

Радиоактивационное определение содержания железа, кобальта, цинка, скандия, цезия и сурьмы в почвах и растениях

Р. РУСТАМОВ, И. И. ОРЕСТОВА, Ш. ХАТАМОВ, А. А. КИСТ,
Р. Я. ГУШКОВА

УДК 621.039.8:543.7

Возможности инструментального активационного анализа в биологических почвенных исследованиях изложены, например, в работах [1—3].

Известно, что при активации тепловыми нейтронами образцов почв и растений в них наводятся активность более чем 200 изотопов, отличающихся по характеру и энергии излучения, периоду полураспада и активности. Принципиально возможно одновременное определение большого числа изотопов непосредственно после активации. На практике же такой метод применяют сравнительно редко и анализ ведут в определенном временном диапазоне (время активации и время выдержки), что позволяет ценой незначительного уменьшения числа одновременно определяемых элементов повысить чувствительность и надежность анализа. С практической точки зрения при разработке методик, пригодных для использования в серийных анализах, выгодно вести определение по среднеживущим и долгоживущим изотопам.

Цель настоящей работы — рассмотреть возможности анализа почв и растений по долгоживущим изотопам после распада короткоживущих и среднеживущих радиоактивных изотопов

(натрий, калий, марганец и т. д.), создающих из-за высокой активности значительные помехи определению других элементов. Был использован Ge(Li)-детектор объемом 7,3 см³ в сочетании с комплектом усилителей и 1024-канальным амплитудным анализатором импульсов. Навеску почв и растений 200 и 500 мг соответственно облучали вместе с эталонами потоком 10¹³ нейтр/см²·сек в течение 20 ч. После выдержки 15 и 30 дней приступали к измерению спектра γ -квантов, предварительно проградуировав установку с помощью излучателей с известными энергиями излучения.

На рис. 1 представлен характерный спектр γ -квантов образца почвы в интервале 603—1408 кэВ, где преобладают линии изотопов Sb¹²⁴, Cs¹³⁴, Mn⁵⁴, Sc⁴⁶, Zn⁶⁵, Fe⁵⁹, Co⁶⁰ и Eu¹⁵². Аналогичными были и спектры растительных образцов. При менее длительном «охлаждении» образцов в спектрах наблюдается четкая линия изотопа Rb⁸⁶.

Для расчленения неразрешающих пиков вычисляли отношения фотопиков в эталонах и путем последовательного вычитания нормированных спектров вычисляли парциальные интенсивности.

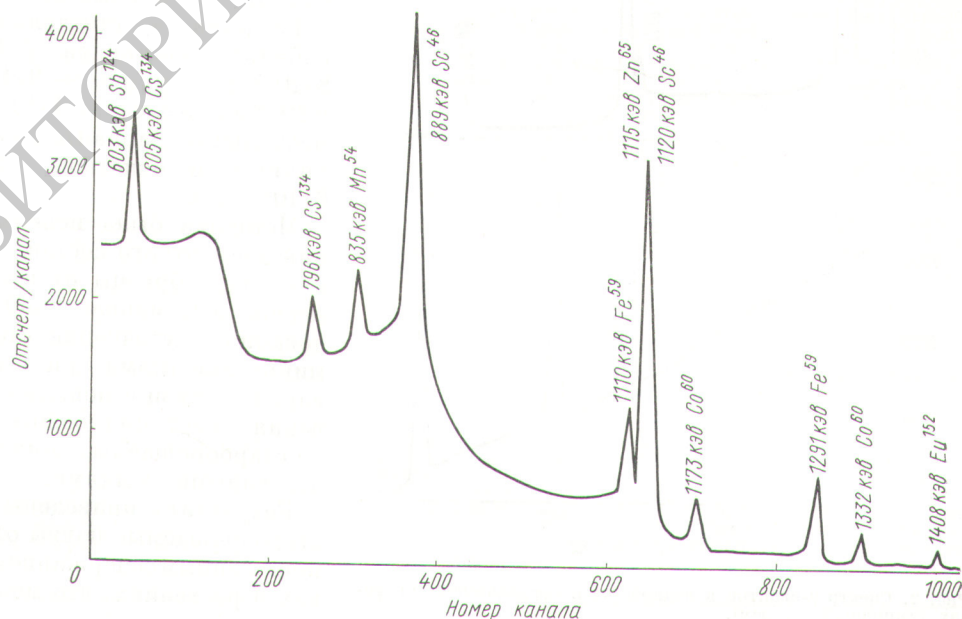


Рис. 1. Гамма-спектр растительных проб в пределах 603—1410 кэВ после месячного «остывания».

Ввиду того что вычисление высоты фотопика радиоактивного цинка 1115 *кэв* проводится вычитанием от суммарного фотопика 1115 + 1120 *кэв*, а также ввиду большого отношения активностей скандия к цинку (10—1), мы провели радиохимический анализ. Для этой цели была разработана следующая методика: образцы растворяли после активации в смеси фтористоводородной и серной кислот в присутствии носителя цинка (5 *мг*). После разложения пробы раствор нагревали до прекращения выделения паров серного ангидрида. Остаток растворяли в концентрированной соляной кислоте. Для предотвращения экстракции железа в качестве маскирующего агента использовали добавку цитрата натрия. Цинк экстрагировали дитизоном в четыреххлористом углероде из слабощелочной среды при pH = 8,3 ÷ 9,3 [4]. Аликвоту органической фазы после измерения повторно активировали и измеряли для определения химического выхода, составляющего 60—80%. Коэффициент очистки цинка от скандия превышал 100. Спектры γ -квантов отдельных фаз приведены на рис. 2. Как видно из рисунка,

Активационное определение цинка (в *мг/кг*)

Таблица 1

Пробы		Инструментальное определение	Определение с радиохимической очистки
Почва	№ 1	60,0 ± 6,0	56,5 ± 3,0
	№ 2	100,0 ± 10,0	94,5 ± 5,0
	№ 3	122,0 ± 12,2	118,0 ± 6,0
Хлопчатник	№ 1	7,1 ± 0,7	6,5 ± 0,3
	№ 2	8,6 ± 0,9	9,0 ± 0,4
	№ 3	12,8 ± 1,3	13,0 ± 0,7

эффективность такой методики вполне удовлетворительна.

Содержание определяемых элементов вычислялось сравнением площадей фотопиков в эталоне и образцах. Для сравнения проводился анализ с использованием сцинтилляционного NaJ(Tl)-детектора по ранее разработанной методике [5]. В табл. 1 приведены результаты сравнения определения цинка в инструментальном варианте и с применением радиохимической очистки от скандия. Как видно из таблицы, методика определения вполне удовлетворительна с точки зрения точности и простоты исполнения. Благодаря использованию наиболее интенсивных линий [6] методика не требует длительного времени измерения даже при использовании сравнительно малообъемных полупроводниковых детекторов.

Расчетная чувствительность при определении кобальта составила $4 \cdot 10^{-7}$ *г/г*, скандия — $8 \cdot 10^{-7}$ *г/г*, сурьмы — $2 \cdot 10^{-6}$ *г/г*, цезия — $1,4 \times 10^{-6}$ *г/г*, железа — $4 \cdot 10^{-4}$ *г/г*, цинка в инструментальном варианте — $5 \cdot 10^{-5}$ *г/г* и с радиохимической очисткой — $5 \cdot 10^{-7}$ *г/г*, европия — $6 \cdot 10^{-10}$ *г/г*.

Методика была использована для определения элементного состава почв и растений Узбекистана. Образцы отбирались в течение июля месяца в Самаркандской области. Цель исследования — уточнение степени обеднения почв микроэлементами при длительном их использовании в связи с повышением частоты возникновения вертициллозного вилта хлопчатника на староорошаемых землях по сравнению с вновь освоенными землями.

Результаты приведены в табл. 2. Как видно, староорошаемые почвы отличаются значительно пониженным содержанием микроэлементов в почвах и растениях, что может быть фоном, благо-

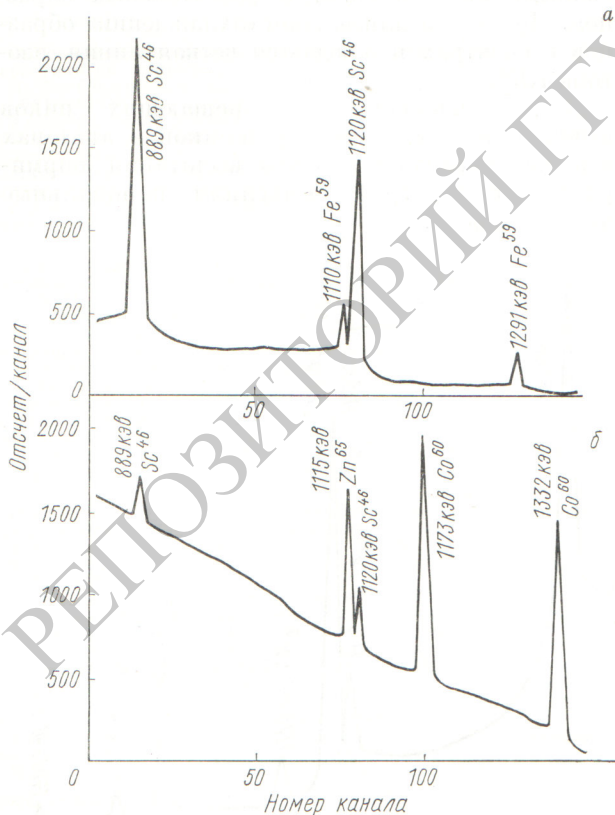


Рис. 2. Спектр γ -квантов в водной (а) и органической (б) фазах (типичный серозем).

Концентрация элементов в сероземе (в мг/кг)

Таблица 2

Микро-элементы	Серозем, орошаемый более 20 лет		Серозем, вновь освоенный	
	почва	хлопчатник	почва	хлопчатник
Железо	2870±140	197±9,7	3006±150	270±13,5
Кобальт	5,92±0,60	0,53±0,06	11,4±1,14	0,97±0,09
Цинк	107±21	8,6±1,7	122±24,4	12,8±2,5
Скандий	7,09±0,36	0,61±0,03	14,3±0,71	1,07±0,06
Цезий	2,73±0,27	0,26±0,03	11,8±0,12	0,76±0,08
Сурьма	1,82±0,27	0,25±0,04	3,54±0,52	0,52±0,08
Европий	0,01±0,0005	0,008±0,0004	0,03±0,0015	0,007±0,0003

приятствующим повышению частоты возникновения вертициллозного вилта. Если сравнить содержание каждого элемента в почвах и растениях, можно заметить линейную связь между ними. По нашему мнению, это свидетельствует о том, что колебания состава почв по всем элементам происходят в области пропорционального накопления растениями этих элементов.

Приведенный материал свидетельствует о надежности одновременного определения большого числа элементов в одной небольшой навеске. Описанная выше методика может быть дополнена методиками по среднеживущим и короткоживущим изотопам, что в принципе позволяет значительно расширить число одновременно определяемых элементов.

Поступила в Редакцию 17/IV 1972 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г. И. Борисов, А. М. Демидов, Е. А. Захаров. «Атомная энергия», 26, вып. 1, 14 (1969).

2. И. И. Орестова. Диссертация, Ташкент, 1970.
3. А. А. Кист, И. И. Орестова, Е. М. Лобанов. В сб. «Нейтронноактивационный анализ». Ташкент, «ФАН», 1971, стр. 88.
4. Е. В. Ариуншкينا. Руководство по химическому анализу почв. М., Изд. МГУ, 1970.
5. Ш. Хатамов, А. А. Кист, У. Максудов. Программа и тезисы доклада XX Ежегодного совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. Ч. II. Л., 1971, «Наука» стр. 162.
6. G. Gordon, K. Randle, G. Gole s. Geochim. et cosmochim. acta, 32, No. 4, 369—396 (1968).

Abstracts of Articles in this Issue

Continued from page 960.

UDC 533.9:621.039.624

A Study of Energy Recovery from Charged Particles in a System of «Sloped» Diaphragms by O. A. Vinogradova, S. K. Dimitrov, A. M. Zhitlukhin, V. M. Smirnov, V. G. Telkovski. Atomnaya energiya, 33, 969 (1972).

A System of Sloped Diaphragms (SSD) having a d. c. decelerating and deflecting electrostatic field for direct energy recovery of a rarefied ion beam emerging from the expander in a thermonuclear mirror reactor has been proposed. The line crossing the collecting diaphragms (electrodes) has been chosen so as to minimize, on an average, its deviation from the tops of particle parabolic trajectories, i.e., points where particle energy is minimal.

For a low-density plane beam (without space charge effect) the theoretical efficiency may exceed 99%.

In order to estimate the space charge effect, the ratio $\frac{d}{r_{di}}$ of a beam with d at the entrance angle of the recuperator to the Debye radius r_{di} of ions calculated from the initial longitudinal ion energy has been used. Analytical and numerical investigations showed that for $\frac{d}{r_{di}} \approx 0,15 \div 0,20$, i.e., corresponding to a full-scale reactor proposed by Post, the system efficiency with preliminary focusing may reach $> 90\%$. The experiment with a low-density beam ($\frac{d}{r_{di}} = 0,014$, current density $j = 3 \cdot 10^{-5}$ A/cm², $d = 0,3$ cm, ion energy $W_{\max} = 4$ keV) gave an efficiency of 96% (with the estimated efficiency — 97%). For a relatively dense beam $\frac{d}{r_{di}} = 0,04$ and a non-optimum set of parameters without preliminary focusing and transverse energy recovery, the experimental efficiency was 88% (with an optimal estimated value of $\eta = 90\%$). Calculations and experimental results showed that the estimated η should not be too high (not more than 92—94%) to increase the system's

stability with respect to errors in the beam orientation and the presence of transverse energy spread as well as space charge effect. The error in the efficiency value was 5%. (4 figures, 1 table, 4 references.)

UDC 621.039.8:543.7

Radioactivation Analysis of the Iron, Cobalt, Zinc, Scandium, Cesium and Antimony in Soils and Plants by R. Rustamov, I. I. Orestova, Sh. Khatamov, A. A. Kist and R. J. A. Tushkova. Atomnaya energiya, 33, 975 (1972).

The possibility of instrumental-activation analysis of iron, cobalt, zinc, scandium, cesium and antimony in long-lived radioisotopes has been demonstrated.

Soil-plant samples were irradiated with reactor neutrons. The gamma-spectra of these samples were determined by a spectrometer consisting of a 1024-channel NTA-512B analyzer and a Ge(Li)-semiconductor detector. This method was used for serial analysis of soils and cotton.

The degree of depletion of certain trace elements in soils continuously used for cotton growing has been determined. The photopeaks 1291 keV (⁶⁰Fe), 1332 keV (⁶⁰Co), 1115 keV (⁶⁰Zn), 1120 keV, 889 keV (⁴⁶Sc), 796 keV, 605 keV (¹³⁴Cs), 603 keV (¹²⁴Sb) were used to determine these elements.

The actual sensitivity of this method was $4 \cdot 10^{-7}$ g/g for cobalt, $1,8 \cdot 10^{-7}$ g/g for scandium, $2 \cdot 10^{-8}$ g/g for antimony, $1,4 \cdot 10^{-8}$ g/g for cesium, $4 \cdot 10^{-4}$ g/g for iron and $5 \cdot 10^{-7}$ g/g for zinc. (2 figures, 2 tables, 6 references.)

UDC 546.799:539.1.074.5

On the Origin of Fission Fragment Tracks in Lead Glass by G. N. Flerov, V. P. Perelygin and O. Otgonsuren. Atomnaya energiya, 33, 979 (1972).

The origin of fission fragment tracks, observed when etching old lead glass, has been investigated. By means of the registering technique of track coincidence in two layers of polymeric film, the authors have shown that this effect is due, apparently, to the fission of lead nuclei induced by the nucleon component of cosmic radiation. The probability of lead fission due to the nucleon component is found to be (15 ± 4) fissions/gm per year. (4 figures, 20 references.)