

УДК 621.039.586  
© 2003

**ДОЗИМЕТРИЧЕСКИЙ РЕГИСТР ПЕРСОНАЛА ПО «МАЯК» –  
ОДИН ИЗ ВАЖНЕЙШИХ МИРОВЫХ ИСТОЧНИКОВ ИНФОРМАЦИИ  
ДЛЯ РЕШЕНИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ЗАДАЧ РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ**

*В.Ф. Хохряков*

*Россия, г. Озерск, Южно-Уральский институт биофизики*

*Е.К. Василенко*

*Россия, г. Озерск, ПО «Маяк»*

Накопленная в дозиметрической лаборатории ЮУрИБФ (бывший ФИБ-1) и службе радиационной безопасности ПО «Маяк» информация об индивидуальных уровнях внешнего нейтронного, бета-гамма и внутреннего облучения персонала инкорпорированным плутонием, наряду с наработками ФИБ-1 в области радиационной медицины и профпатологии, позволили создать уникальный медико-дозиметрический регистр. По величине коллективной дозы, регистр значительно превосходит аналогичные регистры стран с развитой атомной энергетикой. Регистр включает в себя случаи, различающиеся широким диапазоном индивидуальных доз, создаваемых пролонгированным облучением с высокой и низкой линейной потерей энергии в тканях. Учитывая сказанное, регистр может рассматриваться как ценнейший мировой источник информации для оценки рисков детерминированных и стохастических эффектов, вызванных действием ионизирующего излучения на человека.

Современные стандарты радиационной защиты основаны главным образом на интерпретации результатов исследований здоровья людей, переживших кратковременное мощное гамма-нейтронное облучение в Хиросиме и Нагасаки, а также на дополнительной информации, полученной в когортах людей, подвергавшихся медицинскому облучению по поводу различных заболеваний. Результаты этих исследований не пригодны для выработки стандартов радиационной защиты здоровых рабочих ядерных предприятий, подвергающихся хроническому облучению с низкой мощностью дозы. В связи с тем, что решение проблемы действия малых доз требует длительных исследований, в странах с развитой ядерной индустрией организованы и поддерживаются регистры наблюдения за здоровьем персонала, важнейшей частью которых являются до-

зовые характеристики. В табл. 1 приведены некоторые сведения о регистрах персонала пяти стран, включая Россию. Данные последнего столбца, относящиеся к персоналу ПО «Маяк», получены лабораторией внутренней дозиметрии ЮУрИБФ в сотрудничестве со службой РБ этого предприятия и представляют собой эффективную дозу суммарного внешнего и внутреннего облучения.

Многолетние исследования на основе анализа экскретов в сопоставлении с результатами изучения аутопсийного материала показали, что подавляющая часть внутреннего облучения у персонала плутониевого и радиохимического заводов обусловлена инкорпорированным плутонием, а дозы от внутренних бета-гамма источников, как правило, на несколько порядков ниже плутониевых. Сравнительный анализ данных табл. 1 показывает, что

Таблица 1

Некоторые сведения о регистрах персонала заводов ядерной промышленности пяти стран

Страна	Япония <sup>*)</sup>	Англия <sup>**)</sup>	США <sup>***)</sup>	Канада <sup>****)</sup>	Россия <sup>*****)</sup>
Число индивидуумов	114900 (мужчины)	95217	36971	8977	22311
Число чел.-Зв	1598,5	3198	861	134,7	27367
Средняя индивидуальная доза, мЗв; (мЗв/год)	13,9 (3,00)	33,6 (2,63)	23,3 (1,36)	15,0 (0,85)	1227 (30,3)
Число смертей	1758	6660	9452	878	6574
Период наблюдения	1986–1992	1976–1988	1945–1986	1956–1985	1948–1998
Число чел.-лет	533168	1214000	633511	157101	735886

<sup>\*)</sup> Editorial Supervision: Science and Technology Agency; IRE – Institute of Radiation Epidemiology Radiation Effects Association.

<sup>\*\*)</sup> Kendall G.M. et al: National Radiological Protection Board Report, 1992, 251.

<sup>\*\*\*)</sup> Gilbert E.S. et al. // Health Physics, 1993, Vol. 64, No.6, p. 577–590.

<sup>\*\*\*\*)</sup> Gribbin M.A. et al. // Radiation Research, 1993, 133, p. 375–380.

<sup>\*\*\*\*\*)</sup> Персонал реакторного, радиохимического и плутониевого заводов ПО «Маяк»– данные ЮУрИБФ по состоянию на 31.12.2001. (Эффективная доза внутреннего облучения за счет инкорпорированного плутония рассчитана на основе анализа экскретов в сопоставлении с результатами исследований аутопсийного материала).

российский регистр, будучи сопоставим с другими четырьмя по численности людей, срокам и объемам наблюдений, характеризуется более высокими дозовыми нагрузками, а при более детальном ознакомлении и широтой интервала индивидуальных доз, что позволяет изучать эффекты в широком диапазоне доз. Это указывает на возможность использования данной информации для изучения вопроса о допустимых дозовых пределах с точки зрения проявления детерминированных и стохастических эффектов.

Если придерживаться концепции линейной беспороговой зависимости выхода стохастических эффектов от накопленной дозы, то общее число случаев проявления этих эффектов при достаточно длительных сроках наблюдения должно быть пропорциональным коллективной дозе, выраженной в чел.-Зв. По данным табл. 1 коллективная доза у персона-

ла «Маяк», составляющая за весь период наблюдения 27387 Зв, в несколько раз превышает сумму таковых в остальных четырех регистрах. Последнее означает, что для эпидемиологических исследований закономерностей доза-эффект регистр персонала ПО «Маяк» обладает уникальной, потенциально более высокой информативностью по сравнению с другими регистрами, представленными в табл. 1. Превосходство по коллективной дозе по сравнению с другими регистрами наглядно демонстрирует рисунок.

Приведенные в табл. 1 регистры рабочих ядерных предприятий, в том числе и рабочих ПО «Маяк», облученных плутонием, опираются непосредственно на результаты измерений, что предполагает возможность получения более надежных индивидуальных количественных оценок при анализе последствий радиационного воздействия. В этом усматривается их

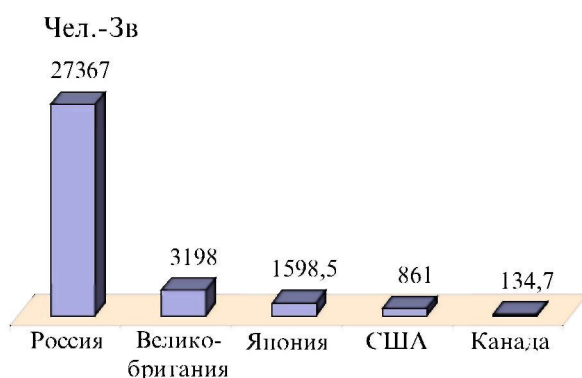


Рисунок. Коллективные эффективные дозы (чел.-Зв) регистров пяти стран с развитой атомной промышленностью

существенное преимущество по сравнению с японским регистром (RERF) [1] для лиц, переживших атомную бомбардировку, дозы для которых были восстановлены ретроспективно на основании косвенных расчетных данных.

К вопросу о создании дозиметрического регистра «Маяка» обратились в 1990-х гг., т.е. более чем через сорок лет после начала облучения персонала. Из-за отсутствия целевых установок формирование биофизических архивов в прошлые годы происходило стихийно, с применением бумажных носителей, без учета дополнительных деталей, необходимость знания которых стала понятной позднее в связи с совершенствованием методов дозиметрии.

Контроль за уровнями внешнего облучения на ПО «Маяк» был организован на основе метода ИФКу с момента пуска предприятия, а внутреннее облучение, обусловленное действием инкорпорированного плутония, систематически начали контролировать в начале 1970-х гг. по уровню экскреции нуклида с мочой после разработки методических и нормативных документов [2, 3]. Вследствие того, что биофизический контроль был начат с опозданием около половины лиц, отраженных в регистре, не имеют оценок доз внутреннего облучения.

С течением времени дозиметрические методики постоянно уточняются, особый импульс эта работа получила с началом Российско-американского проекта 2.4 по созданию усовершенствованной дозиметрии персонала «Маяка» [4].

Приведенные выше результаты отвечают состоянию дозиметрии внешнего бета-гамма и внутреннего плутониевого облучения персонала ПО «Маяк» на конец 1999 г. Условно эти показатели облучения называют «Дозами-1999».

В табл. 2 приведены данные о коллективных дозах для той части персонала радиохимического и плутониевого заводов, для которой наряду с информацией о внешнем облучении имеются сведения о внутреннем облучении.

Из табл. 2 следует, что характерной чертой структуры доз этой части регистра является

Таблица 2

Коллективные эффективные дозы работников радиохимического и плутониевого заводов ПО «Маяк» по состоянию на 1.12.1999 г.

Тип производства	Количество людей	Кол-во человеко-лет	Эффективная коллективная доза, кЗв		
			Внутреннее альфа-облучение	Внешнее бета-гамма-облучение	Суммарное
Переработка ядерного топлива	4016	142283	2,64	4,39	7,03
Плутониевое производство	3131	99874	5,74	0,66	6,40
Итого	7147	242157	8,38	5,05	13,43

ся высокий, особенно для рабочих плутониевого производства (90%), вклад в эффективную дозу, вносимый внутренним облучением инкорпорированным плутонием. Последнее означает, что регистр персонала «Маяка» предоставляет уникальную возможность оценить наряду с действием внешнего облучения также действие внутреннего облучения с высокой плотностью ионизационных потерь. Решение этого вопроса, в частности, уже осуществляется совместно в рамках российско-американских проектов 2.2 и 2.3 (изучение детерминистских и стохастических эффектов ионизирующего излучения) с использованием медико-дозиметрических данных на индивидуумов, начавших работать на основных производствах «Маяка» в период 1948–1984 гг.

Указанные дозы будут уточняться как по мере углубления разработок дозиметрических моделей внешнего и внутреннего облучения, так и в результате анализа индивидуальных историй. Весьма ценной была в связи с этим своевременно проведенная акция по микрофильмированию архивных материалов. Сохранность последних вселяет надежду не только на расширение объема ЭБД, но также и на возможность внесения корректировок в дозиметрические оценки, выполненные в прошлые годы.

Из сказанного выше следует, что уникальные сведения дозиметрического регистра в сочетании с достаточно хорошо документированными историями болезни соответствующих групп рабочих «Маяка» могут служить серьезной основой для корректной оценки рисков облучения и разработки стандартов радиационной защиты. Однако реализация этих возможностей подразумевает необходимость проведения полномасштабных, трудоемких тщательных как медицинских, так и дозиметрических исследований. Основная задача внешней дозиметрии при этом состоит в разработке модели восстановления индивидуальных доз бета-гамма и нейтронного облучения отдельных органов и тканей с учетом геометрии взаимного расположения источников излучения и облучаемого субъекта, а также с учетом ме-

нявшихся во времени энергетических спектров внешнего бета-гамма излучения и методов (дозиметров) их регистрации. С другой стороны для повышения эффективности и качества внутреннего облучения, обусловленного преимущественно инкорпорированным плутонием, важным представляется как усовершенствование биокинетической модели поведения промышленных соединений нуклида с учетом модифицирующего влияния таких факторов как курение, состояние здоровья, уровень накопления, неравномерность распределения в органе и др., так и в восстановлении индивидуальных сценариев облучения. Грубые оценки, выполненные с учетом указанных модифицирующих факторов, а также корректировка доз внешнего облучения уже на современной стадии работы над проектом 2.4, показывают, что суммарные индивидуальные дозы облучения могут измениться на десятки процентов по сравнению с дозами 1999. Последнее означает, что фактически выполнены лишь первые шаги по созданию регистра и далеко не все вопросы внешней и внутренней дозиметрии получили должное освещение.

Учитывая информационный потенциал, которым располагают ЮУрИБФ и службы РБ «Маяка», дальнейшее совершенствование дозиметрической части регистра, которое осуществляется в рамках совместного Российско-американского проекта 2.4, является актуальной задачей, решение которой может существенно повлиять на современные оценки рисков облучения человека.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Kiyohiko Mabuchi, Midori Soda, Eline Ron et al. Cancer Incidence in Atomic Bomb Survivors. Part 1: Use of the Tumor Registries in Hiroshima and Nagasaki for Studies Incidence // *Rad. Res.* — 1994, 131, s1-s16.
2. Лапина А.И., Саяпина Р.Я., Дощенко В.Н. и др. Инструктивно-методические указания по выявлению, учету и медицинскому наблюдению за носителями плутония. — М., 1971.— 31 с. (Библиотека ЮУрИБФ).

3. Булдаков Л.А., Хохряков В.Ф., Ерохин Р.А., Меньших З.С. Оценка уровней накопления и доз облучения плутонием легких, печени, и скелета человека по данным анализа мочи на содержание радионуклида: Метод. указания. — М., 1974.— 19 с. (Библиотека

ЮУрИБФ).

4. Разработка усовершенствованной дозиметрической системы работников ПО «Маяк»: Российско-американский проект 2.4, выполняемый в период 04.2001—10.2006 гг. по гранту № RBO-20397-OZ-02 фонда CRDF.