

УДК 57.034; 577.3; 591.1

**СВЯЗЬ УЛЬТРАДИАННЫХ РИТМОВ ТЕМПЕРАТУРЫ ТЕЛА
ЛАБОРАТОРНЫХ МЫШЕЙ С ФЛУКТУАЦИЯМИ РАДИОАКТИВНОГО
РАСПАДА ПРИРОДНОГО ИЗОТОПА КАЛИЯ-40**

Диатроптов М. Е.^{1,2}, Диатроптова М. А.³

¹*ФГБУН Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН, Москва, Россия*

²*ФГБНУ НИИ ревматологии им. В. А. Насоновой, Москва, Россия*

³*НИИ морфологии человека им. акад. А. П. Авцына ФГБНУ «Российский научный центр имени академика Б. В. Петровского», Москва, Россия*

E-mail: diatrom@inbox.ru

Показан синхронный характер флуктуаций радиоактивного распада калия-40 между двумя измерительными системами, находящимися на удалении в 1,5 км друг от друга. Этот факт указывает на наличие внешнего фактора, влияющего на флуктуации радиоактивного распада, и предполагает обоснованность сопоставления интенсивности флуктуаций распада ⁴⁰К с динамикой изменения температуры тела по группе мышечных групп. Методом наложенных эпох установлено, что периоды значимых приростов температуры тела мышечных групп приходится на повышение интенсивности флуктуаций радиоактивности ⁴⁰К. Также между этими процессами наблюдаются статистически значимые положительные коэффициенты корреляции. Все эти факты указывают на наличие связи между регистрируемой интенсивностью флуктуаций радиоактивного распада ⁴⁰К и динамикой температуры тела мышечных групп, которая в свою очередь отражает ультрадианные циклы активность/покой.

Ключевые слова: ультрадианные ритмы, температура тела, цикл активность/покой, синхронизаторы, радиоактивный распад.

ВВЕДЕНИЕ

Работа по поиску внешних синхронизаторов ультрадианных ритмов является актуальной, т.к. помимо фундаментального значения, выявление таких факторов позволит корректировать патологические состояния, связанные с нарушением баланса симпатического и парасимпатического вегетативного тонуса и цикличности активность/покой. В настоящее время цикл активности/покой у мелких грызунов, составляющий 1–5 ч, считается эндогенным [1–4]. Однако установлен факт взаимосвязи ультрадианных ритмов активности двух изолированных друг от друга групп лабораторных мышечных групп, находящихся без световых ориентиров день/ночь [5], что указывает на существование внешнего не светового фактора среды, влияющего на активность животных.

Ранее нами было установлено, что ультрадианные ритмы температуры тела животных, отражающих цикл активность/покой, связаны с флуктуациями интенсивности счета нейтронного монитора у поверхности Земли [6]. Однако, т. к. интенсивность потока этих частиц крайне мала, данный фактор является только

маркером другого, пока не установленного, биотропного фактора, влияющего на активность животных.

Примечательным является факт совпадения основных гармоник установленных в динамике температуры тела у лабораторных животных с таковыми, выявленными в процессе альфа-распада [7, 8]. Предполагается, что флуктуации в радиоактивном распаде определяются не только случайным образом, но и на их интенсивность действует пока не выявленный внешний фактор среды [9, 10]. На настоящий момент нельзя утверждать о прямой взаимосвязанности этих биологических и физических процессов, но выявленные закономерности могут быть интерпретированы как возможное использование данных по флуктуациям радиоактивного распада в качестве маркера пока не установленного биотропного фактора среды.

По данным литературы флуктуации бета-распада более значимы, чем альфа-распада, и для их выявления не требуется сложный математический аппарат [11–13]. Перспективным представляется изучение динамики флуктуаций от ^{90}Sr – ^{90}Y источника, но он доступен только узкому кругу исследователей. В качестве альтернативного источника радиоактивности можно рассматривать калийные удобрения. Природный изотоп калия-40 является источником, как бета-частиц, так и гамма-квантов с энергией 1,46 МэВ которые возникают при электронном захвате $^{40}\text{K} \rightarrow ^{40}\text{Ar}$.

Цель исследования – сопоставить динамики флуктуаций радиоактивности природного изотопа ^{40}K и температуры тела лабораторных мышей, изолированных от внешнего режима ночь/день условиями постоянного освещения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проведено на половозрелых самцах мышей линии C57Bl/6, массой тела 26–30 г ($n=18$), полученных из вивария ИППЭ РАН. При работе с экспериментальными животными руководствовались Директивой 2010/63/EU Европейского парламента и Совета ЕС об охране животных, используемых в научных целях. Эксперимент одобрен комиссией по биоэтике ИПЭЭ РАН (Протокол № 14 от 15. 01. 2018 г.).

Мышей содержали по две особи в клетке (40×14.5×24 см) при постоянном умеренном освещении (200–300 лк от источника с цветовой температурой 4200 К). В условиях содержания всех животных в одной комнате между особями наблюдается синхронизация активности, поэтому для получения более репрезентативной выборки исследование проводилось в трех помещениях, находящихся друг от друга на расстоянии 1–2 км. В каждом из таких помещений находилось по три клетки (т.е. по 6 животных). Доступ к воде и пище был свободным. С целью исключить беспокойство животных обслуживающим персоналом, запас воды и еды был достаточен для нормального жизнеобеспечения в течение 20 сут.

Температура регистрировалась датчиками ДТН4-28/ТЛ4-28 (ООО "ЭМБИ РЕСЕРЧ") имплантированных в брюшную полость животных не позднее, чем за 20 сут до начала эксперимента. При операции в качестве анестетика использовали золетил (Virbac Sante Animale) в дозе 5–7 мг/кг внутримышечно. Измерения

температуры тела выполнялись с шагом 1 мин. После проведения эксперимента данные о температуре тела считывали бесконтактным способом. Исследование было проведено с 12 по 26 сентября 2022 г.

Интенсивность потока радиации от ^{40}K , входящего в состав сульфата калия (ОАО «Буйский химический завод», Костромская обл.), измерялась с помощью сцинтилляционных детекторов Atom Fast 8850 и Atom Fast 77100 (НПП «КБ Радар», Москва), основой которого является кристалл йодида цезия (CsI). Размером кристалла в Atom Fast 8850 составляет 8x8x50 мм, а в Atom Fast 77100 – 7x7x100 мм. При анализе связи интенсивности радиоактивного распада с активностью мышей данные по двум приборам усреднялись. С целью изоляции системы от атмосферных гамма-квантов пакеты с сульфатом калия вместе с детектором были помещены в свинцовый короб 15x15x15 см и толщиной стенки 12 мм. Такой экран ослаблял фоновые значения скорости счета примерно в 10 раз.

Статистическую обработку полученных результатов проводили в программе Statistica 7.0 (StatSoft, Inc.). Для выявления связи динамик температуры тела и радиоактивного распада использованы методы вычисления коэффициента корреляции по Пуассону (r), метод наложения эпох. Статистическую значимость различий между значениями показателей определяли в зависимости от характера распределения по U критерию Манна-Уитни (ненормальное) или t критерию Стьюдента (нормальное). Результаты расчетов считали статистически значимыми при $p < 0.05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Выполнение поставленной в работе задачи было бы бессмысленным, если не убедиться в наличии определенной степени синхронности между показателями флуктуации радиоактивного распада полученных от двух установок (свинцовый короб с 2,5 кг сульфата калия и датчиком в центре), находящихся в разных помещениях. Интенсивности флуктуаций распада рассчитывали как модуль ежеминутных изменений значения скорости счета. Далее проводили сглаживание кривых путем усреднения плавающим окном в 13 мин. Такой параметр нами был введен из предположения, что биотропное действие оказывают именно изменения фактора внешней среды, а не его абсолютная величина. На рисунке 1 представлен пример динамик интенсивности флуктуаций радиоактивного распада ^{40}K на двух независимых установках. В различные календарные даты (с 12 по 26 сентября 2022 г) коэффициенты корреляции изменялись в диапазоне от 0,02 до 0,21. Только 13, 22 и 23 сентября статистическая значимость коэффициентов корреляции отсутствовала. Нужно отметить, что прибор Atom Fast 77100 имеет в два раза более крупный кристалл, чем Atom Fast 8850. Чем больше кристалл, тем меньше должна быть теоретическая погрешность измерения. Интенсивность изучаемых флуктуаций в приборе Atom Fast 8850 была выше, чем у Fast 77100 всего на 20 %. Выявленное преобладание синхронных изменений интенсивности флуктуаций радиоактивности калия-40 само по себе представляет большой интерес и заслуживает последующего изучения. Необходимо проведение дальнейшего длительного эксперимента со значительно более крупными кристаллами.

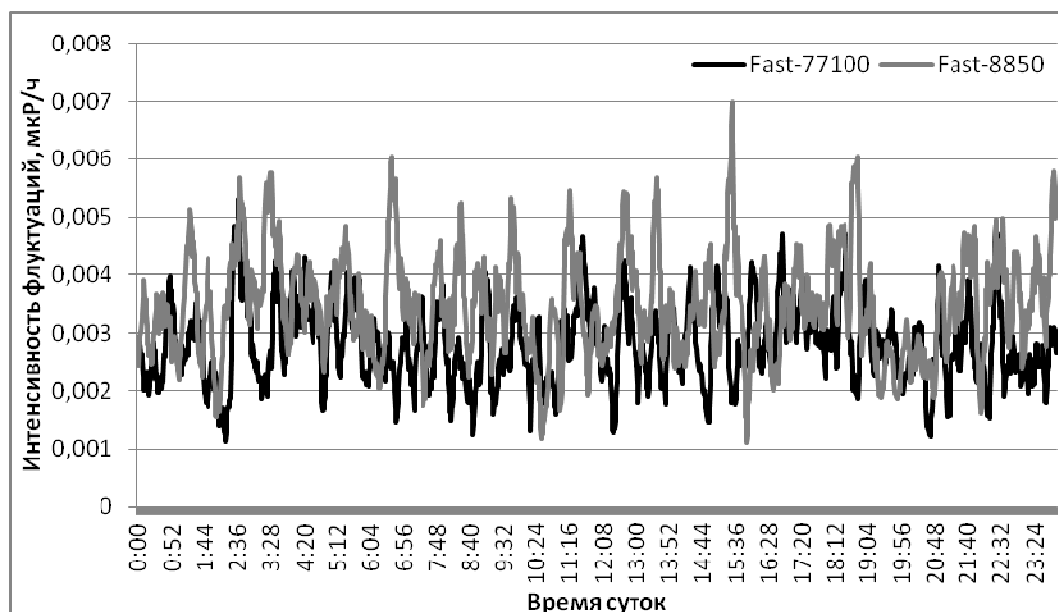


Рис. 1. Динамика флуктуаций радиоактивного распада ^{40}K в условиях экранирования от внешнего радиационного фона свинцовым коробом с толщиной стенок 12 мм. Две аналогичные установки расположены на расстоянии 1,5 км. Представлены данные за 25 сентября 2022 г. Коэффициент корреляции составил 0,18 ($p < 0,001$).

На рисунке 2 представлены примеры сопоставления интенсивности флуктуаций радиоактивного распада ^{40}K и ежеминутных изменений температуры тела мышей. Исходя из предположения о неравнозначности действия внешнего фактора на отдельных животных, вычисляли медианное значение ежеминутных изменений температуры тела по группе мышей, что обеспечивало выделение синхронных между наибольшим количеством особей моментов активизаций. Коэффициенты корреляции между интенсивностью флуктуаций радиоактивного распада ^{40}K и ежеминутными изменениями температуры тела мышей в разные дни колебались от 0,06 до 0,22, но всегда были статистически значимыми ($p < 0,01$). При выявлении связи динамики внешнего фактора среды как возможного синхронизатора ультрадианных ритмов нужно понимать, что чувствительность организма к внешнему воздействию может изменяться в зависимости от фазы цикла активность/покой. Сразу после периода активности очередное повышение интенсивности внешнего фактора не приводит к возбуждению животного, и, наоборот – перед пробуждением животного самое незначительное повышение интенсивности внешнего воздействия приводит к пробуждению и резкому повышению температуры тела. Вероятно, по этой причине высоких значений коэффициента корреляции не выявляется.

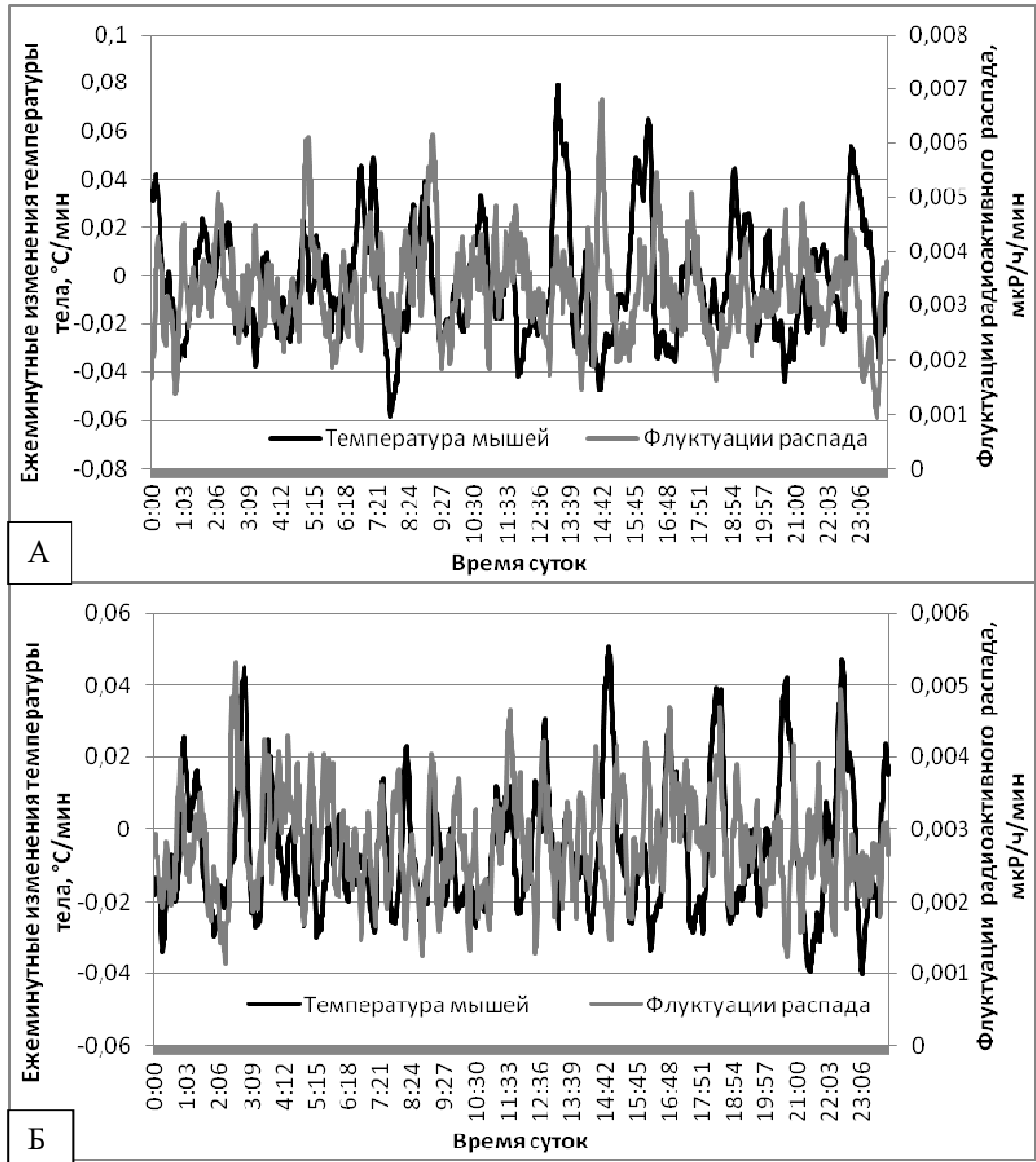


Рис. 2. Динамика ежеминутных изменений температуры тела мышей в группе мышей ($n=18$) и интенсивности флуктуаций радиоактивного распада ^{40}K . А – 24 сентября 2022 г $r=(0,10)$. Б – 25 сентября 2022 г ($r=0,22$).

Можно заметить, что не каждому повышению уровня флуктуаций соответствует повышение температуры тела, но почти каждому повышению температуры тела соответствует повышение интенсивности флуктуаций радиоактивного распада (Рис. 2). Поэтому наиболее убедительным приемом,

позволяющим оценить связь ритмов организма с динамикой внешнего фактора среды, является метод наложенных эпох. Распределение методом наложенных эпох интенсивности флуктуаций распада калия-40 относительно точек максимума ежеминутных приростов температуры тела в группе мышей представлены на рисунке 3. В момент максимумов динамики температуры тела (нулевая точка по оси абсцисс) наблюдаются статистически значимо более высокие относительно среднего уровня показатели интенсивности флуктуаций радиоактивного распада ^{40}K ($p < 0.001$). Таким образом, периоды значимых приростов температуры тела мышей сопровождаются повышением интенсивности флуктуаций природного изотопа калий-40, что указывает на связь между этими параметрами.



Рис. 3. Распределение методом наложенных эпох значений интенсивности флуктуаций радиоактивности ^{40}K относительно точек максимумов ежеминутных приростов температуры тела по группе мышей. Представлены медианы и интерквартильный размах.

Несмотря на то, что калий-40 содержится в организме и является источником внутренней радиоактивности, по нашему мнению в силу своей низкой радиоактивности интенсивность флуктуаций его распада не может непосредственно определять выявленный биологический эффект. Дальнейшие исследования должны быть направлены на поиск причины вызывающей флуктуации радиоактивного распада и выявлению других физических мишеней для этого неустановленного фактора. В частности, это могут быть изменения свойств воды, имеющие аналогичный спектр колебаний в около-часовом диапазоне периодов [14] или механизмы энергетического обеспечения клеток [15, 16]. По мнению Б. М. Владимирского на все эти процессы напрямую, или на методы их

регистрации, влияют низкочастотные электромагнитные поля, которые и могут являться искомым биотропным фактором среды [17].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Динамика интенсивности флуктуаций радиоактивного распада ^{40}K в условиях экранирования от внешнего радиационного фона свинцовым коробом с толщиной стенок 12 мм синхронна между установками, находящимися на расстоянии 1,5 км. Этот факт указывает на неслучайный характер исследуемых флуктуаций и требует детального дальнейшего изучения.
2. Ультраничные ритмы активности мышей, находящихся в условиях постоянного неяркого освещения, синхронизированы с флуктуациями радиоактивного распада ^{40}K – в моменты повышения интенсивности флуктуаций радиоактивности наблюдается активизация животных и резкое повышение их температуры тела.

На основании представленных результатов, а также наших предыдущих исследований [5, 6] можно утверждать, что активность мышей не случайна во времени, а определяется активизирующим влиянием на организм квазиритмического фактора внешней среды. Маркерами этого фактора являются флуктуации скорости счета нейтронных мониторов у поверхности Земли и установленные в настоящей работе флуктуации радиоактивного распада калия-40. Выявление физической причины таких флуктуаций или внутриорганизменных механизмов реализации действия этого не учтенного фактора среды приведет к разработке способа немедикаментозного метода влияния на нервную систему организма с целью коррекции ряда заболеваний, в том числе и нарушений сна.

Список литературы

1. Blum I. D. A highly tunable dopaminergic oscillator generates ultradian rhythms of behavioral arousal / I. D. Blum, L. Zhu, L. Moquin, M. V. Kokoeva, A. Gratton, B. Giros, K.-F. Storch // *Elife*. – 2014. – Vol. 3.
2. Blessing W. Timing of activities of daily life is jaggy: How episodic ultradian changes in body and brain temperature are integrated into this process / W. Blessing, Y. Ootsuka // *Temperature (Austin)*. – 2016. – Vol. 3, № 3. – P. 371–383.
3. Bourguignon C. Control of rest: activity by a dopaminergic ultradian oscillator and the circadian clock / C. Bourguignon, K. F. Storch // *Frontiers in Neurology*. – 2017. – Vol. 8. – P. 614.
4. Goh G. H. Episodic ultradian events-ultradian rhythms / G. H. Goh, S. K. Maloney, P. J. Mark, D. Blache // *Biology (Basel)*. – 2019. – Vol. 8, № 1.
5. Диатропов М. Е. О взаимосвязанности изменений ультраничных ритмов температуры тела двух изолированных друг от друга групп мышей / М. Е. Диатропов, Г. Н. Арсеньев, В. С. Шатеева, Н. В. Лигун, В. Б. Дорохов // *Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия*. – 2022. – Т. 8, № 1. – С. 76–88.
6. Диатропов М. Е. Ультраничные около 2-4-часовые ритмы температуры тела у лабораторных грызунов зависят от влияния внешнего гелиогеофизического фактора среды, связанного с интенсивностью флуктуаций скорости счёта нейтронного монитора / М. Е. Диатропов., М. А. Диатропова, А. В. Суров // *Бюллетень экспериментальной биологии и медицины*. – 2022. – Т. 173, № 1. – С. 108–114.

7. Панчелюга В. А. Локальный фрактальный анализ шумоподобных временных рядов методом всех сочетаний в диапазоне периодов 1–115 мин / В. А. Панчелюга, М. С. Панчелюга // Биофизика. – 2015. – Т. 60, № 2. – С. 395–410.
8. Диатроптов М. Е. Околочасовые ритмы температуры тела у млекопитающих и птиц с разным уровнем обмена веществ / М. Е. Диатроптов, В. А. Панчелюга, М. С. Панчелюга, А. В. Суров // Доклады Российской Академии Наук. Науки о жизни. – 2020. – Т. 494, № 1. – С. 472–476.
9. Пархомов А. Г. Ритмические и спорадические изменения скорости бета распадов. Возможные причины / А. Г. Пархомов // Журнал Формирующихся Направлений Науки. – 2018. – Т. 21–22, № 6. – С. 86–96.
10. Панчелюга В. А. О внешних воздействиях на скорость радиоактивного распада / В. А. Панчелюга // Метафизика. – 2020. – № 4 (38). – С. 10–34.
11. Parkhomov A. G. Bursts of Count Rate of Beta-Radioactive Sources during Long-Term Measurements / A. G. Parkhomov // International Journal of Pure and Applied Physics. – 2005. – Vol.1, № 2. – P. 119–128.
12. Бауров Ю. А. Экспериментальные исследования скорости β -распада радиоактивных элементов / Ю. А. Бауров, Ю. Г. Соболев, Ю. В. Рябов, В. Ф. Кушнирук // Ядерная физика. – 2007. – Т. 70, № 11. – С. 1875–1885.
13. Пархомов А. Г. Космос. Земля. Человек. Новые грани науки. / А. Г. Пархомов. – М: Наука, 2009. – 272 с.
14. Дроздов А. В. Квазипериодический характер межмолекулярных взаимодействий в воде / А. В. Дроздов, Т. П. Нагорская // Биофизика. – 2014. – Т. 59, № 6. – С. 973–985.
15. Бродский В. Я. Околочасовые метаболические ритмы (Обзор) / В. Я. Бродский // Биохимия. – 2014. – Т. 7, № 6. – С. 619–632.
16. Дроздов А. В. Анализ динамики интенсивности биолюминесценции светящихся бактерий *Photobacterium phosphoreum* / А. В. Дроздов, Е. Н. Громозова, И. А. Грецкий // Биофизика. – 2015. – Т. 60, № 2. – С. 316–321.
17. Брунс А. В. Динамика нетепловых шумов в элементах стандартных электронных устройств – короткие космофизические периоды на установке “ЭКЗАКТ” / А. В. Брунс, Б. М. Владимирский // Изв. Крымской Астрофиз. Obs. – 2007. – Т. 103, № 4. – С. 314–325.

**RELATIONSHIP OF ULTRADIAN BODY TEMPERATURE RHYTHMS IN
LABORATORY MICE WITH FLUCTUATIONS OF RADIOACTIVE DECAY OF
NATURAL POTASSIUM-40 Isotope**

Diatroptov M. E.^{1,2}, Diatroptova M. A.³

¹*Institute of Ecology and Evolution A.N. Severtsov Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation*

²*V. A. Nasonova Research Institute of Rheumatology, Moscow, Russian Federation*

³*Avtsyn Research Institute of human morphology of Federal State Budgetary Scientific Institution “Pretrovsky national research Centre of Surgery”, Moscow, Russian Federation
E-mail: diatrom@inbox.ru*

Previously, we found the coincidence of the main harmonics established in the dynamics of body temperature in laboratory animals with those identified in the process of alpha decay [7, 8]. It is assumed that fluctuations in radioactive decay are determined not only randomly, but their intensity is also affected by an as yet unidentified external environmental factor [9, 10]. At the moment, it is impossible to assert the direct interconnection of these biological and physical processes, but the revealed patterns can

be interpreted as a possible use of data on radioactive decay fluctuations as a marker of a biotropic factor of the environment that has not yet been established.

According to the literature, beta decay fluctuations are more significant than alpha decay fluctuations, and their detection does not require a complex mathematical apparatus [11–13]. The natural isotope of potassium-40 is a source of both beta particles and gamma rays with an energy of 1.46 MeV, which occur during electron capture $^{40}\text{K} \rightarrow ^{40}\text{Ar}$.

The purpose of the study is to compare the dynamics of fluctuations in the radioactivity of the natural ^{40}K isotope and the body temperature of laboratory mice isolated from the external night/day regime under constant lighting conditions.

The study was carried out on mature male mice of the C57Bl/6 line, weighing 26–30 g (n=18), obtained from the IPPE RAS vivarium.

Mice were kept two individuals in a cage (40×14.5×24 cm) under constant moderate illumination (200–300 lux from a source with a color temperature of 4200 K). Under the conditions of keeping all animals in one room, synchronization of activity is observed between individuals, therefore, in order to obtain a more representative sample, the study was carried out in three rooms located at a distance of 1–2 km from each other.

The temperature was recorded with DTN4-28/TL4-28 sensors (EMBI RESEARCH LLC) implanted in the abdominal cavity of the animals no later than 20 days before the start of the experiment. During surgery, Zoletil (Virbac Sante Animale) was used as an anesthetic at a dose of 5–7 mg/kg intramuscularly.

The intensity of the radiation flux from ^{40}K , which is part of potassium sulfate (JSC "Buysky Chemical Plant", Kostroma region), was measured using scintillation detectors Atom Fast 8850 and Atom Fast 77100 (NPP "KB Radar", Moscow), which is based on a crystal cesium iodide (CsI). The die size in Atom Fast 8850 is 8x8x50mm, while in Atom Fast 77100 it is 7x7x100mm. When analyzing the relationship between the intensity of radioactive decay and the activity of mice, the data from the two devices were averaged. In order to isolate the system from atmospheric gamma rays, the packages with potassium sulfate, together with the detector, were placed in a lead box 15×15×15 cm with a wall thickness of 12 mm. Such a screen attenuated the background values of the count rate by about 10 times.

It is shown that the intensity dynamics of ^{40}K radioactive decay fluctuations under conditions of shielding from an external radiation background by a lead box with a wall thickness of 12 mm is synchronous between installations located at a distance of 1.5 km. This fact indicates the nonrandom nature of the fluctuations under study and requires detailed further study.

Using the method of superimposing epochs and calculating the correlation, it was found that the ultradian activity rhythms of mice under constant dim lighting conditions are synchronized with fluctuations in ^{40}K radioactive decay – at the moments of increasing intensity of radioactivity fluctuations, animals are activated and their body temperature rises sharply.

Despite the fact that potassium-40 is contained in the body and is a source of internal radioactivity, in our opinion, due to its low radioactivity, the intensity of its decay fluctuations cannot directly determine the revealed biological effect. Further research should be aimed at finding the cause of the fluctuation in radioactive decay and

identifying other physical targets for this unidentified factor. In particular, these can be changes in the properties of water, which have a similar spectrum of fluctuations in the near-hour range of periods [14] or mechanisms of energy supply to cells [15, 16]. According to B. M. Vladimirsky, all these processes directly, or the methods of their registration, are affected by low-frequency electromagnetic fields, which can be the desired biotropic factor of the environment [17].

Keywords: ultradian rhythms, body temperature, activity/rest cycle, synchronizers, radioactive decay.

References

1. Blum I. D., Zhu L., Moquin L., Zhu L., Moquin L., Kokoeva M. V., Gratton A., Giros B, Storch K.-F. A highly tunable dopaminergic oscillator generates ultradian rhythms of behavioral arousal. *Elife*, **3** (2014).
2. Blessing W., Ootsuka Y. Timing of activities of daily life is jaggy: How episodic ultradian changes in body and brain temperature are integrated into this process. *Temperature (Austin)*, **3(3)**, 371 (2016).
3. Bourguignon C., Storch K. F. Control of rest: activity by a dopaminergic ultradian oscillator and the circadian clock. *Frontiers in Neurology*, **8**, 614 (2017).
4. Goh G. H., Maloney S. K., Mark P. J., Blache D. Episodic ultradian events-ultradian rhythms. *Biology (Basel)*, **8(1)**, (2019).
5. Diatropov M. E., Arseniev G. N., Shateeva V. S., Ligun N. B., Dorokhov V. B. On the relationship of changes in the ultradian rhythms of the body temperature of two mice groups isolated from each other. *Scientific notes of the Crimean Federal University named after V. I. Vernadsky. Biology. Chemistry*, **8(1)**, 76 (2022).
6. Diatropov M. E., Diatropova M. A., Surov A. V. Ultradian near 2-4-h rhythms of body temperature in laboratory rodents depend on external environmental heliogeophysical factor reflected by neutron monitor count rate. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, **173**, 92 (2022).
7. Panchelyuga V. A., Panchelyuga M. S. Local fractal analysis of noise-like time series by the all-permutations method 1–115 min periods. *Biophysics*, **60(2)**, 317 (2015).
8. Diatropov M. E., Panchelyuga V. A., Panchelyuga M. S., Surov A. V. Circadian rhythms of body temperature in mammals and birds with different metabolism levels. *Doklady Biological Sciences*, **494**, 228 (2020).
9. Parkhomov A. G. Rhythmic and sporadic changes in the rate of beta decays. Possible reasons. *Journal of Emerging Areas of Science*, **21-22(6)**, 86 (2018).
10. Panchelyuga V. A. On external influences on the rate of radioactive decay. *Metaphysics*, **38**, 10 (2020).
11. Parkhomov A. G. Bursts of Count Rate of Beta-Radioactive Sources during Long-Term Measurements. *International Journal of Pure and Applied Physics*, **1(2)**, 119 (2005).
12. Baurov Yu. A., Sobolev Yu. G., Kushniruk V. F., Ryabov Yu. V. Experimental investigations of changes in the rate of beta decay of radioactive elements. *Physics of Atomic Nuclei*, **70(11)**, 1825 (2007).
13. Parkhomov A. G. *Space. Earth. People. New facets of science* (Nauka, Moscow, 2009) 272 pp.
14. Drozdov A. V., Nagorskaya T. P. The quasi-periodic character of intermolecular interactions in water. *Biophysics*, **59(6)**, 973 (2014).
15. Brodsky V. Y. Circadian (ultradian) metabolic rhythms. *Biochemistry (Moscow)*, **79(6)**, 483 (2014).
16. Drozdov A. V., Gromozova E. N., Gretskey I. A. An analysis of the bioluminescence intensity dynamics of the luminous bacteria (*Photobacterium phosphoreum*). *Biophysics*, **60(2)**, 251 (2015).
17. Bruns A. V., Vladimirsky B. M. Dynamics of non-thermal noise in elements of standard electronic devices – short cosmophysical periods at the “EXACT” installation. *News of the Crimean Astrophysical Observatory*, **103(4)**, 314 (2007).