

УДК 577:537.868:595.123

**ВЛИЯНИЕ СЛАБОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ЭКРАНИРОВАНИЯ
НА ОКОЛОГODOVУЮ РИТМИКУ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПЛАНАРИЙ
*DUGESIA TIGRINA***

Темурьянц Н. А., Ярмолюк Н. С., Туманянц К. Н.

*Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия
E-mail: nat_yarm@mail.com*

Обнаружено, что в условиях умеренного ослабления геомагнитного поля Земли, вызванного электромагнитным экранированием, наблюдается изменение инфраничных ритмов скорости движения планарий *Dugesia tigrina*. На протяжении двух лет нами выявлены определенные отличия, которые выразались в изменении спектров выделяемых периодов и определенных амплитудно-фазовых перестройках, при этом следует заметить, что планарии реагируют на влияние полей в различные годы наблюдений по-разному.

Ключевые слова: электромагнитное экранирование, планарии, скорость движения, десинхроноз, инфраничная ритмика.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из актуальных проблем экологической физиологии является изучение временной организации биологических систем [1–5]. Её адекватной характеристикой является спектр в широком диапазоне периодов [6], причем ритмы различной продолжительности построены по иерархическому признаку. Однако такая иерархичность изучена лишь для единичных показателей [7], а влияние различных экологических факторов на ритмические процессы обычно определяется по изменению ритмики одного диапазона [8–10]. Между тем изучение как иерархической организации ритмической деятельности организма, так и выяснение её изменений под влиянием экологических факторов имеет важное значение не только для понимания взаимосвязи ритмов различной продолжительности, но и для выяснения механизмов их формирования.

Особое значение исследование этой проблемы имеет для изучения механизмов действия слабых электромагнитных (ЭМ) факторов, которые могут выступать как датчики времени в широком диапазоне периодов [11]. Между тем эти вопросы изучены совершенно недостаточно.

Так, в нашей лаборатории изучено влияние слабого электромагнитного экранирования (ЭМЭ) на ритмику различных диапазонов, когда диагностировано нарушение ритмики регистрируемых процессов – десинхроноз. Однако изменение окологодовой ритмики под влиянием ЭМ факторов изучено недостаточно. В связи с

изложенным целью исследования явилось изучение влияния слабого ЭМЭ на окологодовую ритмику скорости движения (СД) планарий *Dugesia tigrina*.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Использовали лабораторную бесполоую расу планарий *Dugesia tigrina*, любезно предоставленную Институтом биофизики клетки РАН, а в настоящее время успешно культивируемую в Таврической академии КФУ имени В. И. Вернадского. Условия культивирования полностью соответствуют таковым в Институте биофизики клетки РАН [12].

Для экспериментов отбирали животных длиной $\approx 9 \pm 1$ мм, у которых движение осуществляется за счет ресничек, а не мускулатуры [13].

Планарий отбирали для опыта через три–четыре дня после кормления. Каждое животное помещалось в отдельный флакон с 20 мл воды, что позволило регистрировать скорость движения (СД) каждой отдельно взятой планарии. Для эксперимента было выделено две группы животных по 25 особей в каждой. Первая группа содержалась в обычных условиях лаборатории (контрольные животные), вторую содержали в экранирующей камере в течение шестнадцати дней по 21 часу в сутки.

О реакции планарий на действие электромагнитных факторов судили по изменению их СД. Выбор этого параметра функционального состояния для исследований обусловлен тем, что электромагнитные факторы различных параметров изменяют аппарат движения – реснички, жгутики [14], а также структуру основного белка ресничек – тубулина [15].

Для анализа поведенческих реакций планарий необходимо получить их исходные изображения с достаточно высоким качеством. Для этого применяли комплекс оборудования, включающий видеокамеру Sun Kwang (модель SK-2046, размер датчика 1/3 дюйма, 570 телевизионных линий), смонтированную на окуляре бинокулярного микроскопа «МБС-10». Через видеотюнер Kworld (разрешение 640×480) изображение передавали на персональный компьютер. Обработку и анализ результатов осуществляли с помощью пакета программного обеспечения «Image-Pro».

Видеоизображения движущихся в воде червей регистрировались с частотой 30 кадров в одну секунду. СД планарии вычислялась отношением пройденного ею пути (мм) ко времени в одну секунду. Путь измерялся наложением двух участков одного видеоряда с соответствующей разницей во времени. Контрастирование проводилось при помощи стандартной операции «вычитания» для двух изображений [16].

Ослабление фонового электромагнитного поля (ЭМП) достигалось применением экранирующей камеры размером $2 \times 3 \times 2$ м, изготовленной из двухслойного железа «Динамо». Коэффициент экранирования ВДС, измеренный с помощью феррозондового магнитометра, составляет для вертикальной составляющей 4,4, для горизонтальной – 20. Измерялась также спектральная плотность магнитного шума в камере как в области ультранизких (от 2×10^{-4} Гц до 0,2 Гц), так и в области радиочастот (от 15 Гц до 100 кГц). В области сверхнизких

частот измерения производились с помощью феррозондового магнитометра в паре со спектроанализатором, в области радиочастот – индукционным методом. Внутри камеры для частот выше 170 Гц и в области частот от 2×10^{-3} до 0,2 Гц уровень спектральной плотности магнитного шума ниже 10 нТл/Гц^{0.5}. Коэффициент экранирования камеры на частотах 50 и 150 Гц порядка трех. В области частот от 150 Гц до 100 кГц происходит слабое экранирование, тогда как на частотах больше 1 МГц имело место полное экранирование.

Таким образом, в нашем исследовании имело место умеренное ослабление как постоянной, так и переменной компонент магнитного поля Земли, в отличие от значительных (100 и более раз) уменьшений таковых, применяемых в подавляющем большинстве исследований [17–19].

В качестве метода нахождения спектральных характеристик изучаемых показателей для каждой планарии отдельно использовали косинор-анализ [20], который применяется в исследованиях ритмики различной продолжительности. Этот анализ заключается в том, что вначале методом наименьших квадратов вычисляются значения амплитуды для каждой индивидуальной хронограммы, а затем для исследуемой выборки животных находят средние значения спектральных параметров и их ошибки средних.

Оценку достоверности наблюдаемых изменений проводили с помощью t-критерия Стьюдента. За достоверную принимали разность средних при $p < 0,05$. Расчеты и графическое оформление полученных в работе данных проводились с использованием программы Microsoft Excel [21].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализируя ИР СД интактных нерегенерирующих планарий на протяжении двух лет, нами были выявлены определенные изменения. Так, спектр ИР у интактных нерегенерирующих животных в 2009 году состоял из семи периодов: $\approx 2^d, 3-2^d, 4$; $\approx 2^d, 7$, $\approx 3^d, 2-3^d, 3$; $\approx 3^d, 7$; $\approx 4^d, 3$; $\approx 5^d, 8$ и $\approx 9^d, 1$. Амплитуды выделенных ритмов колебались от $0,021 \pm 0,003$ усл. ед. до $0,030 \pm 0,003$ усл. ед. и возрастали с увеличением длины периода. Доминирующим был ритм $\approx 9^d, 1$ с амплитудой $0,030 \pm 0,003$ усл. ед. (рис. 1).

Спектральный анализ динамики СД нерегенерирующих интактных планарий в 2010 году выявил следующие периоды: $\approx 2^d, 3-2^d, 4$; $\approx 2^d, 7$; $\approx 3^d, 2-3^d, 3$ и $\approx 8^d, 0$. В изучаемом спектре доминирующим периодом был $\approx 8^d, 0$ с амплитудой $0,023 \pm 0,003$ усл. ед. Амплитуды ритмов исследуемого спектра возрастали с увеличением длины периода (рис. 1).

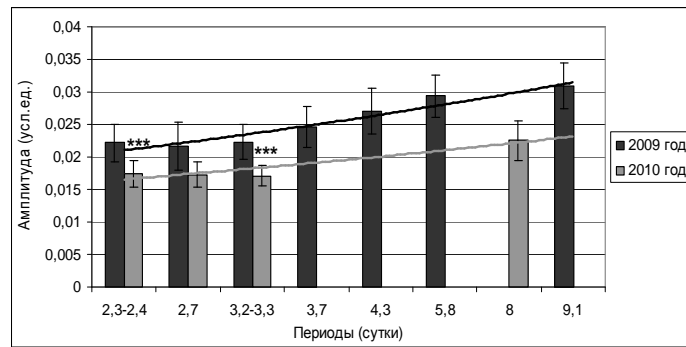


Рис. 1. Спектры периодов инфрадианных ритмов скорости движения интактных нерегенерирующих планарий в 2009 и 2010 году.

Примечание: * – достоверность различий сравниваемых групп животных: *** – ($p < 0,05$)

Косинор-анализ позволил выявить определенные межфазные соотношения у интактных нерегенерирующих планарий в 2009 и 2010 году. В высокочастотном периоде $\approx 2^d,7$ наблюдался достоверный сдвиг фаз – $160,4^\circ$ ($p_1 < 0,05$). Тогда как в периодах $\approx 2^d,3-2^d,4$ и $\approx 3^d,2-3^d,3$ отмечены только тенденции к их сдвигу, которые составили $146,5^\circ$ и $96,31^\circ$ соответственно (рис. 2).

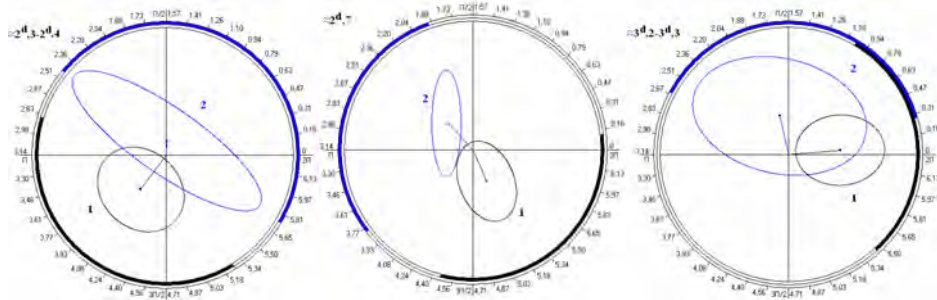


Рис. 2. Косинорограммы периодов – $\approx 2^d,3-2^d,4$; $\approx 2^d,7$ и $\approx 3^d,2-3^d,3$ (радианы) скорости движения нерегенерирующих животных контрольных групп 2009 года (1) и 2010 года (2).

Как показали результаты проведенных исследований, ЭМЭ приводит к изменениям ИР СД планарий.

В группе животных, подвергавшихся влиянию ЭМЭ, в 2009 году выделялись такие периоды: $\approx 2^d,4$; $\approx 2^d,7$; $\approx 3^d,2$; $\approx 4^d,3$ и $\approx 5^d,8$. То есть не выявлялись периоды $\approx 3^d,7$ и $\approx 9^d,1$, характерные для контрольной группы животных (рис. 3).

Амплитуды выделенных ритмов колебались от $0,020 \pm 0,002$ усл. ед. до $0,035 \pm 0,002$ усл. ед. Доминирующий был период $\approx 5^d,8$ с амплитудой $0,035 \pm 0,002$ усл. ед. При этом амплитуды выделенных ритмов исследуемого спектра планарий, содержащихся в условиях ЭМЭ, также возрастали с увеличением длины периода, как и в интактной группе животных (рис. 3.).

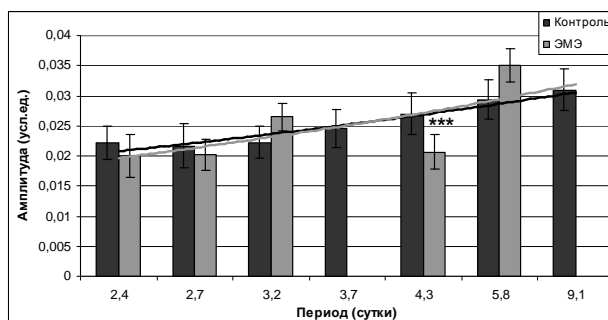


Рис. 4. Спектры мощности средней скорости движения контрольной и экспериментальной групп животных в 2009 году.

Примечание: * – достоверность различий относительно значений контрольной группы: *** – ($p < 0,05$)

Косинор-анализ позволил выявить во всех выделенных периодах определенные фазовые соотношения между данными контрольной и экспериментальной групп. Выявлено, что в периодах $\approx 2^d,7$ и $\approx 4^d,3$ наблюдался достоверный сдвиг фаз на $262,44^\circ$ ($p_1 < 0,01$) и $219,07^\circ$ ($p_1 < 0,01$) соответственно. Тогда как во всех остальных выделенных периодах наблюдается только тенденция к сдвигу: $\approx 2^d,4$ на $48,63^\circ$ и $\approx 5^d,8$ на $17,58^\circ$ (рис. 4).

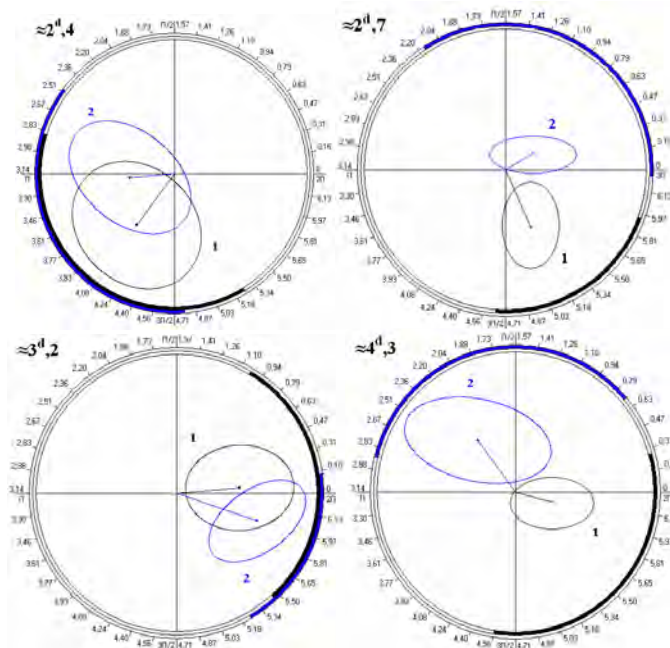


Рис. 4. Косинорограммы периодов – $\approx 2^d,4$; $\approx 2^d,7$; $\approx 3^d,2$; $\approx 4^d,3$ и $\approx 5^d,8$ (радианы) скорости движения нерегенерирующих животных контрольной группы (1) и в условиях ЭМЭ (2).

При сравнении спектров ИР интактных нерегенерирующих планарий и животных, подвергавшихся воздействию ЭМЭ, в июне 2009 года выявлено, что в контрольной группе характерно наличие семи периодов, тогда как в группе планарий, содержащихся в условиях ЭМЭ, было выявлено всего пять периодов, то есть в условиях ЭМЭ спектр становится менее насыщенным. Периоды $\approx 3^d,7$ и $\approx 9^d,1$ характерны лишь для интактных животных. Не совпадали и доминирующие ритмы: $9^d,1$ отмечен в контрольной группе нерегенерирующих планарий, когда в экспериментальной группе доминирующий ритм смещался в сторону более высокочастотных ритмов и составил – $\approx 5^d,8$. При этом амплитуды выделенных ритмов исследуемых спектров нерегенерирующих планарий возрастали с увеличением длины периода, причем выраженность этого явления совпадала (рис. 3.). Кроме того, периоды $\approx 2^d,7$ и $\approx 4^d,3$ характеризовались значительными фазовыми сдвигами – на $262,44^\circ$ ($p_1 < 0,01$) и $219,07^\circ$ ($p_1 < 0,01$) соответственно (рис. 4.).

Таким образом, длительное ЭМЭ приводит к значительным изменениям временной организации планарий *Dugesia tigrina*. А именно наблюдается изменение спектров мощности и определенные сдвиги фаз.

Однако представляет интерес проследить влияние ЭМЭ на ритмическую составляющую СД. Спектральный анализ динамики СД нерегенерирующих планарий, содержащихся в условиях ЭМЭ, позволил выявить следующие периоды: $\approx 2^d,3$; $\approx 2^d,7$; $\approx 3^d,8$ и $\approx 4^d,7$. В исследуемом спектре доминирующим периодом отмечен – $\approx 4^d,7$ с амплитудой $0,019 \pm 0,002$ усл. ед. При этом амплитуды выделенных ритмов исследуемого спектра нерегенерирующих планарий также возрастали с увеличением длины периода (рис. 5.).

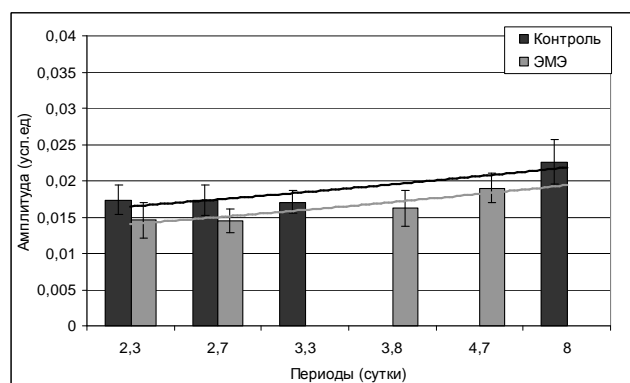


Рис. 5. Спектры периодов инфрадианных ритмов скорости движения нерегенерирующих планарий, содержащихся в условиях ЭМЭ (июнь 2010 года).

Косинор-анализ позволил выявить определенные межфазные соотношения у нерегенерирующих планарий контрольной группы и животных, содержащихся в условиях ЭМЭ. В высокочастотных периодах ИР исследуемых животных $\approx 2^d,3$ и $\approx 2^d,7$ наблюдался сдвиг фаз на $208,7^\circ$ ($p_1 < 0,01$) и 163° ($p_1 < 0,05$) соответственно (рис. 6.).

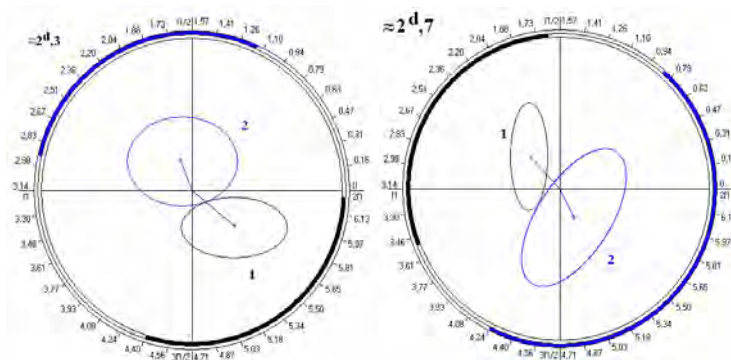


Рис. 6. Косинорограммы периодов – $\approx 2^d,3$ и $\approx 2^d,7$ (радианы) скорости движения нерегенерирующих животных контрольной группы (1) и в условиях ЭМЭ (2).

Анализируя проведенный эксперимент в 2010 году можно отметить, что как в контрольной группе, так и в экспериментальной группе нерегенерирующих планарий выявляется четыре периода. Однако в условиях ЭМЭ не выявляются такие периоды: $\approx 3^d,3$ и $\approx 8^d,0$, которые характерны для контрольной группы, но и появляются новые ритмы, не характерные для интактных животных – $\approx 3^d,8$ и $\approx 4^d,7$. Под действием ЭМЭ доминирующий ритм сместился в сторону высокочастотных периодов и составил – $\approx 4^d,7$ с амплитудой $0,019 \pm 0,002$ усл. ед., тогда как в изучаемом спектре контрольной группы доминирующим периодом был $\approx 8^d,0$ с амплитудой $0,023 \pm 0,003$ усл. ед. Анализируя амплитудные значения отмечено, что в группе интактных планарий их величина изменялась от $0,017 \pm 0,002$ до $0,023 \pm 0,003$ усл. ед., тогда как в группе животных, подвергавшихся воздействию ЭМЭ, значения амплитуд были несколько ниже и варьировались от $0,014 \pm 0,001$ до $0,019 \pm 0,002$ усл. ед. Однако достоверных различий в амплитудах выделенных ритмов не обнаружено (рис. 5.).

Таким образом, нами выявлены различия в ИР нерегенерирующих планарий, подвергавшихся влиянию ЭМЭ. Учитывая то, что повторные эксперименты проводились на протяжении двух лет, то представляет интерес проследить изменения ИР СД нерегенерирующих планарий в условиях того же ЭМЭ ровно через год.

При анализе изменений спектров периодов животных, содержащихся в условиях ЭМЭ, в течение двух лет отмечены некоторые различия. Так, в 2009 году в спектре ИР у нерегенерирующих в условиях ЭМЭ животных было выявлено пять периодов: $\approx 2^d,3$ - $2^d,4$; $\approx 2^d,7$, $\approx 3^d,2$; $\approx 4^d,3$ и $\approx 5^d,8$. Доминирующим был ритм $\approx 5^d,8$ с амплитудой $0,035 \pm 0,002$ усл. ед. Амплитуды ритмов исследуемого спектра возрастали с увеличением длины периода (рис. 7.).

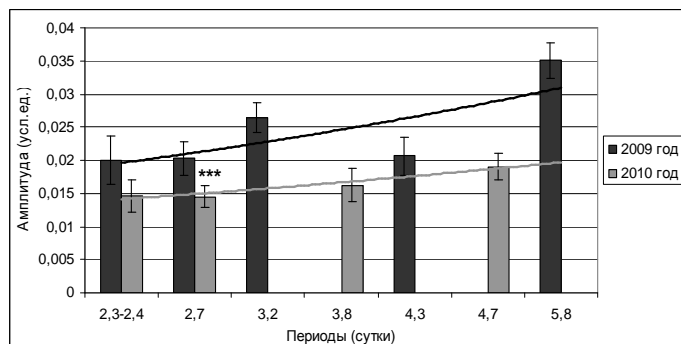


Рис. 7. Спектры периодов инфрадианных ритмов скорости движения нерегенерирующих планарий, содержащихся в условиях ЭМЭ в 2009 и 2010 году.

Примечание: * – достоверность различий сравниваемых групп животных: *** – ($p < 0,05$)

В динамике СД нерегенерирующих планарий в условиях ЭМЭ в 2010 году были выявлены следующие периоды: $\approx 2^d,3-2^d,4$; $\approx 2^d,7$; $\approx 3^d,8$ и $\approx 4^d,7$. В исследуемом спектре доминирующим периодом отмечен – $\approx 4^d,7$ с амплитудой $0,019 \pm 0,002$ усл. ед. В совпадающем с 2009 годом периоде $\approx 2^d,7$ отмечено снижение амплитуды в 1,2 раза ($p_1 < 0,05$). При этом амплитуды выделенных ритмов исследуемого спектра нерегенерирующих планарий также возрастали с увеличением длины периода, однако это явление было менее выражено, чем в группе нерегенерирующих животных в 2009 году (рис. 7.).

Косинор-анализ позволил выявить определенные межфазные соотношения у интактных нерегенерирующих планарий в 2009 и 2010 году. В высокочастотном периоде $\approx 2^d,7$ наблюдался значительный сдвиг фаз – $265,1^\circ$, однако эти данные были не достоверны (рис. 8.).

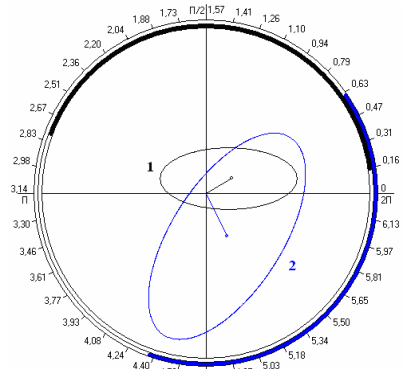


Рис. 8. Косинорограмма выделенного периода $\approx 2^d,7$ (радианы) скорости движения нерегенерирующих животных, содержащихся в условиях ЭМЭ в 2009 году (1) и 2010 году (2).

Таким образом, характеризуя изменения ИР СД нерегенерирующих планарий, содержащихся в условиях ЭМЭ, на протяжении двух лет нами выявлены определенные отличия, которые выражались в изменении спектров выделяемых периодов и определенных амплитудно-фазовых перестройках, при этом следует заметить, что планарии реагируют на влияние полей в различные годы наблюдений по-разному. А именно, в 2009 году отмечается пять периодов, тогда как в 2010 году их количество сокращается до четырех, следовательно, под влиянием ЭМЭ менее насыщенным становится спектр 2010 года. Так, в 2010 году не выявляется ритм $\approx 3^d,2$, который был характерен годом ранее. К тому же следует отметить, что периоды $\approx 3^d,8$ и $\approx 4^d,7$ в 2010 году сместились в сторону высокочастотных ритмов относительно периодов $\approx 4^d,3$ и $\approx 5^d,8$, выявленных в 2009 году. При анализе амплитудных значений отмечено, что в группе нерегенерирующих планарий в условиях ЭМЭ в 2009 году их величина изменялась от $0,020 \pm 0,003$ до $0,035 \pm 0,002$ усл. ед., тогда как в 2010 году значения амплитуд были значительно ниже и варьировались от $0,014 \pm 0,001$ до $0,019 \pm 0,002$ усл. ед. При этом в 2009 году наблюдалась более выраженная тенденция к увеличению амплитуд выделенных ритмов с увеличением длины периодов в условиях ЭМЭ. Кроме того, сопоставляя данные двух лет можно отметить, что ЭМЭ приводит к определенному фазовому сдвигу в совпадающем периоде $\approx 2^d,7$ на $265,1^\circ$. Следовательно, нами обнаружены изменения в ИР СД нерегенерирующих планарий, содержащихся в условиях ЭМЭ.

Как показали проведенные исследования, с окологодовой ритмикой локомоторной активности червей тесно связана и их многодневная ритмика. Так, в 2009 году при применении спектрального и косинор-анализов в динамике СД выявлены следующие периоды: $\approx 2,4$; $\approx 2,7$; $\approx 3,2$; $\approx 3,7$; $\approx 4,3$; $\approx 5,8$; $\approx 9,1$ суток. Ритмы такой продолжительности выявлены в деятельности различных систем у позвоночных [9; 22; 23], а также у беспозвоночных – регенерирующих планарий [24] и наземных моллюсков [25]. Спектры ИР СД, определенные в 2010 году, включали периоды $\approx 2,3$; $\approx 2,7$; $\approx 3,3$ и $\approx 8,0$ суток. Таким образом, состав спектров ИР СД, определенных с интервалом в один год, существенно меняется: в 2010 году спектр менее насыщен, в нем не определяются периоды $\approx 3,7$; $\approx 4,3$; $\approx 5,8$ суток, выявленные в 2009 году, и значительно укорачивается самый длинный в 2009 году $\approx 9,1$ -суточный период до ≈ 8 -суточного. Амплитуды выделенных ритмов гораздо ниже в 2010 году. Так, амплитуда доминирующего периода $\approx 8^d,0$ составила $0,023 \pm 0,003$ усл. ед., тогда как в 2009 году она достигала $0,031 \pm 0,002$ усл. ед. ($p_1 < 0,05$).

Таким образом, значения и ИР СД планарий в различные годы неодинакова. Сравнение с данными литературы показывает, что ИР параметров регенерации планарий [24], а также ноцицепции моллюсков [26], имеют отличия в разные сезоны года. В исследованиях Т. К. Бреус с соавтр. также было установлено, что в течение 11-летнего цикла солнечной активности изменяются абсолютные значения показателей функции сердца и перестраивается сезонная периодичность функциональной активности сердечнососудистой системы [27; 28].

В физиологических показателях организма человека найдены также некоторые многолетние циклы. Околодвухлетний цикл найден в статистике высших

спортивных достижений. Рецидивы туберкулеза, характер реакции Пирке обнаруживают цикл около трех лет. Заболеваемость и обострение шизофрении содержат циклы 5 и 11 лет. 11-тилетний цикл найден также в изменениях системы крови, офтальмологической заболеваемости, акушерской патологии, некоторых других показателях. Принципиальная возможность гелиоэпидемических связей была показана еще А. Л. Чижевским [29; 30].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе исследования выявлено, что в условиях слабого электромагнитного экранирования наблюдается изменение инфранианной ритмики скорости движения планарий *Dugesia tigrina*. На протяжении двух лет нами выявлены определенные отличия, которые выражались в изменении спектров выделяемых периодов и определенных амплитудно-фазовых перестройках, при этом следует заметить, что планарии реагируют на влияние полей в различные годы наблюдений по-разному. Состав спектров ИР СД, определенных с интервалом в один год, существенно меняется. Для распространения полученных выводов на других животных необходимы дальнейшие исследования.

Работа выполнена при финансовой поддержке в рамках инициативной части государственного задания № 6.5452.2017/8.9 Минобрнауки России в сфере научной деятельности темы «Временная организация физиологических систем человека и животных: феноменология и механизмы генерации и регуляции микро- и мезоритмов».

Работа выполнена на оборудовании КП ФГАОУ ВО КФУ им. В. И. Вернадского» «Экспериментальная физиология и биофизика».

Список литературы

1. Агаджанян Н. А. Биоритмы, спорт, здоровье / Н. А. Агаджанян, Н. Н. Шабатура – М.: Физкультура и спорт, 1989. – 208 с.
2. Алякринский Б. С. Адаптация в аспекте биоритмологии / Б. С. Алякринский // Проблемы временной организации живых систем (под ред. А. М. Генина). – М., 1979. – С. 8–36.
3. Алякринский Б. С. Биологические ритмы и организация жизни человека в космосе / Алякринский Б. С. – М.: Наука, 1983. – 246 с.
4. Aschoff J. Circadian systems / J. Aschoff // Pflugers Arch. – 1985. – Vol. 403. – P. 1.
5. Halberg F. Organisms as circadian systems; temporal analysis of their physiologic and pathologic responses; including injury and death / F. Halberg // Symp. med. aspects stress milit. climate. – Wash. (D. C.). – 1993. – P. 1–36.
6. Владимирский Б. М. Солнечно-земные связи в биологии и явление «захвата» частоты / Б. М. Владимирский // Проблемы космич. биологии. – 1982. – Т. 43. – С. 166–173.
7. Архангельская Е. В. Динамика высшей нервной деятельности крыс на фоне гелиогеофизических флуктуаций : автореф. дисс. на соискание научн. степени канд. биол. наук : спец. 03.00.13 «Физиология человека и животных» / Е. В. Архангельская – Симферополь, 1992. – 19 с.
8. Григорьев П. Е. Связь инфранианной ритмики физиологических процессов у животных с вариациями гелиогеофизических факторов: дис. ... кандидата биол. наук : 03.00.02 / Григорьев Павел Евгеньевич. – Симферополь, 2005. – 141 с.

9. Темурьянц Н. А. Влияние слабых переменных магнитных полей крайне низких частот на инфранианную ритмику симпато-адреналовой системы крыс / Н. А. Темурьянц, В. Б. Макеев, В. И. Малыгина // Биофизика. – 1992. – Т. 37, № 4. – С. 653–655.
10. Чужан О. М. Нейроімуноендокринні механізми адаптації до дії низько інтенсивного електромагнітного випромінювання надто високої частоти : автореф. дис. на здобуття наук. ступеню докт. біол. наук : спец. 03.00.13. «Фізіологія людини та тварин» / О. М. Чужан – Київ, 2004. – 40 с.
11. Владимирский Б. М. Секторная структура межпланетного магнитного поля и химические тесты Пиккарди / Б. М. Владимирский // Пробл. Космич. Биологии. – 1989. – Т. 65. – С. 210–221.
12. Демцун Н. А. Динамика скорости движения планарий, регенерирующих в условиях электромагнитного экранирования / Н. А. Демцун, Н. А. Темурьянц, М. М. Баранова // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2009. – Т. 22 (61), № 2. – С. 24–32.
13. Шмидт-Нильсен К. Физиология животных: приспособление и среда / К. Шмидт-Нильсен. – М: «Мир», 1982. – Т.2. – С. 555–643.
14. Денисенкова И. В. Стимулированная локомоторная активность планарии *Dugesia tigrina* в естественном магнитном поле и при его компенсации / И. В. Денисенкова, Г. М. Пискунова, Н. К. Чемерис // Вестник новых медицинских технологий – 1997. – Т. 4, № 4. – С. 56–60
15. Tubulin assembly is disordered in a hypogeomagnetic field / Dong Liang Wang, Xing Sheng Wang, Rong Xiao [et al.] // Biochemical and Biophysical Research Communications. – 2008. – Vol. 376. – P. 363–368.
16. Патент № 98095 Украины МПК51 А 01 К 61/00. Способ определения скорости движения интактных и регенерирующих планарий / Темурьянц Н. А., Баранова М. М., Демцун Н. А.; заявитель и правообладатель Таврический национальный университет им. В. И.Вернадского. – № U 200908540; заявл.: 13.08.2009; опубл. 10.03.2010, Бюл. № 5.
17. Дубров А. П. Геомагнитное поле и жизнь. / А. П. Дубров. – Л.: Гидрометеиздат. – 1974.
18. Asashima M. Magnetic shielding induces early developmental abnormalities in the newt, *Cynops pyrrhogaster*. / M. Asashima, K. Shimada, C. J. Pfeiffer // Bioelectromagnetics. – 1991 – 12 (4) – P. 215–224.
19. Mo Wei-Chuan. A biological perspective of the hypomagnetic field: from definition towards mechanism. / Mo Wei-Chuan, Liu Ying, He Rong-Qiao // Progress in Biochemistry and Biophysics. – 2012 – 39 (9) – P. 835–842.
20. Емельянов И. П. Формы колебания в биоритмологии / Емельянов И. П. – Новосибирск: Наука, 1976. – 127 с.
21. Лапач С. Н. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel / С. Н. Лапач, А. В. Чубенко, П. Н. Бабич. – К.: Модмон, 2000. – 319 с.
22. Период инфранианых ритмов интенсивности физиологических процессов в организме человека / Н. Н. Шабатура, В. Г. Ткачук, В. А. Федько [и др.] // Физиол. журн. УССР. – 1987. – Т. 33, № 2. – С. 10–16.
23. Шабатура Н. Н. Механизм происхождения инфранианых биологических ритмов / Н. Н. Шабатура // Успехи физиол. наук. – 1989. – Т. 20, №3. – С. 83–103.
24. Демцун Н. А. Сезонные различия регенерации планарий *Dugesia tigrina* при электромагнитном экранировании : автореф. дисс. на соискание учен. степени канд. биол. наук : спец. 03.00.13 «Физиология человека и животных» / Н. А. Демцун – Симферополь, 2010. – 20 с.
25. Костюк А. С. Динамика и инфранианная ритмика болевой чувствительности моллюсков *Helix albescens* при электромагнитном экранировании / А. С. Костюк, Н. А. Темурьянц // IX ежегодная молодежная конференция ИБХФ РАН-ВУЗы «Биохимическая физика» 9–11 ноября 2009 г.: труды конференции – Москва, 2009. – С. 115–121.
26. Костюк А. С. Ноцицепция моллюском *Helix albescens* при слабом многодневном электромагнитном экранировании : автореф. дис. на соискание научн. степени канд. биол. наук : спец. 03.00.13 «Физиология человека и животных» / А. С. Костюк – Симферополь, 2011. – 20 с.
27. Бреус Т. К. Влияние солнечной активности на физиологические ритмы биологических систем / Т. К. Бреус, Ф. Халберг, С. Ж. Корнелиссен // Биофизика.– 1995. – Т. 40, № 4. – С. 737–747.
28. Влияние геомагнитной и солнечной активности на сердечно-сосудистые и другие хроноэпидемиологии / Т. К. Бреус, С. Ж. Корнелиссен, С. Бинхам [и др.] // Хронобиология и

- хрономедицина и влияние гелиогеофизических факторов на организм человека. – М., 1992. – С. 146–191.
29. Владимирский Б. М. Влияние солнечной активности на биосферу – ноосферу (Гелиобиология от А. Л. Чижевского до наших дней). / Б. М. Владимирский, Н. А. Темурьянц– М.: Изд-во МНЭПУ, 2000. – 374 с.
30. Чижевский А. Л. Земное эхо солнечных бурь. / Чижевский А. Л. – М.: Мысль, 1976. – 387 с.

THE WEAK ELECTROMAGNETIC SHIELDING INFLUENCES ON THE ANNUAL RHYTHMICITY OF THE SPEED OF MOVEMENT IN PLANARIANS *DUGESIA TIGRINA*

Temuryants N. A., Yarmolyuk N. S., Tumanyants K. N.

*V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russian Federation
E-mail: nat_yarm@mail.ru*

One of the topical problems of ecological physiology is the study of the temporal organization of biological systems. Its adequate characteristic is the spectrum over a wide range of periods, and rhythms of different duration are built on a hierarchical basis. However, such a hierarchy has been studied only for single indicators, and the influence of various environmental factors on rhythmic processes is usually determined by changing the rhythm of one range. Meanwhile, the study of both the hierarchical organization of the rhythmic activity of the organism and the elucidation of its changes under the influence of environmental factors is important not only for understanding the interrelation between rhythms of different duration, but also for elucidating the mechanisms of their formation.

Of particular importance is the study of this problem for studying the mechanisms of action of weak electromagnetic factors, which can act as time sensors in a wide range of periods. Meanwhile, these issues are not fully understood.

Thus, in our laboratory, the effect of weak electromagnetic shielding on the rhythm of various ranges was studied, when a violation of the rhythm of the recorded processes-desynchronosis-was diagnosed. However, the change in the ekologodovoy rhythmicity under the influence of electromagnetic factors has not been studied enough. In connection with the foregoing, the aim of the study was to study the effect of weak electromagnetic shielding on the near-rhythmic rhythm of the speed of movement of the *Dugesia tigrina* planaria.

Characterizing the changes in the infradian rhythm of the velocity of the planarians contained in the conditions of electromagnetic screening, over the course of two years we have revealed certain differences that were expressed in the change in the spectra of the periods and certain amplitude-phase reconstructions, while it should be noted that the planarians react to the influence of the fields in various years of observations in different ways. Namely, in 2009 there are five periods, whereas in 2010 their number is reduced to four, therefore, under the influence of electromagnetic shielding, the spectrum of 2010 becomes less saturated. So, in 2010, the rhythm $\approx 3^d,2$, which was characteristic a year earlier, does not appear. In addition, it should be noted that the periods $\approx 3^d,8$ and $\approx 4^d,7$ in

2010 shifted towards high-frequency rhythms with respect to the periods $\approx 4^d,3$ and $\approx 5^d,8$ detected in 2009. At the same time, in 2009 there was a more pronounced tendency to increase the amplitudes of the isolated rhythms with an increase in the length of the periods under conditions of electromagnetic shielding. In addition, comparing the data of two years, it can be noted that electromagnetic shielding leads to a certain phase shift in the coinciding period $\approx 2^d,7$ to 265.1° . Consequently, we detected changes in the infradian rhythm of the velocity of the planarians contained in the conditions of electromagnetic shielding.

Keywords: electromagnetic screening, planarians, speed of movement, desynchronization, infradian rhythm.

References

1. Agadzhanyan N. A., Shabatura N. N. *Biorhythms, sport, health*, 208 (M.: Physical Culture and Sports, 1989).
2. Alyakrinsky B. S. Adaptation in the aspect of biorhythmology, *Problems of the temporary organization of living systems (under the editorship of AM Genin)*, 8 (M., 1979).
3. Alyakrinsky B. S. *Biological rhythms and the organization of human life in space*, 246 (Moscow: Nauka, 1983).
4. Aschoff J. Circadian systems, *Pflugers Arch.*, **403**, 1 (1985).
5. Halberg F. Organisms as circadian systems; temporal analysis of their physiologic and pathologic responses; including injury and death, *Symp. med. aspects stress milit. Climate*, 1 (Wash. (D.C.), 1993).
6. Vladimirsky B. M. Solar-terrestrial connections in biology and the phenomenon of "capture" of frequency, *Problems of cosmic. Biology*, **43**, 166 (1982).
7. Arkhangelskaya E. V. *Dynamics of higher nervous activity in rats against the background of heliogeophysical fluctuations*: author's abstract. diss. for scientific research. degree of Cand. Biol. Sciences: spec. 03.00.13 "Physiology of man and animals", 19 (Simferopol, 1992).
8. Grigoryev P. E. *Relationship between the infradian rhythm of physiological processes in animals with variations of heliogeophysical factors*: dis. ... candidate Biol. Sciences: 03.00.02, 141 (Simferopol, 2005).
9. Temur'yants N. A., Makeev V. B., Malygina V. I. Influence of weak variable magnetic fields of extremely low frequencies on the infradian rhythm of the sympathetic-adrenal system of rats, *Biophysics*, **37**, **4**, 653 (1992).
10. Chuyan O. M. *Neuroimmunodecrine mechanisms of adaptation to the action of low-intensity electromagnetic radiation of too high frequency*: author's abstract. dis for obtaining sciences. degree doc. biology Sciences: special 03.00.13. "Physiology of man and animals", 40 (Kyiv, 2004).
11. Vladimirsky B. M. Sector structure of the interplanetary magnetic field and chemical tests of Piccardi, *Probl. Cosmic. Biology*, **65**, 210 (1989).
12. Demtsun N. A., Temuryants N. A., Baranova M. M. Dynamic speed planarians regenerated under electromagnetic shielding, *Scientific notes of Taurida National V. I. Vernadsky University. Series «Biology, chemistry»*, **22** (**61**), 2, 24 (2009).
13. Schmidt-Nielsen K. *Animal physiology: adaptation and the environment*, 2, 555 (M: "Mir", 1982).
14. Denisenkova I. V., Piskunov G. M., Chemeris N. Stimulated locomotor activity planarian *Dugesia tigrina* in the natural magnetic field and its compensation, *Bulletin of new medical technologies*, **4**, **4**, 56 (1997).
15. Dong Liang Wang, Xing Sheng Wang, Rong Xiao [et al.] Tubulin assembly is disordered in a hypogeomagnetic field, *Biochemical and Biophysical Research Communications*, **376**, 363 (2008).
16. Patent number 98095 Ukraine MPK51 A 01 K 61/00. A method of determining the speed of intact and regenerating planarians, Temuryants N. A., Baranova M. M., Demtsun N. A.; the applicant and the right holder Tauride National University. Vernadsky, № U 200908540; appl. : 13.08.2009; publ. 10.03.2010, Byul.№5.
17. Dubrov A. P. *The geomagnetic field and the life*. (L. Gidrometeoizdat. 1974).
18. Asashima M., Shimada K., Pfeiffer C. J. Magnetic shielding induces early developmental abnormalities in the newt, *Cynops pyrrhogaster*, *Bioelectromagnetics*, **12** (**4**), 215 (1991).

19. Mo Wei-Chuan, Liu Ying, He Rong-Qiao. A biological perspective of the hypomagnetic field: from definition towards mechanism, *Progress in Biochemistry and Biophysics*, **39** (9), 835 (2012).
20. Emelyanov I. P. *Waveforms in biorhythmology*, 127 (Nauka, Novosibirsk, 1976).
21. Lapach S. N., Chubenko A. V., Babich P. N. *Statistical methods in biomedical research using Excel*, 319 (By: Modmon, 2000).
22. Shabaturo N. N., Tkachuk V. G., Fedko V. A. [and others] Period of infradian rhythms of intensity of physiological processes in the human body, *Fiziol. journal. USSR*, **33**, 2, 10 (1987).
23. Shabaturo N. N. The mechanism of origin of infradian biological rhythms, *Uspekhi fiziol. Sciences*, **20**, 3, 83 (1989).
24. Demtsun N. A. *Seasonal differences in the regeneration of Dugesia tigrina planarians in electromagnetic shielding*: diss. for academic competition. degree of Cand. Biol. Sciences: spec. 03.00.13 "Physiology of man and animals", 20 (Simferopol, 2010).
25. Kostyuk A. S., Temurjants N. A. Dynamica and infradian rhythm of pain sensitivity of mollusks *Helix albescens* in electromagnetic shielding, *IX annual youth conference IBChF RAS-VUZY "Biochemical physics" November 9-11, 2009: Proceedings of the conference*, 115 (Moscow, 2009).
26. Kostyuk A. S. *Nociception with Helix albescens mollusk under weak multi-day electromagnetic shielding*: author's abstract. dis. for scientific research. degree of Cand. Biol. Sciences: spec. 03.00.13 "Physiology of man and animals", 20 (Simferopol, 2011).
27. Breus T. K., Halberg F., Cornelissen S. Zh. Influence of solar activity on the physiological rhythms of biological systems, *Biophysics*, **40**, 4, 737 (1995).
28. Breus T. K., Cornelissen S. Zh., Binham S. [and others] The influence of geomagnetic and solar activity on cardiovascular and other chronoepidemiology, *Chronobiology and chronomedicine and the influence of heliogeophysical factors on the human body*, 146 (M., 1992).
29. Vladimirsky B. M., Temur'yants N. A. Influence of solar activity on the biosphere-noosphere (Heliobiology from A. L. Chizhevsky to the present day), 374 (M: MNEPU Publishing House, 2000).
30. Chizhevsky A. L. *Earth echo of solar storms*, 387 (Moscow: Thought, 1976).