

лученных данных, можно сделать вывод, что наиболее подходящей для производства реакторных трековых мембран является полимерная пленка толщиной 8 мкм.

Заключение. Методом измерения γ -спектров набора тонких полимерных пленок впервые экспериментально определено распределение числа поглощенных по толщине лавсановой пленки 18 различных осколков деления ^{235}U . Экспериментальное значение наиболее вероятного пробега в лавсановой пленке для среднего легкого и тяжелого осколков деления составляет 15 и 11 мкм соответственно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горбачев В.М., Замятнин Ю.С., Лбов А.А. Взаимодействие излучений с ядрами тяжелых элементов и деление ядер. М.: Атомиздат, 1976.
2. Endo K., Doke T. Calibration of plastic nuclear track detectors for identification of heavy charged nuclei using fission fragments. — Nucl. Instrum. Meth., 1973, v. 111, № 1, p. 29—37.
3. Mukherji S., Srivastava B. Universal range-velocity and stopping-power equations for fission fragments and partially stripped heavy ions in solid media. — Phys. Rev. B, 1974, v. 9, № 9, p. 3708—3719.
4. Prakash S., Manohar S., Dange S. e.a. Kinetic-energy distribution in the thermal neutron fission of ^{233}U and ^{239}Pu . — J. Inorg. Nucl. Chem., 1972, v. 34, № 9, p. 2685—2697.
5. Ziegler J., Biersack J., Littmark U. The Stopping and Ranges of Ions in Solids. New York: Pergamon Press, 1985.
6. Шорин В.С. Влияние углового разброса ионного пучка на статистику ядерных пор в трековых мембранах: Препринт ФЭИ № 2877, 2001. 22 с.

Поступила в Редакцию 16.12.02

УДК 614.73-07

ФОНОВЫЕ УРОВНИ РАДИАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОЧВЫ

Прокофьев О.Н., Смирнов О.А. (СПбНИИ радиационной гигиены)

Выявление радиоактивно загрязненных земельных участков можно существенно облегчить, если получить возможность определять фоновые уровни радиационных параметров почвы, которые обусловлены присутствием в ней природных радионуклидов в концентрации, характерной для каждого типа почвы. К числу радиационных параметров, доступных непосредственному измерению простыми средствами, относятся мощность экспозиционной дозы пробы почвы в определенной геометрии измерения и скорость счета импульсов при β -радиометрии толстослойного препарата. В работе предложена методика определения фоновых уровней этих радиационных параметров почвы. Сравнение фактически регистрируемого радиационного параметра пробы почвы с фоновым уровнем позволяет устанавливать наличие и степень радиоактивного загрязнения, а также определять преобладающий состав (γ - или β -излучающие) радионуклидов.

Для перехода от регистрируемой мощности экспозиционной дозы к удельной активности радионуклида можно использовать коэффициент γ -радиометрии, который равен отношению мощности экспозиционной дозы в заданной геометрии измерения к удельной активности радионуклида в пробе и имеет размерность $(\text{мкР}\cdot\text{кг})/(\text{ч}\cdot\text{Бк})$.

Высокая чувствительность при γ -радиометрии может быть обеспечена в том случае, когда детектор рентгенметра размещается в центре на оси цилиндрической пробы. С помощью формулы, определяющей мощность экспозиционной дозы на оси цилиндрической поглощающей пробы [1], рассчитаны коэффициенты γ -радиометрии 75 радионуклидов для двух разных геометрий измерения мощности экспозиционной дозы проб воды [2]. Полученные результаты показали, что если с изменением геометрии измерения коэффициент γ -радиометрии изменяется в 25 раз, то отношение коэффициентов γ -радиометрии (ОКГ) для двух определенных радионуклидов изменяется менее чем на 10%. Это позволяет величину, найденную для определенной геометрии, распространять на широкий диапазон изменения геометрии измерения, т.е. считать в указанном диапазоне отношение коэффициентов γ -радиометрии инвариантом.

В материалах, не содержащих в заметных количествах атомы с зарядом ядра более 13, и для фотонов энергией от 0,1 до 2 МэВ взаимодействие фотонов с веществом определяется комптоновским рассеянием. В этом случае массовый коэффициент ослабления γ -излучения в основном определяется эффективной электронной плотностью материала пробы. Для воды, почвы и соли KCl эффективная электронная плотность одинакова. На этом основании для калибровки детектора можно использовать пробу, приготовленную из KCl, и отношения коэффициентов γ -радиометрии, рассчитанные для воды, использовать и для проб почвы (табл. 1). Информация о γ -спектрах радионуклидов заимствована из справочника [3].

Т а б л и ц а 1. Отношения коэффициентов γ -радиометрии радионуклидов при использовании ^{40}K в качестве опорного

Семейство ^{238}U		Семейство ^{232}Th	
Радионуклид i	$\text{ОКГ}_i^{(\text{U})}$	Радионуклид i	$\text{ОКГ}_i^{(\text{Th})}$
^{210}Pb	0,015	^{208}Tl	6,67*
^{214}Pb	1,49	^{212}Pb	0,69
^{214}Bi	9,47	^{212}Bi	1,24
^{226}Ra	0,033	^{224}Ra	0,056
^{234}Th	0,038	^{228}Ac	6,23
^{234m}Pa	0,07	^{228}Th	0,01
	$\sum_{i=1}^6 \text{ОКГ}_i = 11,12$		$\sum_{i=1}^6 \text{ОКГ}_i = 14,9$

* Для ^{208}Tl дано произведение отношения коэффициента, равного 19,8, на долю 0,337 числа атомов ^{212}Bi , которые при распаде переходят в ^{208}Tl .

Для используемого рентгенметра и заданной геометрии измерения фоновый уровень мощности экспозиционной дозы для γ -радиометрии пробы почвы типа j определяется по результатам измерения мощности экспозиционной дозы пробы KCl и мощности экспозиционной дозы фона по соотношению

$$\Gamma_j = \frac{P_k - P_\phi}{14\,320} \left(a_j^{(\text{K})} + a_j^{(\text{U})} \sum_{i=1}^6 \text{ОКГ}_i^{(\text{U})} + a_j^{(\text{Th})} \sum_{i=1}^6 \text{ОКГ}_i^{(\text{Th})} \right), \quad (1)$$

где P_k — мощность экспозиционной дозы контрольного образца KCl в заданной геометрии измерения, мкР/ч; P_ϕ — фоновая мощность экспозиционной дозы фона, мкР/ч; 14 320 — удельная активность ^{40}K в KCl, Бк/кг; $a_j^{(K)}$ — удельная активность ^{40}K в почве типа j , Бк/кг (табл. 2); $a_j^{(U)} [a_j^{(Th)}]$ — удельная активность радионуклида семейства ^{238}U [^{232}Th], характерная для почвы типа j при условии радиоактивного равновесия, Бк/кг (см. табл. 2); $\text{ОКГ}_i^{(U)(Th)}$ — отношение коэффициента γ -радиометрии радионуклида i семейства ^{238}U [^{232}Th] к коэффициенту γ -радиометрии ^{40}K в той же геометрии измерения. Соотношение (1) получено при условии радиоактивного равновесия в семействах ^{238}U и ^{232}Th , присутствующих в почве.

Т а б л и ц а 2. Удельная активность ^{40}K и отдельных радионуклидов семейств ^{238}U и ^{232}Th в почве разного типа [4], Бк/кг

Почва	$a_j^{(K)}$	$a_j^{(U)}$	$a_j^{(Th)}$
Серозем	670	31	48
Серо-коричневая	700	28	41
Каштановая	550	27	37
Чернозем	410	22	36
Серая лесная	370	18	27
Дерново-подзолистая	300	15	22
Подзолистая	150	9	12
Торфяная	90	6	6

Если мощность экспозиционной дозы пробы почвы, измеренная тем же рентгенметром и в той же геометрии, что и пробы KCl, превышает фоновый уровень для данного типа почвы не менее чем на 20%, то это свидетельствует о наличии в почве техногенной составляющей γ -излучающих радионуклидов и может служить основанием для принятия решения о проведении γ -спектрометрических анализов.

Поглощение и рассеяние β -частиц в материале толстослойного препарата определяется эффективной электронной плотностью. Поскольку для почвы и KCl эффективная электронная плотность одинакова, то при β -радиометрии в качестве контрольного можно использовать препарат KCl. Коэффициент β -радиометрии толстослойного препарата равен отношению скорости счета импульсов препарата за вычетом фона к удельной активности радионуклида (радионуклидов) в препарате и имеет размерность (имп. · кг)/(мин · Бк).

Методика расчета коэффициента β -радиометрии для толстослойного препарата изложена в работе [2]. Выполненные с помощью этой методики расчеты отношений коэффициентов β -радиометрии (ОКБ) для 54 β -излучающих радионуклидов к коэффициенту β -радиометрии ^{40}K показали, что эта величина не изменяется при возможном на практике изменении геометрии измерения. Например, при изменении расстояния от окна торцового счетчика до поверхности толстослойного препарата от 0,5 до 3 см коэффициент β -радиометрии уменьшается в 3,2 раза, отношение коэффициентов β -радиометрии при этом изменяется не более чем на 5%. Это по-

звояет использовать одно и то же значение при разной геометрии измерения (табл. 3). Информация о β -спектрах радионуклидов заимствована из справочника [5].

Таблица 3. Отношения коэффициентов β -радиометрии радионуклидов при использовании ^{40}K в качестве опорного

Семейство ^{238}U		Семейство ^{232}Th	
Радионуклид i	$\text{ОКБ}_i^{(\text{U})}$	Радионуклид i	$\text{ОКБ}_i^{(\text{Th})}$
^{210}Bi	0,80	^{212}Bi	0,76
^{214}Bi	1,62	^{208}Tl	0,43
^{214}Pb	0,30	^{212}Pb	0,06
$^{234\text{m}}\text{Pa}$	2,08	^{228}Ac	0,80
	$\sum_{i=1}^4 \text{ОКБ}_i^{(\text{U})} = 4,8$		$\sum_{i=1}^4 \text{ОКБ}_i^{(\text{Th})} = 2$

Для используемой радиометрической установки и заданной геометрии измерения фоновый уровень скорости счета импульсов для β -радиометрии толстослойного препарата почвы типа j определяется по результатам измерения скорости счета импульсов от толстослойного препарата KCl и скорости счета импульсов фона по соотношению

$$B_j = \frac{N_{\text{к}} - N_{\text{ф}}}{14\,320} \left(a_j^{(\text{K})} + a_j^{(\text{U})} \sum_{i=1}^4 \text{ОКБ}_i^{(\text{U})} + a_j^{(\text{Th})} \sum_{i=1}^4 \text{ОКБ}_i^{(\text{Th})} \right), \quad (2)$$

где $N_{\text{к}}$ — скорость счета импульсов от толстослойного препарата KCl для используемой радиометрической установки и заданной геометрии измерения, имп./мин; $N_{\text{ф}}$ — скорость счета импульсов фона установки, имп./мин; $\text{ОКБ}_i^{(\text{U})(\text{Th})}$ — отношение коэффициента β -радиометрии радионуклида i семейства ^{238}U [^{232}Th] к коэффициенту β -радиометрии ^{40}K при β -радиометрии толстослойного препарата (см. табл. 3). Соотношение (2) получено при условии радиоактивного равновесия в семействах ^{238}U и ^{232}Th , присутствующих в почве.

Если скорость счета импульсов, измеренная от толстослойного препарата почвы на той же радиометрической установке и в той же геометрии измерения, что и от толстослойного препарата KCl, превышает фоновый уровень для данного типа почвы не менее чем на 20%, то это свидетельствует о наличии в почве техногенной составляющей β -излучающих радионуклидов и может служить основанием для принятия решения о проведении радиохимических и β -спектрометрических анализов проб почвы.

С помощью данных, представленных в табл. 1—3, можно рассчитать удельную активность, определенную выражением в круглых скобках формул (1), (2), для каждого типа почвы, представленного в табл. 2. В то же время фоновый уровень радиационного параметра (мощности экспозиционной дозы или скорости счета импульсов) зависит от параметров используемого прибора (рентгенметра или радиометрической установки) и может быть определен только после того, как будет выбран прибор для радиометрии и выполнены калибровочные измерения с пробой KCl и фона.

Таким образом, использование предлагаемых фоновых уровней радиационных параметров почвы позволяет устанавливать наличие или отсутствие техногенных радионуклидов в почве с помощью наиболее доступных измерительных средств (рентгенметра, радиометрической установки) при минимальной подготовке пробы. Применение предлагаемой методики дает возможность исключить необходимость в проведении более сложных анализов (γ -, β -спектрометрических, радиохимических) во всех тех случаях, когда фоновые уровни радиационных параметров почвы (мощность экспозиционной дозы пробы и скорость счета импульсов толстослойного препарата), определенные по изложенной методике, не превышены.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гусев Н.Г., Ковалев Е.Е., Осанов Д.П., Попов В.И. Защита от излучений протяженных источников. М.: Госатомиздат, 1961, с. 192, с. 236—237.
2. Прокофьев О.Н. Санитарно-дозиметрическая экспертиза пищевых продуктов. Л., 1988, деп. в НПО «Союзмединформ» № 16292, 28.09.88, с. 185—190.
3. Схемы распада радионуклидов. Энергия и интенсивность излучения. Публикация № 38 МКРЗ. Ч. 2, книга 2. М.: Энергоатомиздат, 1987. 400 с.
4. Источники и действие ионизирующей радиации. НКДАР ООН, Нью-Йорк, 1978.
5. Алексанкин В.Г., Родичев С.В., Рубцов П.М. и др. Бета- и антинейтринное излучение радиоактивных ядер. Справочник. М.: Энергоатомиздат, 1989. 800 с.

Поступила в Редакцию 1.03.02

Рефераты статей

УДК 629.19:621.039.578

Митенков Ф.М., Яковлев О.А., Полунин В.И., Панов Ю.К., Рукша В.В., Головинский С.А., Кашка М.М. **Перспективы использования ЯЭУ на коммерческих судах Севера России.** — Атомная энергия, 2003, т. 94, вып. 4, с. 255—262.

Приводится информация об опыте многолетнего использования атомных ледоколов в освоении Северного морского пути. Излагаются соображения об условиях обеспечения круглогодичного плавания торговых судов в Арктике. Этому требуют и экономическая целесообразность, и защита национальных интересов России в регионе в соответствии с Морской доктриной Российской Федерации на период до 2020 г. Дается также информация о техническом состоянии действующих атомных ледоколов и характеристиках ледоколов и ЯЭУ нового поколения. Табл. 3.

УДК 621.039.526

Пономарев-Степной Н.Н., Глушков Е.С., Гребенник В.Н., Демин В.Е., Князев В.А., Компаниец Г.В., Кухаркин Н.Е., Поляков Д.Н., Алексеев П.Н., Васильев А.В., Фомиченко П.А. **Разра-**

ботка быстрых гелиевых реакторов в России. — Атомная энергия, 2003, т. 94, вып. 4, с. 262—270.

Обсуждается необходимость использования в ядерной энергетике быстрых реакторов. Показаны преимущества БГР по сравнению с быстрыми жидкометаллическими реакторами. Рассмотрены концепции быстрых гелиевых реакторов, возможности улучшения воспроизводства за счет использования более плотного по сравнению с оксидным топлива, а именно карбидов и нитридов. Указывается на перспективность в рамках международного сотрудничества разработки и применения высокотемпературных реакторов с гелиевым теплоносителем как на тепловых, так и на быстрых нейтронах в ядерной энергетике XXI в. Рис. 5, табл. 2, список лит. 9 назв.

УДК 621.039.5

Платонов П.А., Бурлаков Е.В., Чугунов О.К., Достов А.И., Алексеев В.М., Смородкин Е.И. **Расчетно-экспериментальные исследования энергии Вигнера и физических свойств графита вытеснителей СУЗ РБМК.** — Атомная энергия, 2003, т. 94, вып. 4, с. 270—283.