

**Российская Академия наук  
Уральское отделение  
Институт промышленной  
экологии**

**X МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ СИМПОЗИУМ  
«УРАЛ АТОМНЫЙ, УРАЛ ПРОМЫШЛЕННЫЙ»**

Тезисы докладов на русском и английском языках

**X INTERNATIONAL SYMPOSIUM  
«URAL ATOMIC, URAL INDUSTRIAL»**

Book of abstracts

**озеро Сунгуль  
2002**

Х Международный экологический симпозиум «Урал атомный, Урал промышленный — 2002»

В настоящем сборнике представлены тезисы докладов Х Международного экологического симпозиума «Урал атомный, Урал промышленный — 2002» по следующей тематике:

- экологические аспекты деятельности атомной промышленности и энергетики;
- системный анализ проблем природно-промышленных комплексов.

Ответственный редактор —  
профессор В. Н. Чуканов.

Тезисы докладов публикуются в авторской редакции

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геология СССР: Архангельская, Вологодская области и Коми АССР. Том 2. Москва, 1963 г. 1077 с.
2. Киселев Г. П., Баженов А. В.  $^{137}\text{Cs}$  в почвах Европейского Севера России // Сергеевские чтения. Научный Совет РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрологии. Мат. годичной сессии. Москва, 22—23 марта 2001 года. Вып. 3. Москва "ГЕОС", 2001 г. С. 281—284.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОЛИ НЕПРИСОЕДИНЕННЫХ АТОМОВ ДОЧЕРНИХ ПРОДУКТОВ РАСПАДА В ВОЗДУХЕ

*В. В. Бастриков<sup>1</sup>, М. В. Жуковский<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Уральский государственный технический университет — УПИ

<sup>2</sup>Институт промышленной экологии УрО РАН, г. Екатеринбург

Широко известно, что ингаляционное поступление дочерних продуктов распада (ДПР) радона является основной причиной облучения населения от природных источников ионизирующего излучения. Непосредственно после образования при распаде  $^{222}\text{Rn}$  дочерние продукты распада существуют в виде отдельных атомов или в виде малых кластеров с размерами, не превышающими 1 нм. Такие образования получили название свободных атомов. Через некоторое время в результате взаимодействия с взвешенными в воздухе частицами свободные атомы ДПР радона образуют аэрозольную фракцию. Медианный по активности аэродинамический диаметр радиоактивных аэрозолей ДПР радона в помещении составляет около 300 нм [1].

Для корректной оценки дозовых нагрузок на различные отделы респираторного тракта при ингаляционном поступлении ДПР радона очень важно знать соотношение между активностями неприсоединенной и аэрозольной фракций. Это обусловлено тем, что коэффициенты дозового перехода для неприсоединенных ДПР радона в несколько раз выше, чем для нуклидов, осевших на аэрозолях. Кроме того, в последнее время широкое распространение получили ретроспективные методы оценки экспозиции по ДПР радона, основанные на измерении активности имплантированных в стекло (зеркала, рамки картин или фотографий) ядер отдачи  $^{210}\text{Pb}$ . Для построения корректных моделей, позволяющих связать активность  $^{210}\text{Pb}$  в приповерхностном слое стекла с объемной активностью ДПР радона в воздухе необходимо знать значение доли неприсоединенных атомов, характерное для данного помещения или для данного типа помещений. В связи с этим, основными задачами данной работы являлись разработка и аттестация методов измерения доли неприсоединенных атомов дочерних продуктов распада в воздухе, а также практические измерения в жилых и общественных помещениях.

Разделение свободной и аэрозольной фракций производилось диффузионной батареей экранного типа. Пробоотборник состоял из проволочного латунного экрана (200 меш) и собирающего волоконного фильтра типа АФА-РСП-20, с эффективными диаметрами 5 см. Система функционировала при скорости прокачки  $1,8 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Активности, собираемые экраном и фильтром, измерялись кремниевым детектором площадью  $20 \text{ см}^2$  с эффективностью регистрации  $\alpha$ -излучения равной 34 %. Эффективность аэрозольного фильтра (эффективность задержки аэрозолей и учет самопоглощения  $\alpha$ -излучения в фильтре) составляет 0,95.

Для расчета зависимости проницаемостных характеристик диффузионного экрана от размера частицы использовались полуэмпирические уравнения теории фильт-

рационной модели [2], лучше всего описывающие прохождение частиц через проводочный экран. Проницаемость задается уравнением

$$Pd = \exp\left(-n \frac{4\alpha b_N}{\pi(1-\alpha)d_f} \varepsilon d\right), \quad (1)$$

где  $n$  — количество экранов,  $b_N$  — толщина экрана,  $d_f$  — диаметр проволоки экрана,  $\alpha$  — доля твердого объема экрана,  $\varepsilon$  — эффективность волокон. Диаметр 50 %-ной отсечки находится из условия  $Pd_{50} = 0,5$ . Эффективность задержки свободных ДПР радона экраном можно определить как  $\eta = \int f(d)(1 - P(d))dd$ , где  $f(d)$  — распределение активности свободных ДПР по размеру частиц, которое аппроксимировалось лог-нормальным распределением с активностным медианным диаметром  $AMD = 0,8$  нм и геометрическим стандартным отклонением 1,3. В результате вычислений параметры экрана были определены как  $\eta = 0,875$ ,  $d_{50} = 1,92$  нм.

Для экспериментального определения эффективности экрана производились измерения коэффициента проскока с помощью пробоотборника, состоящего из нескольких одинаковых экранов. Коэффициент проскока  $H$  определялся как отношение активностей, собираемых на двух последовательно установленных экранах. Эффективность экрана связана с коэффициентом проскока простым соотношением:  $\eta = 1 - H$ . Воздух отбирался из лабораторного бокса объемом  $2 \text{ м}^3$  с повышенной концентрацией радона. В результате серии экспериментов среднее значение эффективности экрана составило  $0,860 \pm 0,018$ , что подтвердило результаты расчетов. Эффективность регистрации  $\alpha$ -излучения экрана отличается от соответствующего значения для фильтра, поскольку некоторые продукты распада оседают на боковые участки проволоки экрана. Для определения этой эффективности производилась одновременная прокачка воздуха из бокса через систему “экран-фильтр” и отдельно установленный фильтр. Из соотношения активностей эффективность регистрации  $\alpha$ -излучения экрана была определена равной 19 %. Достоверность того, что используемый экран улавливает только свободные продукты распада радона из воздуха и прозрачен по отношению к аэрозолям, подтверждалась опытом прокачки воздуха из лабораторного бокса с искусственно созданной большой концентрацией аэрозолей. При этом активность, собираемая на экране, падала до нулевых значений.

Определение эквивалентной равновесной объемной активности радона  $C_{\text{eq}}$  и доли неприсоединенных атомов  $f_p$  производилось по методу Кузнецова со следующими временными интервалами: прокачка воздуха — 10 минут, выдержка — 40 минут, измерение числа распадов на экране и фильтре — по 10 минут. Доля свободных атомов рассчитывалась из соотношения активностей, собранных на экране и фильтре. Параллельно с измерениями ЭРОА радона и доли свободных атомов в воздухе помещений производилось определение температуры и влажности в помещении, уличной температуры, а также фиксировалась информация о материале стен, пола и потолка, близости источников аэрозолей, курении в помещении и т. п.

Для вычисления годовой эффективной дозы использовалось следующее уравнение [3]

$$E = \frac{10,5}{3700} \cdot C_{\text{eq}} \cdot (0,60673 \cdot f_p + 0,0316). \quad (2)$$

Уравнение соответствует жилищам, для которых количество часов, проводимых человеком в помещении, принимается равным 7000 часам (ICRP-65). Для производственных помещений годовая занятость составляет 2000 часов, что было учтено при расчетах. Средние значения и диапазоны изменения ЭРОА радона и доли свободных атомов для разных типов помещения представлены в таблице.

Тип помещения	$C_{eq}$ , Бк·м <sup>-3</sup>		$f_p$ , %		Годовая доза, мЗв
	диапазон	среднее	диапазон	среднее	
Офисы с курением	2,7—7,2	4,5	0—11,3	3,4	0,12
Офисы без курения	1,7—6,5	3,9	2,1—22,6	8,0	0,12
Детские сады	2,1—23,7	11,8	2,9—16,6	7,8	0,35
Жилые помещения	1,4—29,9	6,9	0—21,3	7,6	0,71

Как и следовало ожидать, минимальное значение доли свободных атомов соответствует офисным помещениям, в которых курение не запрещено. При этом нулевые значения доли свободных атомов соответствовали измерениям, которые проводились вскоре после курения. Максимальное значение соответствовало дню, когда в помещении никто не курил.

В целом частотное распределение доли неприсоединенных атомов удовлетворительно описывается логнормальным распределением, представленном на рис. 1. Статистически достоверная зависимость доли неприсоединенных атомов на настоящий момент обнаружена только от коэффициента равновесия  $F$ , характеризующего сдвиг равновесия между газообразным радоном и его ДПР (рис. 2). Дальнейшим направлением данной работы является статистически достоверное определение параметров распределения доли неприсоединенных атомов в зависимости от типа помещения, режима его содержания, наличия источников аэрозолей и т.д.

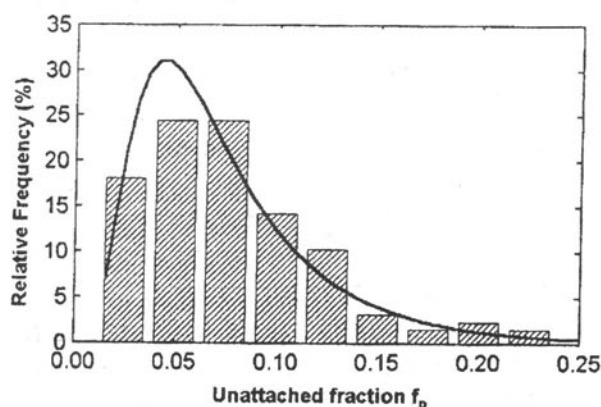


Рис. 1. Распределение доли неприсоединенных атомов ДПР радона

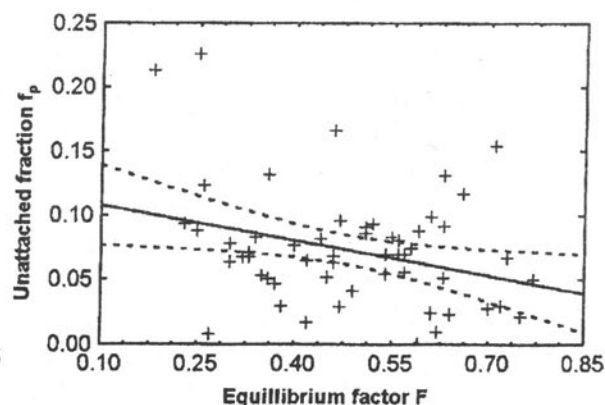


Рис. 2. Связь доли неприсоединенных атомов с коэффициентом равновесия

## ЛИТЕРАТУРА

1. Porstendorfer J. Radon: Measurements Related to Dose // Environment International. 1996. V. 22, Suppl. 1. P. S563-S583.
2. Cheng, Y. S.; Yeh, H. C. Theory of a screen type diffusion battery. J. Aerosol Sci. 1980. V. 11, P. 313—319.
3. Yu, K. N., Guan, Z. J. A portable bronchial dosimeter for radon progeny. Health Physics, 1998. V.75, P. 147—152.