

## НАБЛЮДЕНИЕ СУТОЧНЫХ И ГОДОВЫХ ВАРИАЦИЙ ПЕРИОДА ПОЛУРАСПАДА $^{214}\text{Po}$

*Е. Н. Алексеев*<sup>1</sup>, *Ю. М. Гаврилюк*<sup>1</sup>, *А. М. Гангантшев*<sup>1</sup>,  
*А. М. Гежаев*<sup>1</sup>, *В. В. Казалов*<sup>1,\*</sup>, *В. В. Кузьминов*<sup>1</sup>,  
*С. И. Панасенко*<sup>2</sup>, *С. С. Раткевич*<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт ядерных исследований Российской академии наук, Москва

<sup>2</sup> Харьковский национальный университет им. В. Н. Каразина, Харьков, Украина

Представлены результаты анализа временных рядов значений периода полураспада ( $\tau$ ) ядра  $^{214}\text{Po}$  с различным временным шагом с установок ТАУ-1 (354 сут) и ТАУ-2 (973 сут). В рядах значений  $\tau$  обнаружены годовая вариация с амплитудой  $(9,8 \pm 0,6) \cdot 10^{-4}$  и суточные вариации в солнечном, лунном и звездном времени с амплитудами  $(5,3 \pm 0,3) \cdot 10^{-4}$ ,  $(6,9 \pm 2,0) \cdot 10^{-4}$  и  $(7,2 \pm 1,2) \cdot 10^{-4}$  соответственно. Показано, что вариации микроклиматических параметров не могут быть причиной вариаций  $\tau$ .

The results of the analysis of time series values of  $^{214}\text{Po}$  nucleus half-life ( $\tau$ ) with different time-step from the TAU-1 (354 days) and TAU-2 (973 days) installations are presented. The annual variation with an amplitude of  $(9.8 \pm 0.6) \cdot 10^{-4}$  and diurnal variations in the solar, lunar, and stellar time with amplitudes of  $(5.3 \pm 0.3) \cdot 10^{-4}$ ,  $(6.9 \pm 2.0) \cdot 10^{-4}$ , and  $(7.2 \pm 1.2) \cdot 10^{-4}$ , respectively, are found in the numerical series of the  $\tau$  values. It is shown that variations of microclimatic variables cannot be the cause of  $\tau$  variations.

PACS: 27.80.+w; 23.60.+e

### ВВЕДЕНИЕ

В исследованиях [1, 2], посвященных поискам пределов выполнимости закона сохранения постоянной распада, по результатам долговременных измерений скорости счета для нескольких радиоактивных изотопов достигнуты ограничения на возможные годовые вариации этого параметра на уровне чувствительности не хуже  $2 \cdot 10^{-4}$ . В то же время в работах [3, 4] приводятся свидетельства того, что константа распада испытывает годовые периодические вариации на уровне  $\sim 10^{-3}$ . Для устранения возможного влияния на

---

\*E-mail: bno\_vvk@mail.ru

результаты измерений известных переменных факторов окружающей среды в работе [5] для  $\alpha$ -активного  $^{214}\text{Po}$  нами была реализована методика определения константы распада по измерениям времени жизни изотопа от рождения ( $\beta$ -распад  $^{214}\text{Bi}$  на возбужденные уровни  $^{214}\text{Po}$  (старт)) до распада (стоп). Источник  $^{226}\text{Ra}$  ( $T_{1/2} = 1600$  лет) используется в качестве генератора ядер  $^{214}\text{Bi}$ .

Методика измерений и подробное описание экспериментальных установок ТАУ-1 и ТАУ-2 детально описаны в работах [5, 6].

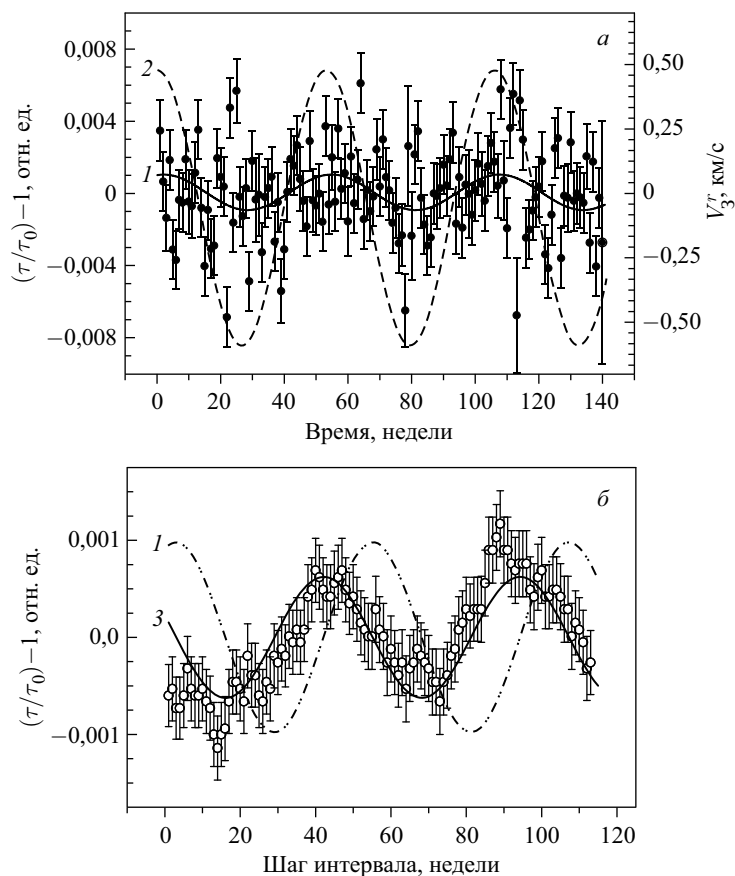
В настоящей работе приводятся результаты анализа данных, накопленных за 354 сут (ТАУ-1) и 973 сут (ТАУ-2).

## 1. ПОИСК ДОЛГОВРЕМЕННЫХ ВАРИАЦИЙ $\tau(t)$

Полное время работы детектора ТАУ-2 за период октябрь 2012–май 2015 г. составило 973 сут. Полученный из этих данных период полураспада  $^{214}\text{Po}$  составляет  $\tau = (163,47 \pm 0,03)$  мкс.

Для построения временной зависимости величины  $\tau$  непрерывный набор данных разбивался на участки равной длительности. Для каждого участка строилась распадная кривая и находилась величина  $\tau(t)$ . Таким образом формировался непрерывный ряд значений  $\tau(t)$  с заданным временным шагом. На рис. а точками представлена зависимость от времени величины  $\tau$  с недельным шагом накопления данных. Величина  $\tau$  определялась аппроксимацией кривых распада, полученных за 7 сут набора информации, функцией  $F(t) = A \exp(-\ln(2)t/\tau) + b$ . Для поиска какой-либо гармоник в ряду данных выбирается интервал длительностью 0,5 ожидаемого периода, и для этого интервала определяется величина искомого параметра. Далее интервал сдвигается на 1 шаг и процедура повторяется (метод «внутреннего скользящего суммирования» — ВСС). Для поиска годовой периодичности был выбран интервал 0,5 года и шаг 1 неделя. Результат представлен точками на рис. б. Величина ошибки каждого значения определяется комбинацией статистической ошибки данных и систематической ошибки при разделении распадной кривой на экспоненту и плоскую подложку. Из этих данных методом  $\chi^2$  получена аппроксимирующая зависимость  $\tau(t) = \tau_0[1 + A \sin(\omega(t - \varphi))]$ , где  $\tau_0$  — средний период полураспада;  $\omega = 2\pi/365 \text{ сут}^{-1}$ ;  $A = 6,2 \cdot 10^{-4}$  — амплитуда;  $\varphi = 105 \text{ сут}$  — фазовый сдвиг начальной точки кривой относительно 1 января (рис. б, кривая 3). Исходная зависимость имеет тот же период (1 год), амплитуду в  $\pi/2$  раз больше и смещена на 0,5 скользящего интервала (0,25 года = 91 сут). Восстановленная годовая волна с амплитудой  $A = (9,8 \pm 0,6) \cdot 10^{-4}$  и фазой  $\varphi = (196 \pm 7) \text{ сут}$  показана на графиках кривой 1.

Найденная периодическая составляющая не может быть объяснена изменением расстояния между Землей и Солнцем, так как фазы найденного



Зависимость от времени нормированных величин  $[(\tau/\tau_0) - 1]$ : а) полученных за неделю; б) полученных методом ВСС с величиной интервала осреднения 0,5 года и шагом 1 неделя. Кривая 1 — вариация, полученная из анализа результатов обработки данных методом ВСС; кривая 2 — скорость Земли относительно Солнца (правая шкала). Кривая 3 — аппроксимация функцией  $F(t)$  с амплитудой  $A = 6,2 \cdot 10^{-4}$  и фазовым сдвигом 105 сут

периода и периода изменения расстояния, связанного с движением Земли, различаются на 3 мес., в то время как зависимости от времени  $\tau(t)$  и относительной скорости Земли и Солнца  $Z(t)$  совпадают по фазе с точностью  $\pm 1$  неделя.

Для поиска возможного влияния периодических изменений микроклиматических параметров на характеристики установок были исследованы многолетние ряды данных о величине температуры, влажности и давления воздуха

в рабочих помещениях. Установлено, что фазы годовых вариаций этих параметров опережают фазу вариации  $\tau$  на  $\sim 1,5$ –3 мес. Поэтому они не могут являться прямой причиной вариаций  $\tau$ .

Для поиска суточных вариаций периода полураспада  $^{214}\text{Po}$  в солнечном, звездном и лунном времени также был применен метод ВСС. В каждом случае длительность соответствующих суток разделялась на 24 ч. Длительность звездных и лунных суток в стандартном солнечном времени составляет 23 ч 56 мин 4,09 с и 24 ч 50 мин 28,2 с соответственно. В качестве интервала осреднения был выбран промежуток времени 12 ч, шаг сдвига 1 ч. Были обнаружены суточные вариации в солнечном, звездном и лунном времени с амплитудами  $(7,5 \pm 1,2) \cdot 10^{-4}$ ,  $(7,2 \pm 1,2) \cdot 10^{-4}$  и  $(6,9 \pm 2,0) \cdot 10^{-4}$  соответственно. При изменении точки начала отсчета анализируемого временного ряда данных с установки ТАУ-2 фазы звездно-суточной и лунно-суточной вариаций  $\tau$  изменяются в соответствии с ожиданиями из астрономических закономерностей движения Земли относительно Солнца, Луны и звезд. Подобного поведения вариации температуры не наблюдается.

Полное время работы детектора ТАУ-1 за период май 2014–май 2015 г. составило 354 сут. Для поиска вариаций различной периодичности была использована та же процедура, что для данных установки ТАУ-2. В ряду данных ТАУ-1 были обнаружены солнечно-суточная вариация с амплитудой  $(1,7 \pm 0,4) \cdot 10^{-3}$ , звездно-суточная вариация с амплитудой  $(9,5 \pm 0,5) \cdot 10^{-4}$ , лунно-суточная вариация с амплитудой  $= (8,0 \pm 3,0) \cdot 10^{-4}$ . Для определения амплитуды годовой вариации по методу ВСС не хватает длины накопленного ряда.

## 2. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Из сравнения результатов для ТАУ-1 и ТАУ-2 следует, что выделенные вариации периода полураспада  $^{214}\text{Po}$ , происходящие в двух независимых установках, совпадают в пределах статистических ошибок. Для выяснения причины наблюдаемых вариаций  $\tau$  был исследован вопрос возможного влияния вариаций температуры, влажности и давления воздуха на характеристики измерительных установок, хотя на первый взгляд такая связь отсутствует. Из сравнения фаз годовых вариаций различных природных параметров установлено, что ни один из рассмотренных процессов не совпадает по фазе с  $\tau$ . Из сравнения поведения суточных вариаций температуры в солнечном, звездном и лунном времени с поведением одноименных вариаций параметра  $\tau$  в ответ на изменения условий формирования выборок можно сделать выводы, что рассмотренные микроклиматические параметры не оказывают заметного влияния на величину  $\tau$  и на достигнутом уровне чувствительности не могут вызывать наблюдаемых вариаций периода полураспада  $^{214}\text{Po}$ .

Обнаружена сильная корреляция солнечно-суточной и лунно-суточной вариации  $\tau$  и скорости установки ( $Z$ ) в направлении на выделенный астрономический объект. Поскольку однозначная причинная связь между вариациями  $\tau$  и  $Z$  пока не установлена, требуется продолжить работу по изучению обнаруженных закономерностей.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В представленной работе приведены результаты анализа данных, полученных на установках ТАУ-1 и ТАУ-2, предназначенных для долговременного контроля величины периода полураспада изотопа  $^{214}\text{Po}$ . Показано, что  $\tau$  испытывает годовые и суточные вариации, которые не могут быть объяснены влиянием вариаций микроклиматических параметров на характеристики регистрирующей аппаратуры. Исследования продолжаются с новой установкой ТАУ-3, в которой использован источник  $^{229}\text{Th}$  с рабочим изотопом  $^{213}\text{Po}$ , имеющим период полураспада 4,2 мкс.

Работа выполнена в соответствии с планом НИР ИЯИ РАН при финансовой поддержке программы «Физика высоких энергий и нейтринная астрофизика» Президиума РАН.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hardy J. C., Goodwin J. R., Jacob V. E. // Appl. Rad. Isotopes. 2012. V. 70. P. 1931.
2. Bellotti E. et al. // Phys. Lett. B. 2012. V. 710. P. 114.
3. Jenkins J. H. et al. // Astropart. Phys. 2010. V. 32. P. 42.
4. Sturrock P. A., Fischbach E., Jenkins J. // Astrophys. J. 2014. V. 794. P. 42.
5. Alexeyev E. N. et al. // Astropart. Phys. 2013. V. 46. P. 23.
6. Alexeyev E. N. et al. // Phys. Part. Nucl. 2015. V. 46, No. 2. P. 157.