

СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И
САНИТАРНО-ДОЗИМЕТРИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ
ПРИ РАБОТАХ С ТРАНСПЛУТОНИЕВЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

М.С. Егорова, В.В. Копаев, Л.Н. Коржов,
Г.М. Пархоменко, В.А. Сарычев

Институт биофизики Министерства здравоохранения СССР
Москва, Союз Советских Социалистических Республик

Abstract

The report shows that the factors of radiation exposure at operations with transplutonium elements are in quantitative dependence on the physico-chemical properties, the time of target irradiation in the reactors and the degree of their purification from the fragment fission products. The doses of external and internal irradiation have been estimated.

В процессе радиохимической переработки облученных мишеней при получении тяжелых изотопов трансплутониевых элементов (ТПЭ) радиационная обстановка характеризуется как внешними потоками ионизирующих излучений, так и газоаэрозольным загрязнением воздушной среды радиотоксичными веществами.

Особенность работ с ТПЭ состоит в том, что приходится сталкиваться с одновременным действием практически всех типов ионизирующих излучений. Вследствие этого требуется дифференцированный подход к комплектации защитного оборудования в зависимости от рода проводимых работ, изотопного состава тяжелых элементов, их весовых количеств и степени очистки от продуктов деления. Данные положения могут быть иллюстрированы материалом, представленным в табл. I и 2.

Из табл. I видно, что при работах с малыми количествами ТПЭ, когда используются защитные экраны малой толщины, важное значение приобретает степень очистки ТПЭ от изотопов осколочного происхождения.

Таблица 1

Относительный вклад в суммарную мощность дозы
различных типов ионизирующих излучений
смеси оксидов америция с кюрием

Тип излучений	Относительный вклад в %	
	Без защиты	Защита из чугуна 15 см
Нейтроны спонтанного деления	5,2	77,0
Нейтроны (α , n)-реакции	0,2	3,0
Собственное гамма-излучение ТПЭ	13,3	-
Собственное гамма-излучение продуктов деления	21,7	19,5
Тормозное излучение	59,6	0,5
ВСЕГО	100,0	100,0

Таблица 2

Относительный вклад в суммарную мощность дозы
различных типов ионизирующих излучений
окиси калифорния

Тип излучений	Относительный вклад в %	
	Без защиты	Защита из чугуна 15 см
Нейтроны спонтанного деления	95,5	99,9
Собственное гамма-излучение калифорния	3,5	0,1
Собственное гамма-излучение продуктов деления	0,2	-
Тормозное излучение	0,8	-
ВСЕГО	100,0	100,0

При работах с калифорнием практически вся радиация формируется нейтронами спонтанного деления.

Одновременно с изучением уровней радиации за защитой была проведена оценка индивидуальных квартальных доз от нейтронного и гамма-излучений при работах с изотопами америция и кюрия. Для операторов величины доз внешнего гамма-облучения составляли $0,05 \pm 0,15$ рентген, а дозы от нейтронов — до $0,05$ бэр. Это указывает на то, что работы проводились, главным образом, с небольшими количествами ТПЭ в боксах с легкой защитой.

Введение в работу изотопов калифорния повышает дозы нейтронного облучения до $0,36$ бэр за квартал. При этом доза гамма-облучения остается без изменений.

Представляло интерес оценить также для операторов горячей лаборатории примерную величину инкорпорированной активности, накопленную за время работы с ТПЭ. Характеристика воздушной среды рабочих помещений определялась нижеследующими данными.

Распределение среднемесячных концентраций радиоактивных аэрозолей ТПЭ при выполнении различных операций соответствовало логарифмически нормальному закону с параметрами: медиана — $1 \cdot 10^{-15}$ кюри/литр, стандартное геометрическое отклонение — $2,4$. С вероятностью 95% все значения концентраций находились в интервале $1 \cdot 10^{-16} \pm 1,4 \cdot 10^{-14}$ кюри/литр.

Характерный изотопный состав аэрозолей: америций-241 — 10%, америций-243 — 5%, кюрий-244 — 75 %, калифорний-252 — 10%. Как правило, получаемые соли были окислами ТПЭ и относились к классу нерастворимых соединений.

Дисперсность аэрозолей, определяемая радиографическим методом с использованием жидких ядерных эмульсий, характеризовалась параметрами: СМАД = 3 ± 5 мкм, $\sigma_g = 1,5 \pm 2$, АМАД = 13 ± 20 мкм.

Величины накопленной активности и доз внутреннего облучения различных областей дыхательного тракта (носоглоточной, трахеобронхиальной, легочной и лимфоузлов) при непрерывном поступлении аэрозолей ТПЭ в течение 5 лет работы приведены в табл. 3.

Таблица 3

Нагрузки и дозы
для различных областей дыхательного тракта

Изотоп	Накопленная активность в пикокюри		Дозы облучения в бэрах			
	P	L	N - P	T - B	P	L
Америций-241	4	3	$2,4 \cdot 10^{-3}$	$< 1 \cdot 10^{-3}$	0,04	0,2
Америций-243	2	1,5	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$< 1 \cdot 10^{-3}$	0,02	0,1
Кюрий-244	27	23	$19 \cdot 10^{-3}$	$< 1 \cdot 10^{-3}$	0,3	1,7
Калифорний-252	3	3	$2,5 \cdot 10^{-3}$	$< 1 \cdot 10^{-3}$	0,04	0,2
ВСЕГО	36	30,5	0,025	$1 \cdot 10^{-3}$	0,4	2,2

Оценка проводилась согласно динамической модели легких¹ с использованием расчетных формул и номограмм из работы². Коэффициент использования средств индивидуальной защиты был принят равным 90%. Рассчитанные дозы внутреннего облучения легких за

5 лет соизмеримы с дозами, полученными за счет внешнего облучения в течение этого же времени.

При переработке реакторных мишеней, когда необходимо выделить ценные короткоживущие изотопы типа кюрия-242, берклия-249, ейнштейния-253, облученный материал поступает с малым временем выдержки. Вследствие этого значительную роль начинают играть изотопы осколочного происхождения. Следует учитывать возможный выдох в воздух радиоактивных газов и аэрозолей продуктов деления и, в первую очередь, йода-131. Проведена оценка вкладов газовой и аэрозольной фаз йода-131 при некоторых способах переработки мишеней (табл. 4).

Таблица 4

Относительный вклад аэрозольной и газовой фаз
в суммарную активность йода-131 в воздухе горячей камеры

Вид переработки мишени	Относительный вклад, %	
	Аэрозольная фаза	Газовая фаза
Механическая резка	99,8	0,2
Щелочное растворение	81,0	19,0
Кислотное растворение	48,0	52,0

Из табл. 4 видно, что при кислотном растворении существенно возрастает процент газовой фазы, которая играет ведущую роль в загрязнении воздушной среды радиоактивным йодом-131 и увеличивает вероятность проникновения его в зону пребывания персонала.

Выявляемая специфичность радиационных условий при работах с ТПЗ требует дифференцированного подхода к решению задач санитарно-дозиметрического и медицинского контроля персонала.

Литература

1. Morrow P. E. et al. Health Phys., 12, 173 (1966).
2. Kotrappa P. Health Phys., 17, 429 (1969).