

УДК 550.378

Поверхностная бета-активность почвенно-растительного покрова, обусловленная продуктами ядерных взрывов, и ее зависимость от вертикальной миграции изотопов

МАХОНЬКО К. П., АВРАМЕНКО А. С.

Выпадение продуктов ядерных взрывов из атмосферы приводит к накоплению на поверхности почвенно-растительного покрова радиоактивных изотопов [1, 2]. Одновременно происходят миграция этих изотопов вглубь почвы и их радиоактивный распад [3, 4]. В зависимости от преобладания первого или второго процесса поверхностная β -активность почвы возрастает или уменьшается. В работе [5] приведены данные о вертикальном распределении в почве продуктов ядерных взрывов с 1963 по 1967 г. Максимальная активность почвы наблюдалась в 1963 г., с 1968 г. ее величина оставалась примерно постоянной и была обусловлена естественной радиоактивностью почвы и растительности. На рисунке приведена временная картина изменения поверхностной активности почв естественного залегания, полученная методом регистрации жесткого β -излучения ($E_{\text{макс}} > 0,35$ МэВ). Пунктиром нанесен уровень естественного фона. Измерения проводились

миграции продуктов ядерных взрывов. Этот эффект в поверхностном слое почвенно-растительного покрова можно рассчитать по разности между суммой кумулятивных атмосферных выпадений отдельных изотопов, образующихся при ядерном взрыве, и реально наблюдавшейся поверхностной β -активностью почвы. В основу расчета (табл. 1) положены экспериментальные данные [1, 2] и соотношения между активностью короткоживущих изотопов для возраста 1 год [6]. В этой же таблице приведены численные значения доли $A_{\text{рег}}/A$ поверхностной активности, где $A_{\text{рег}}$ — регистрируемое β -излучение; A — запас изотопа в почве. Расчет накопления жестких β -излучателей на поверхности почвы для середины каждого года позволяет найти ослабление излучения за счет проникновения изотопов в почву со временем. Большая часть β -излучения с $E_{\text{макс}} > 0,35$ МэВ поглощается почвой, причем через 5 лет вследствие вертикальной миграции изотопов излучение уменьшается почти на порядок (кривая 2 на рисунке).

Радионуклидный состав загрязнения почвы летом 1963 г. Таблица 1

Радионуклид	A, мКи/км ²	A _{рег} /A, %	Радионуклид	A, мКи/км ²	A _{рег} /A, %
⁵⁴ Mn	45	0	¹²⁵ Sb	107	4,2
⁸⁹ Sr	36	51,5	¹²⁷ Te	30	12,5
⁹⁰ Sr	33	4,1	¹³⁷ Cs	56	6,3
⁹⁰ Y	33	67,4	¹⁴¹ Ce	7	3,0
⁹¹ Y	80	54,0	¹⁴⁴ Ce	200	0
⁹⁵ Zr	250	1,1	¹⁴⁴ Pr	200	74,0
⁹⁵ Nb	250	0	¹⁴⁷ Pm	185	0
¹⁰³ Ru	25	0,4	¹⁵¹ Sm	3	0
¹⁰⁶ Ru	465	0	¹⁵⁵ Eu	25	0
¹⁰⁶ Ru	465	77,0			

в июле кассетой счетчиков СТС-6, эталонирование — по ⁴⁰K.

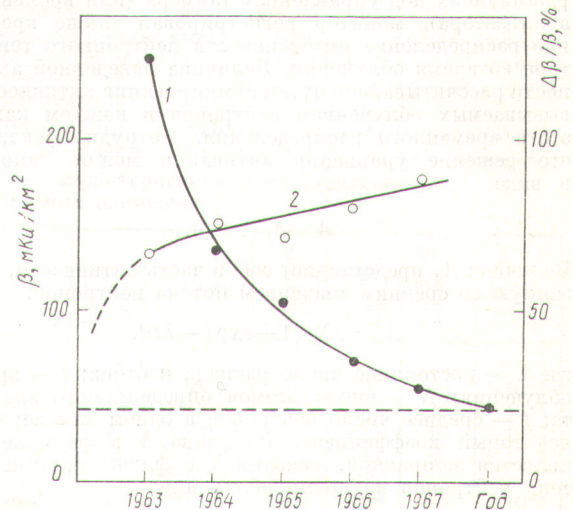
Найдем величину уменьшения со временем поверхностной β -активности почвы в результате вертикальной

Средневзвешенная глубина проникновения β -продуктов ядерных взрывов в почву, d мм Таблица 2

Год	Расчет	Эксперимент	Год	Расчет	Эксперимент
1963	3	4	1966	7	10
1964	5	7—8	1967	12	10—14
1965	4	9—10			

Найдем глубину проникновения продуктов ядерных взрывов в почву. Профиль их концентрации описывается неполной γ -функцией [4], но в ряде случаев или же в поверхностном слое почвы достаточно близок к экспоненте [4, 5] с показателем степени a . Нетрудно показать, что в этом случае средневзвешенная глубина проникновения продуктов ядерных взрывов в почву («центр запаса») выражается соотношением

$$d = 1/a = \frac{A - \beta}{\beta \mu}, \quad (1)$$



Изменение со временем жесткого β -излучения с поверхности почвы (1) и его ослабление $\Delta\beta/\beta$ в результате вертикальной миграции изотопов (2)

где A и β — соответственно расчетный и наблюдаемый по β -излучению на поверхности запас продуктов ядерных взрывов в почве; $\mu = 6 \cdot 10^{-3} \text{ см}^2/\text{мг}$ — коэффициент поглощения β -частиц почвой, эквивалентный поглощению β -частиц реальной смеси изотопов. В табл. 2 приведены значения d , рассчитанные по формуле (1) и полученные экспериментально [5]. Между ними наблюдается удовлетворительное совпадение. Таким образом, скорость роста среднезвешенной глубины проникновения β -излучателей в почву составляет несколько миллиметров в год (без поправки на распад изотопов в процессе миграции).

Поступило в Редакцию 29/XI 1976 г.

УДК 543.53

О способе учета флуктуаций потока излучений в активационном анализе

ФАМ ЗУИ ХИЕН

В экспериментах по активационному анализу влияние флуктуаций потока излучений обычно устраняется путем одновременного облучения образца и эталона или применения внутреннего стандарта [1]. Хотя эти способы в принципе обеспечивают хорошую точность, они имеют и недостатки, ограничивающие производительность метода анализа, и не могут быть всегда успешно использованы, особенно в тех случаях, когда образуются короткоживущие изотопы. В настоящей работе предложен простой способ определения наведенной активности с учетом флуктуаций потока излучений во время облучения. В качестве источника излучений использовали нейтронный генератор с интегральным выходом порядка 10^{10} част./с. Монитором потока нейтронов являлся всеволновый счетчик с детектором СММ-11. С помощью пересчетных устройств, работающих под управлением таймера (или временного анализатора), монитор регистрировал также временное распределение интенсивности нейтронного генератора во время облучения. Величина наведенной активности рассчитывалась путем суммирования активностей, вызываемых облучением нейтронов в каждом канале этого временного распределения. Нетрудно показать, что решение уравнения активации можно записать в виде

$$A = A_1 (1 + \delta). \quad (1)$$

Величина A_1 представляет собой часть активности, связанную со средним значением потока нейтронов:

$$A_1 = \alpha N f [1 - \exp(-\lambda t)], \quad (2)$$

где λ — постоянное число распада изотопа; t — время облучения; N — число атомов определяемого элемента; f — среднее число нейтронов в одном канале; α — некоторый коэффициент. Величина δ в формуле (1) является поправкой, связанной с флуктуациями потока нейтронов во время облучения:

$$\delta = \frac{e^{-\lambda t}}{f(1 - e^{-\lambda t})} [\delta f_1 (e^{\lambda t/n} - 1) + \delta f_2 (e^{2\lambda t/n} - e^{\lambda t/n} + \dots$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильева Н. В. и др. В сб.: Труды ИЭМ, 1972, вып. 25, с. 166.
2. Махонько К. П. и др. Там же, 1976, вып. 6 (64), с. 64.
3. Павлоцкая Ф. И. Миграция радиоактивных продуктов глобальных выпадений в почвах. М., Атомиздат, 1974.
4. Махонько К. П. В сб.: Радиоактивные изотопы в почве и растениях. М.—Л., «Голос», 1969, с. 48.
5. Брендаков В. Ф. и др. В сб.: Труды ИЭМ, 1970, вып. 5, с. 143.
6. Гречушкина М. П. Таблицы состава продуктов мгновенного деления ^{235}U , ^{238}U , ^{239}Pu . М., Атомиздат, 1964.

$$\dots + \delta f_n (e^{\lambda t} - e^{\frac{n-1}{n}\lambda t}). \quad (3)$$

Здесь n — число каналов; f_i — число нейтронов, регистрируемых в i -м канале; $\delta f_i = f_i - f = f_i - \frac{1}{n} \sum_t f_i$

($\sum_i \delta f_i = 0$). При пренебрежении флуктуациями потока нейтронов ($\delta f_i = 0$) или при $n = 1$ $\delta = 0$. В общем случае флуктуации потока нейтронов учитываются путем вычисления поправки δ , а из формулы (1) и экспериментального значения A находится величина A_1 , которая, согласно (2), пропорциональна числу атомов определяемого элемента. Очевидно, что вычисление δ по формуле (3) тем точнее, чем больше число каналов. Однако на практике всегда можно рассчитать поправку по формуле (3) с достаточной точностью при помощи небольшого числа каналов.

В качестве иллюстрации приведем результаты учета флуктуаций интенсивности потока нейтронов при активации кремния, алюминия и железа в бокситах в реакциях $^{28}\text{Si}(n, p)^{28}\text{Al}$ ($T_{1/2} = 2,31$ мин), $^{25}\text{Al}(n, p)^{27}\text{Mg}$ ($T_{1/2} = 10$ мин) и $^{56}\text{Fe}(n, p)^{56}\text{Mn}$ ($T_{1/2} = 2,58$ ч) [2]. Каждый образец и эталон облучались в течение 8 мин, причем счетчик регистрировал число нейтронов в каж-

Флуктуации потока нейтронов в одном облучении Таблица 1

Канал	f_i ($\times 10^{-1}$)	$\delta f_i/f$, %	Канал	t_i ($\times 10^{-1}$)	$\delta f_i/f$, %
0—1	10 935	2,88	4—5	10 715	0,08
1—2	10 980	3,28	5—6	10 428	-1,9
2—3	10 701	0,65	6—7	10 379	-2,35
3—4	10 525	-0,98	7—8	10 378	-2,35