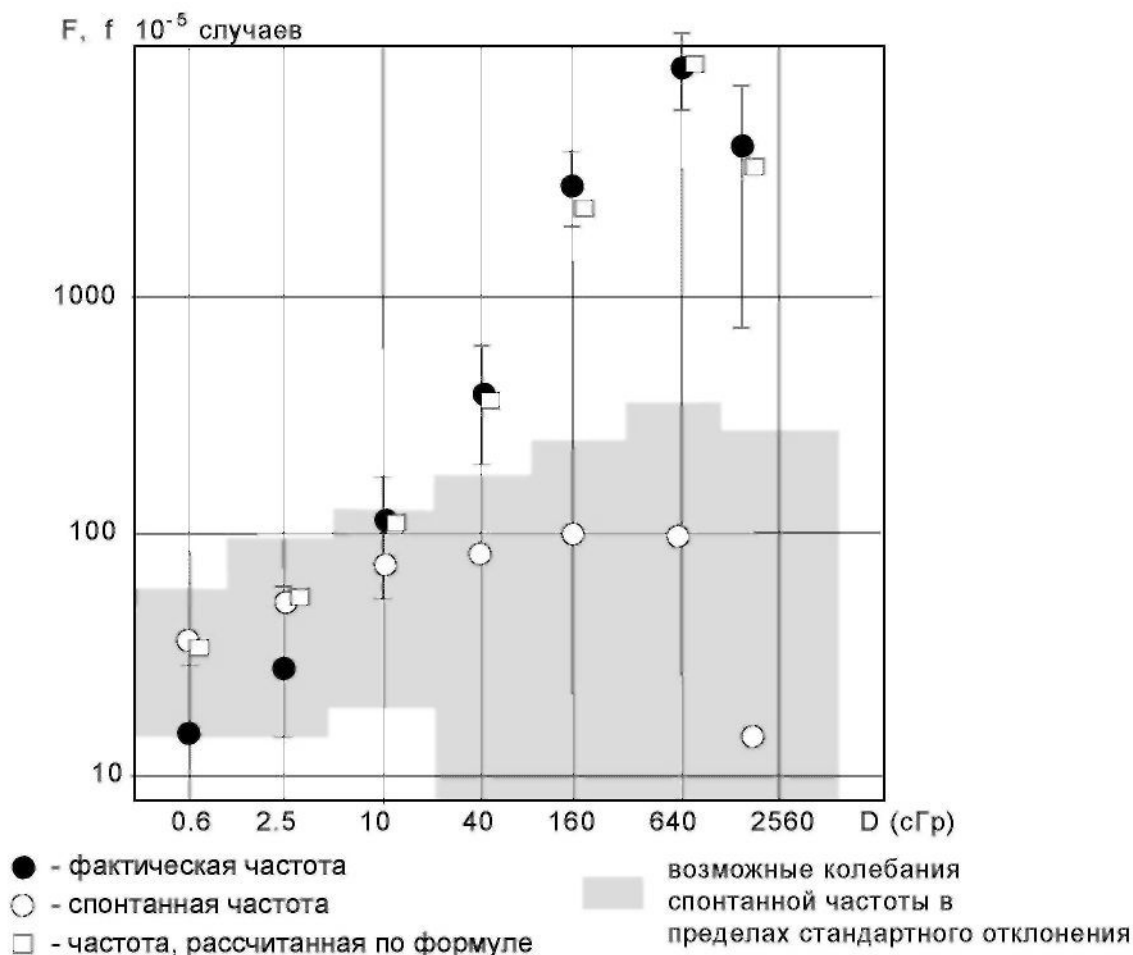


Рис.2. Зависимость частоты возникновения рака легких от поглощенной дозы, обусловленной инкорпорацией плутония
 f - спонтанная частота
 F - фактически наблюдаемая частота

является степенной функцией накопленной дозы D . Обработывая данные таблицы с помощью уравнения регрессии (2), можно получить следующие значения параметров: $a=0,045$, $b=1,183$ (при этом доза D выражается в сГр).

График рис.2 иллюстрирует хорошее соответствие между выявленной частотой F и

ее значениями, рассчитанными согласно формуле (1).

Приведенные выше рассуждения и расчеты являются предварительной попыткой описания связи между патологическими эффектами и дозой, т.е. подходом, при котором не учитывалась пролонгированность радиационного воздействия, влияние мощности дозы (которая в данном

исследовании варьировала в пределах нескольких порядков), а также влияния латентного периода развития опухоли на количественные оценки проявления указанной связи. Тем не менее уже на основании полученных результатов можно показать, что при постоянной инкорпорации в легком плутония-239 на уровне допустимого содержания для персонала ДС_а (8 нКи) [7], когда поглощенная доза за 50 лет (длительность профессионального стажа) составит 37,5 рад, число случаев рака легкого возрастет в 4 с лишним раза по сравнению с числом спонтанных раков.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленные материалы о вероятности возникновения пневмосклероза и рака легкого указывают на необходимость критически пересмотреть принятое НРБ-76/87 значение ДС_а плутония-239 в легких.

ЛИТЕРАТУРА

1. Булдаков Л.А., Любчанский Э.Р., Москалев Ю.И., Нифатов А.П. Проблемы токсикологии плутония. М.:Атомиздат, 1969. - 368 с.
2. Кошурникова Н.А., Лемберг В.К., Любчанский Э.Р. Отдаленные последствия ингаляции растворимых соединений плутония-239. // Отдаленные последствия лучевых поражений / Под ред. Ю.И.Москалева. М.: Атомиздат, 1971, с.395.
3. Park G.F., Bair W.G., Bush R.H. Progress in beagle dog studies with transuranium elements at Battelle-Northwest. - Health Physics, 1972, V.22, p.803.
4. Кошурникова Н.А. Отдаленные последствия вдыхания плутония-239 у человека и животных. - Докт.дисс.... мед.наук. - М.:ИБФ МЗ СССР,1978. - 435 с.
5. Technical reports series № 142 "Inhalation risks from radioactive contaminants", IAEA, Vienna, 1973. - 146 с.
6. Серенко А.Ф. Злокачественные новообразования. (Статистические материалы по СССР). - М.:Медицина, 1974. - 188 с.
7. Нормы радиационной безопасности НРБ-76/87. - М.: Энергоатомиздат, 1988 г. - 160 с.