Измерение суммарной альфа-активности естественных радионуклидов в древних костных останках

А. Васидов, Б.Дж. Сайдуллаев*, Т.М. Усманов

Институт ядерной физики АН РУз, Мирзо Улугбекский район, пос. Улугбек, ул. Хорасан 1, 100214, Ташкент, Узбекистан

Received 22.12.2021

* Corresponding author: e-mail saydullayev@inp.uz, Phone: +99 8995200510

В работе приведены экспериментальные результаты удельной суммарной альфа-активности естественных альфа-излучающих радионуклидов из древних и стандартной костей и почв из мест обнаружения, измеренные альфа-радиометром МКГБ-01 “РАДЭК”. Результаты показали, что значения удельных альфа-активностей радионуклидов в древних костях в несколько раз больше, чем в стандартной кости и почвах.

Ключевые слова: суммарная альфа-активность, доисторические и древние кости.

In present work the experimental results of the specific total alpha activity of natural alpha-emitting radionuclide from ancient and standard bones as well as soils from the places of detection, measured by the MKGB-01 "RADEK" alpha-radiometer are presented. The results showed that the values of the specific alpha activity of radionuclide in ancient bones are several times higher than in standard bones and soils.

Keywords total alpha activity, prehistoric and ancient bones.

DOI: https//doi.org/10.52304/.v24i1.306

I. Введение

Самыми распространенными и обильными останками на поверхности земли являются кости вымерших животных и людей. Эти останки условно делятся на доисторические и древние кости (ДДК). К первым относят в основном кости динозавров и их сородичей, обитавших на Земле 65 миллионов лет назад. К древним костям относят скелеты животных и первобытных людей, живших менее миллиона лет назад [1]. Из археологических исследований следует, что кости, использованные древними цивилизациями, являются не только сырьевыми материалами при изготовлении орудий труда и декоративных предметов. К тому же они являются носителями информации из далекого прошлого [1-3]. В процессе длительного нахождения скелетов в культурных слоях Земли наблюдаются динамические вариации микроэлементного состава костей. Для остеологов, палеонтологов, биофизиков и радио-экологов практический и научный интерес представляет процесс поступления естественных альфа излучающих радионуклидов (ЕАИР или АИР) из почвы в кость. Измерением и слежением за АИР в системе почва-кость можно получить информацию о подвижности и селективности накопления элементов в ДДК образцах. Научные публикации, посвященные именно измерениям суммарной альфа-активности естественных радионуклидов в образцах ДДК в научной литературе отсутствуют, имеется лишь работа [4], где АИР были определены измерением их гамма активностей.

Существуют множество природных факторов, которые могут влиять на проникновение АИР в ДДК. К этим источникам можно отнести питательную среду млекопитающих, природные катаклизмы, связанные с метеоритами или неизвестными источниками АИР, а также естественную миграцию АИР из почвы в ткань ДДК в те-

чение длительного нахождения скелетов в недрах Земли. При решении данной задачи авторы не исследуют причины и следствия влияния природных факторов на образование и накопление АИР в ДДК.

II. Объекты экспериментов

Объектами исследования являются доисторические кости динозавров (КД-1 и КД-2) [2] и кость (древнего человека) архантропа (КА), найденные в пещере Сульунгур в 1960-1970 годах в Ферганской долине [3]. В 2013 и 2014 годах на территории Узбекистана были найдены кости южных мамонтов (КЮМ) вблизи города Ангрена (КЮМ-А) и в селе Гиштли в Кашкадарьинской области (КЮМ-К) [5]. Образцы костей и почв были представлены Археологическим институтом РАН и геологическим музеем Республики Узбекистан. В качестве стандартной кости (СК) взята кость современного млекопитающего.

Найденные кости по сохранности имеют разные состояния прочности и ветхости. Поэтому специалисты из Института археологии РАН [6] оценивают естественную сохранность остеологических материалов по пятибалльной системе. Высший балл 5 получает такое естественное состояние кости, при котором костная ткань сохраняет достаточную прочность, так что для ее разлома требуются вполне ощутимые усилия. Низший балл 1 получает такое состояние кости, когда костная ткань рассыпается при попытках ее почистить или вымыть. Балл 4 получают костные остатки, которые при направленном действии можно достаточно легко сломать, но без направленного воздействия они сохраняют свою форму и в особенности поверхностный слой. Баллы 3 и 2 получают костные остатки, которые после их чистки и мытья могут в той или иной степени рассыхаться, давать трещины и распадаться на более мелкие фрагменты.

III. Подготовка образцов

Поверхностные загрязнения исследуемых костей очищали путем протирки тампоном, смоченным этанолом до образования чистой поверхности. После выдержки фрагменты костей и почв измельчали, перемешивали и просеивали через сито с диаметром отверстий 2 мм для получения однородного порошкового образца.

Образцы сушили в сушильном шкафу при 120°C в течение одного дня, далее все измельчали примерно до одинакового размера (1–1.5 мм) и помещали в специальные контейнеры. Примерно 5–20 мл каждого образца отбирали, помещали в специальные металлические контейнеры (подложка) и растворяли в спирте для образования плоской поверхности. Затем его сушили под инфракрасной лампой мощностью 400 Вт. После сушки массу нетто образца определяли перед измерением.

Подготовленные образцы измеряли на радиометре в течение 1 часа. После измерения массы образцов взвешивали, а затем определяли средние массы во время измерения и записывали в память радиометра. Это связано с тем, что высушенные образцы поглощают влагу из воздуха во время измерения. Чтобы устранить эту ошибку, использовали среднюю массу (точность измерения весов составляла 1 мл).

Среднюю массу определяли по следующей формуле:

$$\Delta m = [(m_1 - m_0) + (m_2 - m_0]/2. \quad (1)$$

Здесь Δm – средняя масса, m_1 – масса до измерения, m_0 – масса специального металлического контейнера, m_2 – масса после измерения.

IV. Методы исследования

Естественными альфа-излучающими радионуклидами являются материнские ^{235}U, ^{238}U, ^{232}Th и их дочерние продукты распада Ra, Rn, Po, Bi и At. Для определения присутствия АИР в ДДК целесообразно использовать метод измерения суммарной альфа-активности (САА). Для измерения САА образцов ДДК был использован сцинтилляционный альфа-радиометр МКГБ-01 «РАДЭК» [7]. Основные технические характеристики альфа-радиометра МКГБ-01 «РАДЭК» следующие: сцинтилляционный детектор ZnS(Ag) с диаметром 60 мм; детектируемый интервал энергий α-частиц от 2 до 10 МэВ; чувствительность регистрации α-частиц не менее 1080 (имп/ч)/Бк и эффективность регистрации 60%; диапазон измерения суммарной α-активности от 0.1 до 5×10^4 Бк; погрешность измерения не более ±20% [7].

Рабочий фон радиометра МКГБ-01 составлял 20±3 имп/ч по альфа каналу. Масса порошков для счетной подложки радиометра составляла 20 мг, время измерения 60 минут. Суммарная удельная

©Академия наук Республики Узбекистан, 2022

альфа-активность радионуклидов (СУААР) определялась из соотношения:

$$C = N/t \cdot m \cdot \varepsilon, \quad (2)$$

где C – СУААР, *Бк/кг*; N – суммарное число альфа-частиц, *имп*; t – время регистрации, *сек*; m – масса исследуемого образца, *кг*; ε – эффективность регистрации альфа-частиц радиометром.

V. Результаты измерения и их обсуждение

В таблице приведены результаты измерения в импульсах, α/час и СУААР, Бк/кг. В таблицах 1 и 2 кость и ее почва обозначены римскими цифрами (I – КЮМ-А и почва), (VI – СК и почва) для облегчения и удобства сравнения и интерпретации результатов.

Таблица. Суммарные альфа импульсы и удельная альфа-активность радионуклидов

№	Пробы, кость и почва	Импульсы, α/час	СУААР, Бк/кг
I	КЮМ-А	447	10728±2000
	Почва-А	78	1828±340
II	КЮМ-К	129	3097±560
	Почва-К	21	504±90
III	КД-1	120	2877±540
	Почва КД-1	15	360±68
IV	КД-2	57	1369±240
	Почва-КД-2	16	384±76
V	КА	42	988±190
	Почва-КА	17	408±78
VI	СК	46	1104±210
	Почва-СК	15	360±68

Как видно из таблицы, СУААР в I–V меняются в больших интервалах от 988 до10728 Бк/кг для ДДК, и от 384 до 1828 Бк/кг для почв. СУААР в КЮМ-А почти в 10 раз превышает СУААР в СК (1104 Бк/кг), а СУААР в почве А почти в 5 раз больше, чем в почве СК (360 Бк/кг). Такие высокие значения СУААР в КЮМ-А и почве А объясняются тем, что местная почва богата содержанием урана и соседствует с бывшей урановой шахтой Янги-Абада [8]. Из этих фактов следует, что почва является основным источником миграции радиоактивных микроэлементов в ткань скелета.

VI. Заключение

Применение альфа радиометра МКГБ-01 при измерении суммарного альфа-излучения естественных радионуклидов в исследованных образцах дали следующие результаты:

– для доисторических и древних костей – 988÷10728 Бк/кг;

– для почв – 360÷1828 Бк/кг;

– для стандартной кости – 1104 Бк/кг;

Обнаружено, что костная ткань является хорошим сорбентом для альфа излучающих естественных радиоизотопов.

Метаданные

Measurement of the total alpha activity of natural radionuclide in ancient bone remains

A. Vasidov, B.J. Saydullaev, T.M. Usmanov

Institute of Nuclear Physics of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Mirzo Ulugbek district, Ulugbek township, Khorasan 1, 100214, Tashkent, Uzbekistan

In present work the experimental results of the specific total alpha activity of natural alpha-emitting radionuclide from ancient and standard bones as well as soils from the places of detection, measured by the MKGB-01 "RADEK" alpha-radiometer are presented. The results showed that the values of the specific alpha activity of radionuclide in ancient bones are several times higher than in standard bones and soils

Keywords: total alpha activity, prehistoric and ancient bones.

Литература (References)

[1] Worked bone research group of the international council of zooarchaeology. www.wbrg.net

[2] R.A. Khalmukhamedova, N.N. Volozheninov, K.A. Krakhmal'. Paleograficheskoe izuchenie Khaydarkanskoy doliny. K istokam istorii drevnekamennogo veka (Tashkent, Fan, 1996).

©Академия наук Республики Узбекистан, 2022

[3] U.I. Islamov, K.A. Krakhmal'. Paleekologiya i Sledy Drevneyshego Cheloveka v Central'noy Azii (Tashkent, Fan, 1995).
[4] B.A. Almayahi, A.A. Tajuddin, M.S. Jaafar. Radiat Phys. Chem.**97**, 56-67 (2014).
[5] Kh.A. Toychiev, K.A. Krakhmal', U.K. Abdunazarov. Otkrytie zakhoroneniya yuzhnogo mamonta na territorii Uzbekistana. Osnovnye problemy magmaticheskoy geologii zapadnogo Tyan'-Shanya. Materialy II Respublikanskoy konferentsii (Tashkent, p.124-127, 2013).
[6] E.E. Antipina. Российская археология No.1, 103-116 (1999).
[7] Radiometr "Radek" dlya izmereniya summarnogo al'fa izlucheniya. https://www.radek.ru/methods/alfa/
[8] A. Vasidov, U.S. Salikhbaev, A.A. Kist, R.I. Radyuk. Atomnaya Energiya **109**, No.5 (2010).

Қадимги суяк қолдиқларида табиий радионуклид-ларнинг умумий алъфа-активлигини ўлчаш

А. Васидов, Б.Ж. Сайдуллаев, Т.М. Усманов

Ўзбекистон республикаси Фанлар академияси Ядро физикаси институти, Мирзо Улугбек тумани, Улугбек шахарчаси, Хуросан 1, 100214, Тошкент, Ўзбекистон

Мақолада қадимги ва стандарт суяклар ҳамда уларнинг тупроқлари МКГБ-01 "РАДЕК" алъфа-радиометр ёрдамида табиий алъфа чиқарадиган радионуклидларнинг умумий алъфа-активлигини аниқлаш тажриба натижалари келтрилган. Натижалар шуни кўрсатадики, қадимги суяклардаги радионуклидларнинг умумий алъфа-активлиги стандарт суяк ва тупроқларга қараганда бир неча бараварга юқори экан.

Калит сўзлар: умумий альфа-активлик, тарихий ва қадимги суяклар.

©Академия наук Республики Узбекистан, 2022