

УДК 57.034; 577.3; 591.1

DOI 10.5281/ZENODO.19654574

СВЯЗЬ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ПЕРЕПЕЛОВ С ФЛУКТУАЦИЯМИ АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ И ДАВЛЕНИЯ В ГЕРМЕТИЧНОМ ТЕПЛОИЗОЛИРОВАННОМ ОБЪЕМЕ

Диатроптов М. Е.

*ФГБУН Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН, Москва, Россия
E-mail: diatrom@inbox.ru*

Проведено исследование динамики двигательной активности расписного перепела (*Synoicus chinensis*) в сопоставлении с флуктуациями атмосферного давления в диапазоне 7 – 30-минутных колебаний. Показано, что достоверная связь между этими параметрами наблюдается только на фоне стабильной ясной и безветренной погоды. Установлена положительная корреляционная связь между двигательной активностью перепелов и флуктуациями давления воздуха в герметичном объеме, а не в атмосфере. В параллельных исследованиях флуктуаций давления в воздухе и гелии показано запаздывание фазы колебаний в гелии на 2–3 мин. Следовательно причиной флуктуаций не является внутренний шум прибора, а в силу большей теплопроводности гелия эти изменения давления нельзя объяснить внешним подведением тепла. Таким образом, фактор, оказывающий активизирующее влияние на перепелов, одновременно влияет и на флуктуации давления в герметичном теплоизолированном объеме воздуха.

Ключевые слова: ультрадианные ритмы, двигательная активность, флуктуации, атмосферное давление, птицы.

ВВЕДЕНИЕ

К настоящему моменту установлено, что ультрадианные биологические ритмы как у животных, так и у человека синхронизированы внешними факторами среды [1–4]. При наблюдении за двумя изолированными друг от друга группами животных, при рассинхронизации их циркадианного ритма, ультрадианные проявляются преимущественно синхронно [5]. Несмотря на значительное число работ, в которых описывается корреляционная связь между биологическими и гелиогеофизическими факторами, нельзя однозначно утверждать, что именно этот фактор непосредственно является биотропным. Поиск внешних синхронизаторов ультрадианных биологических ритмов является не только актуальной теоретической задачей, но и на практике знания о низкоинтенсивных биотропных факторах среды позволят разработать немедикаментозные методы профилактики и коррекции ряда патологий.

Ранее нами была показана связь изменений температуры тела лабораторных грызунов как с флуктуациями атмосферного давления в стабильную тихую погоду, так и с колебаниями показаний гравиметра [6, 7]. Связь флуктуаций атмосферного давления и сейсмогравитационных колебаний известна [8], но причины ее пока не ясны. Основной аргумент в пользу того, что напряжения коры Земли первичны

основан на факте запаздывания фазы колебаний атмосферы относительно литосферы. Однако можно предположить, что некий физический фактор действует на обе эти оболочки Земли, но реакция литосферы несколько более быстрая, чем атмосферы.

Удобным для регистрации биологическим параметром, отражающим ритмическую организацию организма, является показатель двигательной активности, в основном характеризующий преобладание симпатического отдела вегетативной нервной системы. Необходимо отметить, что регистрируемые нами в прошлых работах мелкие колебания температуры тела также определяются вегетативными влияниями. Выбор объекта исследования обусловлен более выраженным у птиц колебаниями активности в диапазоне 7 – 30-минутных периодов, тогда как у грызунов они достоверно наблюдаются только в половозрелом возрасте.

Цель – Оценить связь динамики двигательной активности перепелов с флуктуациями атмосферного давления в диапазоне 7 – 30-минутных периодов, а также с колебаниями давления воздуха в герметично закрытой и теплоизолированной стеклянной банке.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проведено на одомашненных 6–8 месячных половозрелых самцах расписного перепела (*Synoicus chinensis*) (n=7). Перепела содержались в индивидуальных клетках размером 40х30х40 см. Запасы воды и комбикорма обновляли 1 раз в неделю. Двигательную активность регистрировали датчиком ДТН-5 (ООО "ЭМБИ РЕСЕРЧ") со встроенным 3D акселерометром, который не позже, чем за 2 недели до эксперимента имплантировали в брюшную полость. В качестве анестетика использовали Золетил (Virbac Sante Animale) в дозе 5–7 мг/кг. Данные о изменении вектора ускорения с шагом в 1 мин накапливались в памяти датчика, а при окончании эксперимента считывались бесконтактным способом [9]. При работе с экспериментальными животными руководствовались Европейской конвенцией о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или других научных целей (Страсбург, 1986 г.). Эксперимент одобрен комиссией по биоэтике ИПЭЭ РАН (Протокол № 45 от 02.04.2021 г.).

Атмосферное давление регистрировалось ежеминутно приборами EClerk-M-RNTP (НПК "Рэлсиб") и ДТН-9 (ООО "ЭМБИ РЕСЕРЧ"). Для большей точности проводилось 4 замера атмосферного давления, которые усреднялись. Чтобы дополнительно исключить возможность влияния внешних флуктуаций давления на воздух в герметичной банке ее герметизацию проводили при более высокой температуре, чем в месте проведения эксперимента, что обеспечивало сниженное давление воздуха в банке по сравнению с атмосферным (примерно на 10 %).

Предполагая, что внешнее воздействие через активацию симпатических влияний может приводить к изменению исследуемого параметра, анализировали не абсолютные показатели двигательной активности, а её ежеминутные изменения. Также эта процедура позволяла избавиться от суточного тренда. Для усреднения активности перепелов, полученных от животных одной группы, вычисляли медиану. С целью удаления высокочастотного шума полученные ряды сглаживали путем вычисления скользящего среднего в окне 5 мин. При статистической

обработке полученных данных использовали программу Statistica 7.0 (StatSoft, Inc.). Для выявления связи между временными рядами применяли методы вычисления коэффициента корреляции по Спирмену (r). Данные представляли в виде медианы (Me) и интерквартильного размаха (Q1; Q3). Результаты считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В светлое время суток, когда перепела активны, наблюдалась положительная корреляционная связь между изменениями показателя двигательной активности и атмосферного давления, но только в ясную стабильную погоду, когда отсутствует влияние локальных атмосферных факторов. Пример такой связи представлен на рисунке 1. За 17 дней ясных тихих дней (июнь – июль 2025) коэффициент корреляции между изучаемыми величинами составил 0,19 (0,14; 0,23). Статистическая значимость наблюдалась для каждого отдельного дня наблюдений.

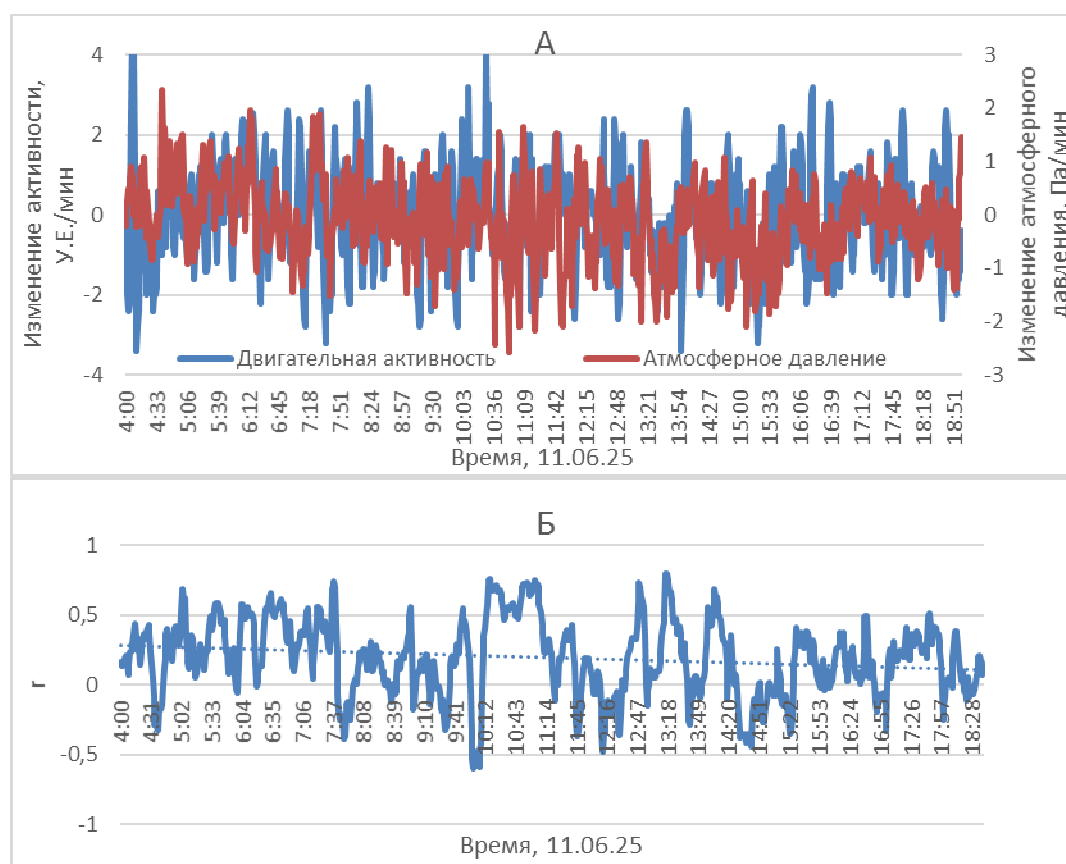


Рис. 1. А – Пример сопоставления динамики двигательной активности перепелов и флуктуаций атмосферного давления $r=0,22$ ($p < 0,001$). Б – Коэффициент корреляции между этими параметрами, рассчитанный в скользящем окне 30 мин.

Изменение давления в герметичной стеклянной банке определяется температурой воздуха в ней. Однако, чтобы зарегистрировать сами колебания температуры необходим термометр с чувствительностью не менее 0,001 градуса. Чтобы оценить какой вклад в показания вносит внешнее тепло мы использовали двойную систему теплоизоляции. Одна баночка находилась в одном слое теплоизоляции (пенопласт 4 см, вата 4 см, пенопласт 2 см), а вторая в двух таких слоях. Далее контейнеры помещались в сухой торф и закапывались под землю. Колебания, наблюдающиеся между такими банками, были синхронизированы и не имели временного сдвига, как если бы к ним поступало через теплоизоляцию внешнее тепло. На рисунке 2 приведен пример таких колебаний в двух термоизолированных банках, и их корреляционная связь, рассчитанная в скользящем окне в 30 мин. Также отпадает вариант случайных флуктуаций температуры/давления в данной системе. Коэффициент корреляции между показаниями в этом случае не был бы статистически значим.

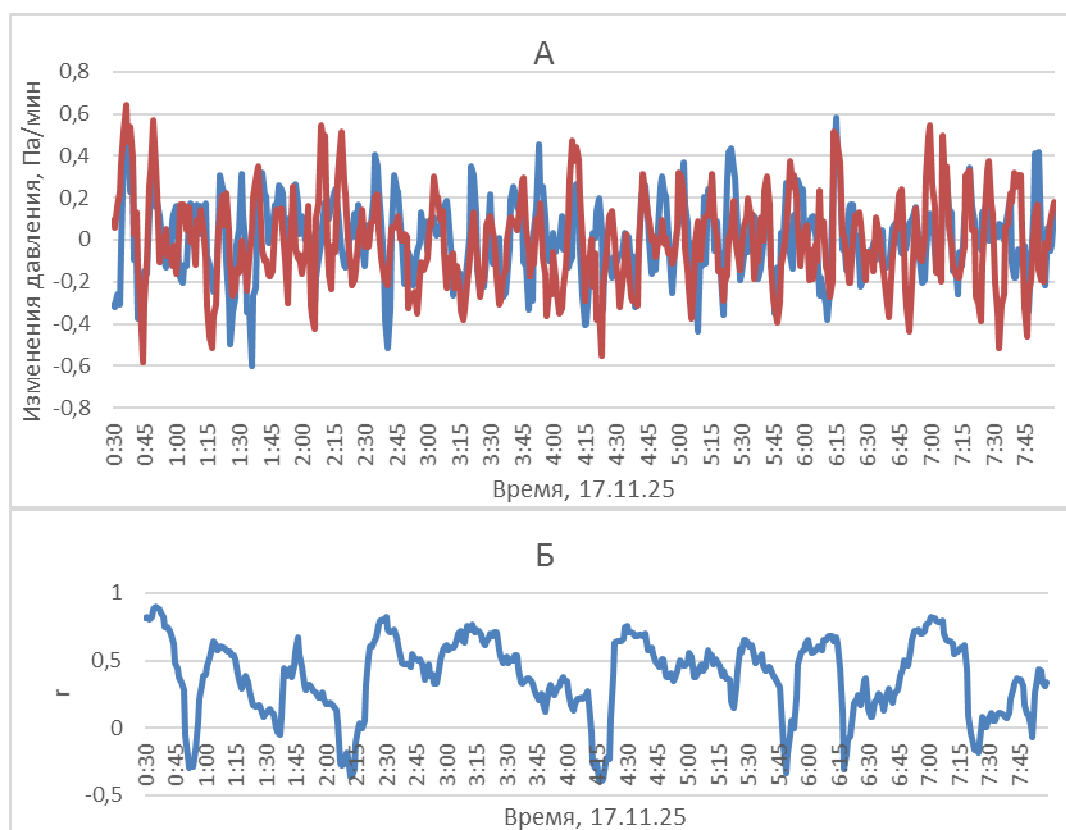


Рис. 2. А – Динамика флуктуаций давления воздуха в двух герметичных теплоизолированных объемах, один из которых в два раза лучше теплоизолирован $r=0,38$ ($p<0,001$). Б – Коэффициент корреляции между этими рядами, рассчитанный в скользящем окне 30 мин.

Нашим предположением было то, что данное воздействие по-разному влияет на разные вещества и, следовательно, могут наблюдаться различия в реакции разных газов. При сопоставлении кислорода и воздуха принципиальных различий не было выявлено. Следовательно данный эффект не определяется полярностью молекул. При сопоставлении временных флуктуаций воздуха и гелия оказалось, что реакция гелия запаздывает на 2–3 мин (рис. 3). Данный факт нельзя объяснить его повышенной теплопроводностью, т.к. тогда, наоборот, наблюдалось бы опережение реакции гелия. Также это доказывает, что причиной выявленных флуктуаций не является внутренний шум датчика давления.

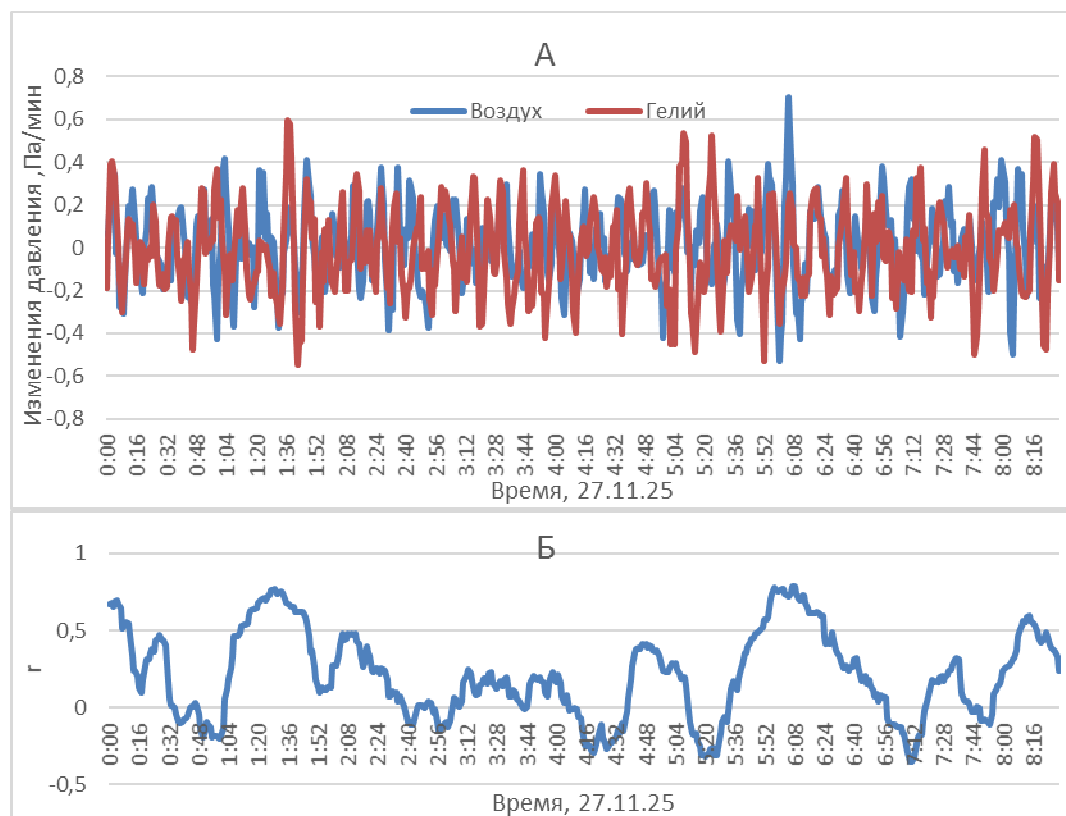


Рис. 3. А – Динамика флуктуаций давления гелия и воздуха в герметичном теплоизолированном объеме. Временной ряд «гелий» смещен относительно ряда «воздух» на 3 мин влево ($r=0,24$; $p<0,001$). Б – Коэффициент корреляции между этими рядами, рассчитанный в скользящем окне 30 мин.

При сопоставлении динамики изменения двигательной активности перепелов и воздуха в герметичной банке установлена их положительная корреляционная связь в дневной период (рис. 4). За 15 дней наблюдения (16–30 ноября 2025) для периода активности перепелов (с 9:00 до 15:00, освещение естественное) коэффициент

корреляции между изучаемыми величинами составил 0,17 (0,14; 0,20) и был статистически значим.

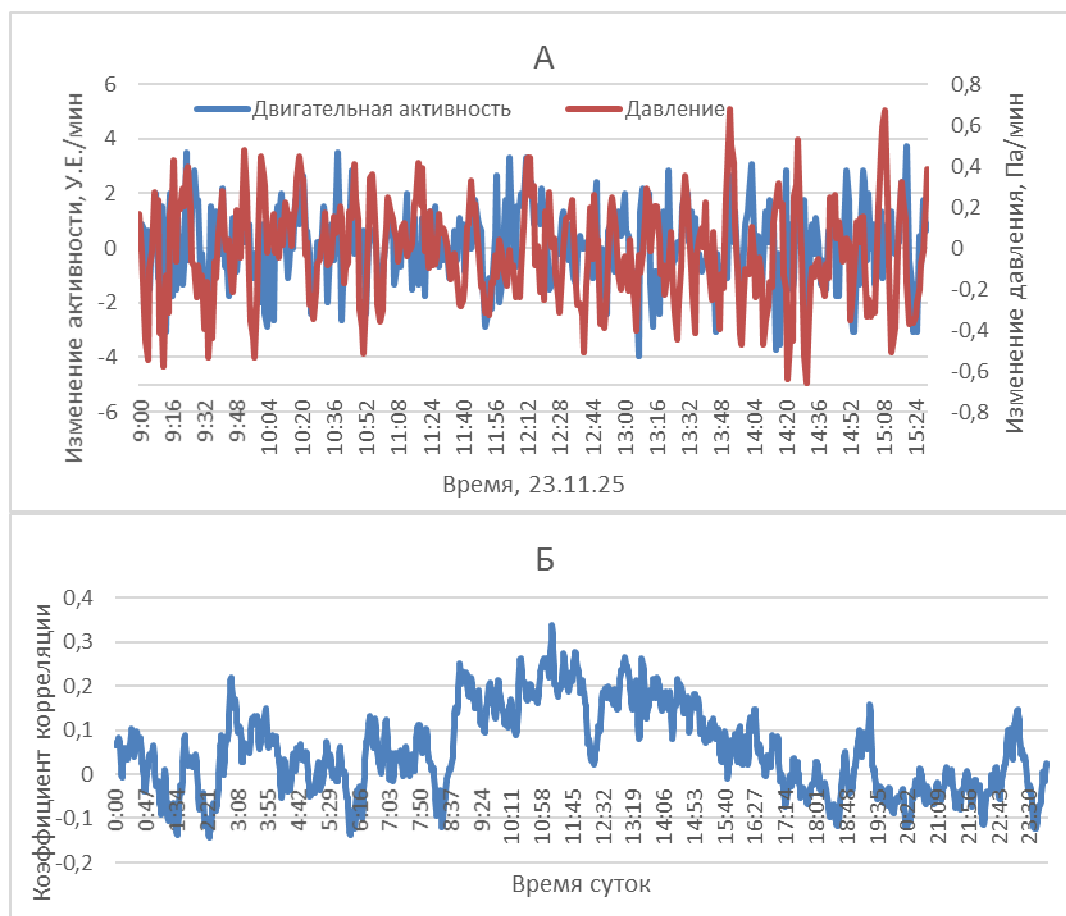


Рис. 4. А – Пример сопоставления дневной динамики двигательной активности перепелов и флуктуаций давления воздуха в герметичном объеме ($r=0,24$; $p<0,001$). Б – Медианное значение за 15 дней наблюдения коэффициента корреляции между этими параметрами, рассчитанного в скользящем окне 30 мин.

Для данного диапазона (10–30 мин) ультрадианных биологических ритмов нами была показана связь с интенсивностью вторичного космического излучения, оцененного по скорости счета нейтронного монитора [10]. Однако в силу низкой интенсивности потока космического излучения и маленькой амплитудой его флуктуаций в этом диапазоне периодов данным фактором нельзя объяснить выявленные температурные флуктуации. Логичнее предположить, что космические лучи, являясь детектором неоднородностей космического пространства также реагируют и на данный физический фактор, или же в составе вторичного

космического излучения присутствует дополнительный высокоинтенсивный поток. В этом отношении интересна статья М. Б. Винниченко и соавторов о модуляции свойств воды вариациями космических лучей, в которой был зарегистрирован внутренний разогрев теплоизолированного образца воды, вероятно вторичными нуклонами, порожденными частицами с более жестким спектром, чем у частиц, вторичное излучение которых детектируется нейтронным монитором [11].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Динамика двигательной активности группы перепелов синхронизирована с флуктуациями атмосферного давления, но только в ясную тихую погоду, когда отсутствует влияние метеорологических факторов.
2. Установлена статистически значимая положительная корреляционная связь между двигательной активностью перепелов и флуктуациями давления воздуха в герметичном теплоизолированном объеме.
3. В параллельных исследованиях установлено, что фаза флуктуаций давления в гелии запаздывает относительно воздуха на 2–3 мин. Это доказывает, что причиной выявленных флуктуаций не является внутренний шум датчика давления, а в силу большей теплопроводности гелия, чем воздуха эти изменения давления также нельзя объяснить подводом тепла через стенки теплоизоляции.

Таким образом, фактор, оказывающий активизирующее влияние на перепелов, одновременно влияет и на флуктуации давления/температуры герметизированного и теплоизолированного объема воздуха и, с запаздыванием, на гелий. Дальнейшее исследование необходимо провести с использованием дифференциального датчика давления между тяжелым инертным газом и легким – гелием. Такой датчик будет регистрировать опережение реакции тяжелого газа относительно легкого. Желательно поместить данную установку в экран от нейтронной составляющей приземного фона.

Список литературы

1. Alabdulgader A. Long-term study of heart rate variability responses to changes in the solar and geomagnetic environment / A. Alabdulgader, R. McCraty, M. Atkinson, Y. Dobyns, A. Vainoras, M. Ragulskis, V. Stolc // *Scientific Reports*. – 2018. – Vol. 8, № 1. ID 2663.
2. McCraty R. Synchronization of human autonomic nervous system rhythms with geomagnetic activity in human subjects / R. McCraty, M. Atkinson, V. Stolc, A. A. Alabdulgader, A. Vainoras, M. Ragulskis // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. – 2017. – Vol. 14, № 7. – P. 770.
3. Palmer S. J. Solar and geomagnetic activity, extremely low frequency magnetic and electric fields and human health at the Earth's surface / S. J. Palmer, M. J. Rycroft, M. Cernack // *Surveys in Geophysics*. – 2006. – Vol. 27, № 5. – P. 557–595.
4. Zenchenko T. A. Effect of synchronization between millihertz geomagnetic field variations and human heart rate oscillations during strong magnetic Storms / T. A. Zenchenko, N. I. Khorseva, T. K. Breus, A. V. Drozdov, O. Y. Serya // *Atmosphere*. – 2025. – Vol. 16, № 2. ID 219.
5. Диатроптов М. Е. О взаимосвязанности изменений ультрадианных ритмов температуры тела двух изолированных друг от друга групп мышей / М. Е. Диатроптов, 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. Диатроптов М. Е. Связь ритмических изменений температуры тела мелких воробьиных птиц (*Chloris chloris*) и непривливаемых вариаций силы тяжести в 12 – 30-минутном диапазоне периодов / М. Е. Диатроптов, А. В. Суров // Доклады Российской Академии Наук. Науки о жизни. – 2025. – Т. 522, №1. С. 364–369.
7. Диатроптов М. Е. Связь ультрадианных ритмов температуры тела с флуктуациями атмосферного давления / М. Е. Диатроптов // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2025. – Т. 180, №7. – С. 16–21.
8. Петрова Л. Н. Колебания Земли с периодами 9–57 мин в фоновом сейсмическом процессе и направление потока энергии в области собственного колебания ${}_0S_2$ / Л. Н. Петрова // Физика Земли. – 2008. – Т. 44, № 1. – С. 31–43.
9. Petrovskii D. Development and validation of an implantable sensor for measuring activity and body temperature for long-term studies in small wild and laboratory animals/ D. Petrovskii, E. Zavjalov // Biological Rhythm Research. – 2023. – Vol. 54, № 9. – P. 523–534.
10. Диатроптов М. Е. Ультрадианные 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. Диатроптов, М. А. Диатроптова, А. В. Суров // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2022. – Т. 173, № 1. – С. 108–114.
11. Винниченко М. Б. Модуляция свойств воды вариациями космических лучей / М.Б. Винниченко, Н. К. Белишева, В. К. Жиров // Доклады Академии Наук. – 2009. – Т. 429, № 6. – С. 816–820.

**CORRELATION OF LOCOMOTOR ACTIVITY OF QUAILS WITH
FLUCTUATIONS OF ATMOSPHERIC PRESSURE AND PRESSURE IN A
SEALED, HEAT-INSULATED VOLUME**

Diatroptov M. E.

*Institute of Ecology and Evolution A. N. Severtsov Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russian Federation
E-mail: diatrom@inbox.ru*

It has now been established that ultradian biological rhythms in both animals and humans are synchronized by external environmental factors [1–4]. When observing two isolated groups of animals, with desynchronization of their circadian rhythms, ultradian rhythms manifest themselves predominantly synchronously [5]. Despite the significant number of works that describe the correlation between the biological and heliogeophysical factors, it cannot be unequivocally stated that this factor is directly biotropic.

We have previously demonstrated a connection between changes in body temperature in laboratory rodents and both fluctuations in atmospheric pressure in stable, calm weather and fluctuations in gravimeter readings [6, 7]. The connection between fluctuations in atmospheric pressure and seismogravitational oscillations is known [8], but the reasons for this connection are still unclear. The main argument for the primary origin of crustal stresses is based on the fact that atmospheric oscillations lag behind the lithosphere. However, it can be hypothesized that some physical factor acts on both layers of the Earth, but the lithosphere's response is somewhat faster than that of the atmosphere.

The aim is to establish a connection between the dynamics of the motor activity of quails and fluctuations in atmospheric pressure in the range of 10–30 minute periods, as well as with fluctuations in air pressure in a hermetically sealed and heat-insulated glass jar.

During daylight hours, when quails are active, a positive correlation was observed between changes in the motor activity index and atmospheric pressure, but only in clear, stable weather, when there is no influence of local atmospheric factors. An example of such a relationship is shown in Figure 1. Over 17 days of clear, calm weather, the correlation coefficient between the studied values was 0.19 (0.14; 0.23). Statistical significance was observed for each individual observation day.

Our hypothesis was that this exposure affects different substances differently, and therefore, differences in the reaction of different gases might be observed. No significant differences were found when comparing oxygen and air. Therefore, this effect is not determined by the polarity of the molecules. When comparing the time fluctuations of air and helium, it was found that the helium reaction is delayed by 2–3 minutes (Fig. 3). This fact cannot be explained by its increased thermal conductivity, as that would, on the contrary, lead to an accelerated helium reaction. It also proves that the detected fluctuations are not caused by internal noise in the pressure sensor.

When comparing the dynamics of changes in quail motor activity and air in a sealed jar, a positive correlation was established (Fig. 4). Over 15 days of observation, for the quail activity period (from 9:00 to 15:00, natural lighting), the correlation coefficient between the studied variables was 0.17 (0.14; 0.20) and was statistically significant.

The dynamics of the motor activity of a group of quails is synchronized with fluctuations in atmospheric pressure, but only in clear, calm weather, when there is no influence of meteorological factors. A statistically significant positive correlation was established between the motor activity of quails and fluctuations in air pressure in a sealed, heat-insulated volume. Parallel studies have found that the phase of pressure fluctuations in helium lags behind that of air by 2–3 minutes. This proves that the observed fluctuations are not caused by internal noise in the pressure sensor, and due to helium's higher thermal conductivity than air, these pressure changes also cannot be explained by external heat input.

Thus, the factor that has an activating effect on quails simultaneously affects both the pressure/temperature fluctuations of the sealed and insulated volume of air and, with a delay, the helium. Further investigation is needed using a differential pressure sensor between a heavy inert gas and a light helium gas.

Keywords: ultradian rhythms, locomotor activity, fluctuations, atmospheric pressure, birds.

References

1. Alabdulgader A., McCraty R., Atkinson M., Dobyns Y., Vainoras A., Ragulskis M., Stolz V. Long-term study of heart rate variability responses to changes in the solar and geomagnetic environment. *Scientific Reports*, **8**(1) ID 2663. (2018). doi: 10.1038/s41598-018-20932-x
2. McCraty R., Atkinson M., Stolz V., Alabdulgader A. A., Vainoras A., Ragulskis M. Synchronization of human autonomic nervous system rhythms with geomagnetic activity in human subjects. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **14**(7), 770 (2017).

3. Palmer S. J., Rycroft M. J., Cermack M. Solar and geomagnetic activity, extremely low frequency magnetic and electric fields and human health at the Earth's surface. *Surveys in Geophysics*, **27(5)**, 557 (2006).
4. Zenchenko T. A., Khorseva N. I., Breus T. K., Drozdov A. V., Seraya O. Y. Effect of synchronization between millihertz geomagnetic field variations and human heart rate oscillations during strong magnetic Storms. *Atmosphere*, **16(2)** ID 219. (2025) doi: 10.3390/atmos16020219
5. Diatryptov 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. Diatryptov M. E., Surov A. V. Correlation between rhythmic changes in body temperature of small passerine birds (*Chloris chloris*) and nontidal gravity fluctuation in a 12- to 30-min period range. *Doklady Biological Sciences*, **522**, 157 (2025). <https://doi.org/10.1134/S0012496625600101>
7. Diatryptov M. E. Correlation between ultradian rhythms of body temperature and fluctuations in atmospheric pressure. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, **180(7)**, 72 (2025). [in Russ.]
8. Petrova L. N. Earth oscillations with periods of 9–57 min in the background seismic process and the direction of energy flow in the region of natural oscillation OS2. *Physics of the Earth*. **44(1)**, 31 (2008) [in Russ.]
9. Petrovskii D., Zavjalov E. Development and validation of an implantable sensor for measuring activity and body temperature for long-term studies in small wild and laboratory animals. *Biological Rhythm Research*, **54(9)**, 523 (2023). <https://doi.org/10.1080/09291016.2023.2225133>
10. Diatryptov M. E., Diatryptova 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).
11. Vinnichenko M. B., Belisheva N. K., Zhiron V. K. Modulation of water properties by variation of cosmic rays. *Doklady Earth Sciences*, **429(2)**, 1597 (2009).