

УДК 615.849.11:595.123:57.034

**ВЛИЯНИЕ СЛАБЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ФАКТОРОВ
НА УЛЬТРАДИАННУЮ РИТМИКУ ЛОКОМОТОРНОЙ АКТИВНОСТИ
ПЛАНАРИЙ *DUGESIA TIGRINA***

Темурьянц Н.А.¹, Мартынюк В.С.², Ярмолюк Н.С.¹, Шехоткин А.В.¹

¹*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадського, Симферополь, Украина*

²*Киевский национальный университет им. Т.Г. Шевченко, Киев, Украина*

E-mail: nat_yarm@mail.ru

Выявлена ультрадианная ритмика скорости движения планарий *Dugesia tigrina*. При слабом электромагнитном экранировании, действии слабых переменных магнитных полей сверхнизкой частоты наблюдаются ее изменения, выражающиеся в выраженных перестройках спектров мощности, сдвигах фаз и амплитуд выделенных периодов. На первые, седьмые и 14-е сутки воздействия электромагнитных факторов эти изменения выражены по-разному. Максимальные изменения отмечены на первые сутки наблюдения, в дальнейшие сроки ультрадианная ритмика нормализуется.

Ключевые слова: планарии *Dugesia tigrina*, скорость движения, ультрадианная ритмика, переменное магнитное поле сверхнизкой частоты, электромагнитное экранирование.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из актуальных проблем экологической физиологии является изучение временной организации биологических систем различных уровней организации [1–5], которая рассматривается как не менее важная их характеристика, чем пространственная [6–10]. Эти исследования важны и для изучения механизмов действия слабых электромагнитных (ЭМ) факторов, которые могут выступать как датчики времени в широком диапазоне периодов. Одним из пейсмекеров времени является переменное магнитное поле (ПеМП) сверхнизкой частоты (СНЧ) [11]. Роль ЭМ сигналов в ритмической организации биологических систем может быть изучена также в экспериментах с электромагнитным экранированием (ЭМЭ).

Для исследования столь важных вопросов необходим выбор адекватных объектов исследования, обладающих высокой информативностью и достоверностью получаемых данных, определение которых отличается доступностью. Таким объектом могут быть планарии, широко применяющиеся для изучения действия различных экологических факторов, в том числе и ЭМ природы [12]. Как свидетельствуют данные литературы, наиболее часто изучаются регенераторные процессы у этих животных [13–15], а также их локомоторная активность [16–18], определяемая, в частности, по скорости движения (СД). Показано, что временная организация функциональных систем планарий включает ритмы различной продолжительности [19], однако их ультрадианная ритмика совершенно не изучена. В связи с этим, целью данного исследования явилось изучение

ультрадианной ритмики СД планарий, а также ее изменений под влиянием слабых ПемП СНЧ, слабого ЭМЭ и их комбинации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использована лабораторная бесполоая раса планарий *Dugesia tigrina*, условия их содержания и кормления описаны ранее [20].

Для экспериментов отбирали животных длиной $\approx 9 \pm 1$ мм, у которых движение осуществляется за счет ресничек, а не мускулатуры [21].

Планарий отбирали для опыта через три-четыре дня после кормления. Каждое животное помещалось в отдельный флакон с 20 мл. воды, что позволило регистрировать СД каждой отдельно взятой планарии. Для эксперимента было выделено четыре группы животных по 25 особей. Первая группа содержалась в обычных условиях лаборатории (контрольные животные), вторую содержали в экранирующей камере в течение четырнадцати дней по 21 часу в сутки, животные третьей группы по три часа в день подвергались воздействию ПемП частотой 8 Гц индукцией 50 нТл, а в четвертую группу вошли планарии, которые находились в условиях ЭМЭ и дополнительно подвергались действию ПемП СНЧ. О реакции планарий на действие ЭМ факторов судили по изменению их СД. Выбор этого параметра функционального состояния для исследований обусловлен тем, что ЭМ факторы различных параметров изменяют аппарат движения – реснички, жгутики [22], а также структуру основного белка ресничек – тубулина [23].

Фиксацию изображения для определения СД планарий производили на протяжении суток с интервалом в три часа, такие измерения проводили в первый, седьмой и 14-й день после экспериментального воздействия.

СД определяли с помощью компьютерных технологий анализа изображения [24]. Для этого 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 [25].

Ослабление электромагнитного поля достигалось применением экранирующей камеры, которая представляет собой комнату размером 2х3х2 метра, изготовленную из железа «Динамо». Коэффициент экранирования постоянной составляющей магнитного поля, измеренный с помощью феррозондового магнитометра, составлял по вертикальной составляющей 4,4, по горизонтальной – 20. Кроме того, в помещении лаборатории и в экранирующей камере были произведены измерения естественного радиационного фона с помощью радиометра бета-гамма излучения РКС-20.03 «Припять». Величина фона составила 10-15 мкР/ч, что соответствует норме. Различий естественного радиационного фона в лаборатории и в экранирующей камере не выявлено [26]. Измерялась также спектральная плотность магнитного шума в камере как в области ультранизких (от $2 \cdot 10^4$ 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

$2 \cdot 10^{-3}$ до 0,2 Гц уровень спектральной плотности магнитного шума ниже 10 нТл/Гц^{0.5}. Магнитное поле существенно проникает внутрь камеры на частотах 50 и 150 Гц и ниже $2 \cdot 10^{-3}$ Гц. Коэффициент экранирования камеры на частотах 50 и 150 Гц порядка 3. В области частот от 150 Гц до 100 кГц происходит слабое экранирование, тогда как частоте больше 1 МГц имела место лишь тенденция к ослаблению.

В настоящем исследовании выбор параметров воздействующего ПеМП осуществлялся на основе оценки их физиологической и геофизической значимости. Выбранная частота 8 Гц является фундаментальной частотой ионосферного волновода [27], а, кроме того, близка к частоте некоторых биоритмов [3]. Величину магнитной индукции (50 нТл) выбирали с таким учетом, чтоб она была выше напряженности естественного ПеМП на данной частоте. Такой выбор обусловлен тем, что для этой интенсивности поля физиологические эффекты надежно воспроизводятся [28]. Экспериментальная установка состояла из катушек индуктивности диаметром 1 м и низкочастотного генератора ГРМ-3. Для контроля гармонического колебания использовался одноканальный лучевой осциллограф С1-114/1. В нашем исследовании применяли многократные ежедневные трехчасовые экспозиции ПеМП СНЧ, именно такова средняя продолжительность геомагнитных возмущений на данной частоте [29].

В качестве метода нахождения спектральных характеристик изучаемых показателей для каждой планарии отдельно использовали косинор-анализ [30], который применяется в исследованиях ритмики различной продолжительности и 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 [31].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Спектральный и косинор-анализы измерений СД в течение первых, седьмых и 14-х суток исследования выявили ее ультрадианную ритмику. В первый день исследования спектр состоял из следующих периодов: $\approx 6,3 \pm 0,1$; $\approx 7,4 \pm 0,2$; $\approx 8,4 \pm 0,1$ и $\approx 9,9 \pm 0,2$ часов. На седьмой день: $\approx 6,1 \pm 0,07$; $\approx 7,3 \pm 0,1$; $\approx 8,5 \pm 0,2$ и $\approx 10,2 \pm 0,3$. А на 14-й день характерны такие ритмы: $\approx 6,1 \pm 0,02$; $\approx 7,3 \pm 0,1$; $\approx 8,5 \pm 0,1$ и $\approx 10,5 \pm 0,057$. Таким образом, состав спектров ультрадианных ритмов СД различался лишь в пределах ошибки средней. Ультрадианные ритмы близкой продолжительности выявлены в динамике различных показателей: числа лейкоцитов в крови беспородных мышей [32], двигательной активности крыс [33], ТБК-активных продуктов и суммарных тиоловых групп в головном мозге мышей [34]. Показано, что в этом диапазоне ритмов всегда присутствует набор гео- и гелиофизически значимых гармоник.

Амплитуды выявленных ритмов спектров несколько различались: на первые сутки исследования выявлялся четко выраженный 6-часовой доминирующий период с амплитудой $0,66 \pm 0,48$ усл.ед., тогда как на седьмые и 14-е сутки

амплитуда этого ритма снижалась до $0,27 \pm 0,09$ и $0,25 \pm 0,06$ соответственно. На 14-е сутки, также как и первые, 6-часовой ритм превалирует, однако амплитуды других выделенных ритмов не различаются.

Сопоставление спектров индивидуальных ритмов СД планарий показало, что амплитудные пики отдельных ультрадианных периодов группируются в достаточно узких интервалах ($\approx 1\%$). Кроме того, у животных контрольной группы наблюдается выраженная пластичность ритма СД, которая в различные дни экспериментов проявляется в виде варьирования состава периодов и их амплитуд в спектрах.

В проведенных исследованиях на первые, седьмые и 14-е сутки наблюдения выявлены изменения ультрадианной ритмики СД планарий при действии слабых ЭМЭ, ПемП СНЧ и их комбинации.

У планарий, находившихся в условиях ЭМЭ, а также у контрольных животных, в первый день эксперимента в динамике локомоторной активности выявлено четыре периода: $\approx 6,3$; $\approx 7,4$; $\approx 8,4$ и $\approx 9,9$ часов. Период $\approx 11,0 \pm 0,2$ часов выявлен лишь в группе животных, подвергавшихся воздействию ЭМЭ. Кроме того, при действии ЭМЭ, наблюдалось смещение доминирующего ритма ($\approx 6^h,3$) в сторону более низкочастотных периодов ($\approx 7^h,3$) (рис. 1, А). В совпадающих периодах $\approx 6,3$; $\approx 7,4$; $\approx 8,4$ и $\approx 9,9$ часов отмечались значительные сдвиги фаз на 157° ($p < 0,05$), $153,8^\circ$ ($p < 0,05$), $140,5^\circ$ ($p < 0,05$) и $146,9^\circ$ ($p < 0,05$) соответственно.

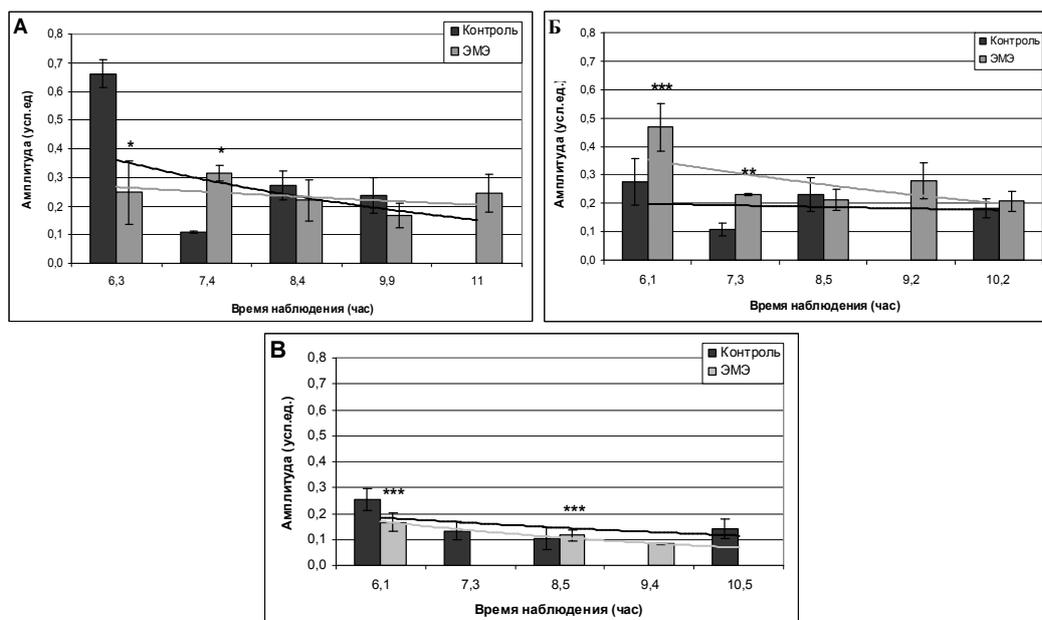


Рис. 1. Спектры периодов ультрадианных ритмов скорости движения интактных планарий и животных, содержащихся в условиях ЭМЭ в различные сроки эксперимента:

А – первый день; Б – седьмой день; В – 14-й день.

Примечание: * – достоверность различий сравниваемых групп животных:

* – ($p < 0,001$); ** – ($p < 0,01$); *** – ($p < 0,05$)

На седьмые сутки эксперимента в исследуемых спектрах ультрадианной ритмики СД контрольных животных и планарий, находящихся в условиях ЭМЭ, также совпадало четыре периода: $\approx 6,1$; $\approx 7,3$; $\approx 8,5$ и $\approx 10,2$, в то время как период $\approx 9,2 \pm 0,1$ выявлялся лишь в спектрах животных, подвергавшихся действию ЭМЭ. В этот срок наблюдения доминирующие ритмы в сравниваемых группах совпадали ($\approx 6^h, 1$), но его амплитуда у животных, находившихся в условиях ЭМЭ, возрастала в 1,7 раз (рис. 1, Б). Кроме того, в этом периоде наблюдался и достоверный сдвиг фаз, который составил $76,26^\circ$ ($p < 0,05$), тогда как с увеличением длины периода в ритмах $\approx 7,3$; $\approx 8,5$ и $\approx 10,2$ отмечалась лишь тенденция к сдвигам фаз на $48,93^\circ$; $28,3^\circ$ и $14,32^\circ$.

На 14-е сутки пребывания животных в условиях ЭМЭ отмечен менее насыщенный спектр периодов СД, а именно, выявляется три ритма, вместо четырех, наблюдаемых в контрольной группе. При этом совпадают периоды $\approx 6,1$ и $\approx 8,5$ часов. В сравниваемых группах совпадали доминирующие ритмы ($\approx 6^h, 1$) и их амплитуда (рис. 1, В). Кроме того, достоверный сдвиг фаз наблюдался лишь в периоде $\approx 8,5$ часов, который составил $314,1^\circ$ ($p < 0,05$), тогда как в периоде $\approx 6,1$ часов наблюдалась лишь тенденция к сдвигу на $41,6^\circ$.

Таким образом, в условиях слабого ЭМЭ существенно меняется ультрадианная ритмика локомоторной активности планарий. Эти изменения заключаются в существенном снижении амплитуд выделенных ритмов, которое прогрессирует с увеличением сроков наблюдения. Кроме того, ЭМЭ приводит к существенным сдвигам фаз, наиболее выраженных на первые сутки наблюдения. На 14-е сутки ритмические изменения практически нивелируются. Подобное явление при ЭМЭ различных диапазонов обнаружено для ритмики других диапазонов в ряде исследований. Как оказалось, слабое ЭМЭ, эффективность которого исследована Н.А. Демцун (2010), изменяло инфрадианную и сезонную ритмику регенераторных процессов у планарий, причем в зависимости от сезона года изменения инфрадианной ритмики были выражены по-разному, а наиболее выраженные перестройки ритмики обнаружены весной [25]. При экранировании изменяются параметры ритмических процессов и других диапазонов. Так, Ю.И. Бородин и др. (1990) [35] обнаружили, что двухнедельное пребывание инбредных мышей в гипомангнитной камере, ослабляющей постоянное магнитное поле Земли в 10^4 раз, вызывает выраженный десинхронизм циркадианных ритмов лимфоидной системы. R. Wever у волонтеров, находящихся в пещерах (естественный экран), описал изменения циркадианной ритмики, заключающиеся в удлинении циркадианного ритма и сглаженности ритмических процессов [36].

Как показали проведенные исследования, слабые ПеМП СНЧ также изменяют ультрадианную ритмику СД планарий. Так, в первый день воздействия ПеМП СНЧ обнаружен более насыщенный спектр периодов, в котором отмечается на один ($\approx 10,2$ часов) период больше, чем у животных контрольной группы. Анализ амплитудных значений выявил, более низкие значения амплитуд выделенных ультрадианных ритмов. Однако, при действии ПеМП СНЧ, не наблюдалось смещения доминирующего ритма, которым в обеих группах был $\approx 6,3$ -часовой ритм (рис. 2, А). Кроме того, в доминирующем периоде наблюдался значительный сдвиг фаз на $173,1^\circ$ ($p < 0,05$).

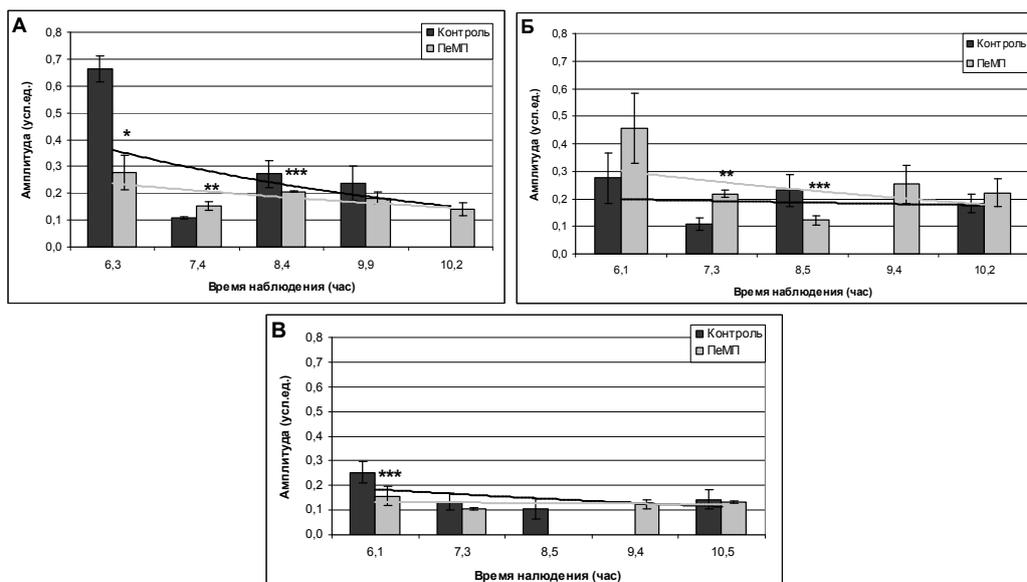


Рис. 2. Спектры периодов ультрадианных ритмов скорости движения интактных планарий и животных, подвергавшихся влиянию ПеМП частотой 8 Гц в различные сроки эксперимента:

А – первый день; Б – седьмой день; В – 14-й день.

Примечание: * – достоверность различий сравниваемых групп животных:

* – ($p < 0,001$); ** – ($p < 0,01$); *** – ($p < 0,05$)

На седьмые сутки воздействия ПеМП СНЧ в спектре ультрадианной ритмики отмечено четыре совпадающих с данными контрольной группы периода. При этом в условиях влияния ПеМП СНЧ отмечено появление одного нового низкочастотного ритма, не характерного для интактных животных: $\approx 9,4$ часов. Кроме того отмечено возрастание амплитуд выделенных ритмов относительно контрольных значений. На седьмые сутки эксперимента совпадали и доминирующие ритмы ($\approx 6^h, 1$) в сравниваемых группах (рис. 2, Б). При семикратном воздействии ПеМП частотой 8 Гц в основном 6-часовом ритме не отмечался достоверный сдвиг фаз, как в первые сутки исследования, а была характерна только лишь тенденция к его сдвигу на $23,78^\circ$.

На 14-й день наблюдения отмечено резкое снижение амплитуд выделенных ритмов. Под влиянием ПеМП частотой 8 Гц количество выявленных периодов в исследуемых спектрах совпадает, однако ритм $\approx 9,4$ часов смещается в сторону низкочастотных относительно периода $\approx 8,5$ часов контрольной группы животных. К тому же совпадали и доминирующие ритмы в $\approx 6,1$ -часовом периоде (рис. 2, В). Кроме того, в основном периоде наблюдалась лишь тенденция к сдвигу фаз на $38,27^\circ$.

Таким образом, ПеМП частотой 8 Гц изменяет ультрадианную ритмику СД, что выражено в амплитудно-фазных сдвигах и изменении спектров. Эти изменения наиболее выражены в первые сутки наблюдения.

Полученные нами данные согласуются с литературными. Так, под влиянием ПеМП частотой 8 Гц обнаружены и изменения ультрадианной ритмики. В опытах

В.С. Мартынюка (1990) обнаружена не только способность слабых ПеМП влиять на ультрадианную ритмику биохимических показателей, но и зависимость эффектов воздействия от частоты. Согласно данным этого автора воздействие слабым МП частотой 8 Гц приводит к относительно равномерному перераспределению амплитуды исходного 6-часового периода колебаний содержания ТБК-активных продуктов по гармоникам с периодами $2^h,5$; $4^h,5$ и $7^h,5$. Период же наиболее мощной гармоники для тиоловых групп изменяется относительно контрольной группы и составляет около 4,5 ч. Тем не менее, мощность данной гармоники уменьшается почти в 2 раза. Для более высоко- и низкочастотных колебаний суммарных тиоловых групп наблюдается гораздо более значительное снижение мощности. Следует обратить внимание, что такая временная организация обмена тиоловых групп и продуктов перекисного окисления характеризуется практически синфазными колебаниями содержания ТБК-активных продуктов и тиоловых групп на гармонике с периодом 4,5 ч. Воздействие магнитным полем 0,08 Гц также приводит к формированию новой ритмики исследуемых процессов, однако асинхронность интегральных колебания содержания продуктов перекисного окисления и тиоловых групп сохраняется. При данном воздействии выявлено формирование слабой по мощности гармоники колебаний ТБК-активных продуктов с периодом около 4,5 ч, тогда как период наиболее мощной гармоники увеличивается до 8 ч [37].

Н.М. Фатеева (1995), оценивая различные периоды нахождения рабочих на вахте при трансширотных перелетах в условиях Заполярья, отметила, что кроме значительных колебаний среднесуточного уровня показателей свертывания крови, имеются довольно существенные изменения внутрисистемной синхронизации регулируемых параметров. Основными проявлениями этих изменений являются исчезновение статистически значимого 24-часового ритма, выраженный сдвиг акрофаз, появление статистически значимых 12-часовых ритмов. Относительная стабилизация временной организации показателей гомеостаза отмечается на 30-35 день вахты, а достаточно устойчивого состояния достигает к 45-му дню вахты [38].

При анализе ультрадианной ритмики локомоторной активности планарий при дополнительном действии ПеМП СНЧ в условиях ЭМЭ отмечено, что количество выявленных периодов в первый день воздействия в сравниваемых группах не совпадает, при этом не выявляется один ритм. Однако выявлено три совпадающих с контрольной группой периода продолжительностью $\approx 6,3$, $\approx 8,4$ и $\approx 9,9$ часов, в то время ритм $\approx 7,4 \pm 0,2$ часов характерен только для контрольных животных. Смещение доминирующего периода, который в обеих группах находился в значении $\approx 6,3$ часов, не наблюдалось (рис. 3, А). Кроме того, в периодах $\approx 6,3$; $\approx 8,4$ и $\approx 9,9$ часов наблюдались значительные сдвиги фаз на $92,53^\circ$ ($p < 0,05$), $89,32^\circ$ ($p < 0,05$) и $68,81^\circ$ ($p < 0,05$) соответственно.

На седьмые сутки эксперимента отмечено также три совпадающих с контрольной группой периода: $\approx 6,1$; $\approx 7,3$ и $\approx 8,5$, в то время как ритм $\approx 10,2 \pm 0,03$ отмечен лишь в контроле. В этот срок наблюдения доминирующие ритмы в сравниваемых группах совпадали ($\approx 6^h,1$), но при этом отмечалось полное

совпадение и их амплитуд (рис. 3, Б). Кроме того, в ритмах $\approx 6,1$; $\approx 7,3$ и $\approx 8,5$ отмечалась лишь тенденция к сдвигам фаз на $11,06^\circ$; $11,34^\circ$ и $31,34^\circ$.

На 14-е сутки пребывания животных в условиях комбинированного воздействия ПеМП частотой 8 Гц и ЭМЭ отмечено полное совпадение выделенных ритмов в изучаемых спектрах: $\approx 6,1$; $\approx 7,3$; $\approx 8,5$ и $\approx 10,5$ часов. В сравниваемых группах совпадали и доминирующие ритмы ($\approx 6^h, 1$) и их амплитуда (рис. 3, В). Кроме того, достоверный сдвиг фаз наблюдался в периодах $\approx 7,4$ и $\approx 8,5$ часов, которые составили $254,9^\circ$ ($p < 0,05$) и $276,9^\circ$ ($p < 0,05$).

Таким образом, при воздействии ПеМП СНЧ в условиях ЭМЭ экранообусловленные изменения ультрадианной ритмики значительно менее выражены. То есть ПеМП СНЧ корректирует изменения ультрадианной ритмики СД, обусловленных экранированием.

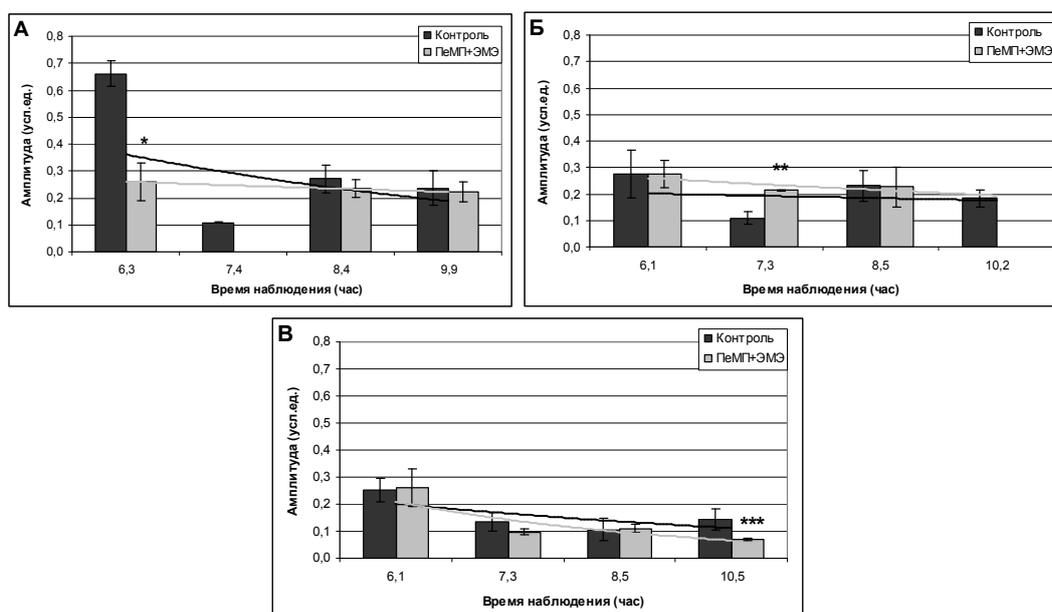


Рис. 3. Спектры периодов ультрадианных ритмов скорости движения интактных планарий и животных, подвергавшихся влиянию ПеМП частотой 8 Гц в условиях ЭМЭ в различные сроки эксперимента:

А – первый день; Б – седьмой день; В – 14-й день.

Примечание: * – достоверность различий сравниваемых групп животных:

* – ($p < 0,001$); ** – ($p < 0,01$); *** – ($p < 0,05$)

Как свидетельствуют данные литературы, ПеМП частотой 8 Гц корректирует изменения ритмики, вызванные другими причинами. Например, ранее нами была показана способность ПеМП корректировать изменения инфрадианной ритмики показателей системы крови крыс, чья двигательная активность ограничивалась (гипокинезия).

Таким образом, результаты проведенного исследования свидетельствуют о способности низкоинтенсивных ЭМ факторов изменять ультрадианную ритмику у беспозвоночных, в частности, у планарий.

ВЫВОДЫ

1. У интактных планарий выявлена ультрадианная ритмика СД, которая характеризуется выраженной пластичностью, проявляющейся в виде варьирования состава периодов и их амплитуд.
2. Изменения ультрадианной ритмики в условиях слабого многодневного ЭМЭ заключаются в существенном изменении ультрадианной ритмики локомоторной активности планарий. Эти изменения заключаются в снижении амплитуд выделенных ритмов, которое прогрессирует с увеличением сроков наблюдения. Кроме того, ЭМЭ приводит к значительным сдвигам фаз, наиболее выраженных на первые сутки наблюдения. На 14-е сутки ритмические изменения практически нивелируются.
3. Слабое ПеМП частотой 8 Гц приводит к снижению амплитуды основного \approx 6-часового ультрадианного ритма, сдвигам фазы всех выделенных периодов. Выраженность изменений ритмических процессов уменьшается с увеличением числа воздействий ПеМП.
4. При воздействии ПеМП частотой 8 Гц на планарий, находящихся в условиях ЭМЭ, экранообусловленные изменения ультрадианной ритмики корректируются, что проявляется в частичной нормализации параметров ультрадианной ритмики.

Список литературы

1. 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.
2. Алякринский Б.С. Биологические ритмы и организация жизни человека в космосе / Алякринский Б.С. – М.: Наука, 1983. – 246 с.
3. Ашофф Ю. Биологические ритмы / Ашофф Ю. – М.: Мир, 1984. – Т. 1. – 414 с.
4. Агаджанян Н.А. Биоритмы, спорт, здоровье / Н.А. Агаджанян, Н.Н. Шабатура – М.: Физкультура и спорт, 1989. – 208 с.
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. Aschoff J. On the fling of circadian systems / J. Aschoff // Evolution of circadian clock. – Sapporo, 1994. – P. 23–24.
7. Деряпа П.Р. Проблемы медицинской биоритмологии / Деряпа П.Р., Мошкин Н.П., Посный В.С. – М.: Медицина, 1985. – 208 с.
8. Владимирский Б.М. Солнечно-земные связи в биологии и явление «захвата» частоты / Б.М. Владимирский // Проблемы космической биологии. – 1982. – №. 43. – С. 166–173.
9. Проблемы космической биологии. Биологические ритмы / [Романов Ю.А., Чепурнов С.А., Клевезаль Г.А. и др.] – М.: Наука, 1980. – Т.41. – 319 с.
10. Хроноструктура биоритмов сердца и факторы внешней среды. Монография. / [Бреус Т.К., Чибисов С.М., Баевский Р.М., Шебзухов К.В.] – М.: изд-во Российского университета дружбы народов; изд-во Полиграф сервис, 2002. – 232 с.
11. Темурьянц Н.А. Сверхнизкочастотные электромагнитные сигналы в биологическом мире / Темурьянц Н.А., Владимирский Б.М., Тишкин О.Г. – Киев, Наукова думка, 1992. – 188 с.

12. Использование планарий для изучения действия экологических факторов / Н.А. Темурьянц, Н.А. Демцун, Н.С. Ярмолюк [и др.] // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – Том 22 (61). – 2009. – № 1. – С. 78–86
13. Jenrow K.A. Weak Extremely Low Frequency Magnetic Fields and Regeneration in the Planarian *Dugesia tigrina* / K.A. Jenrow, C.H. Smith, A.R. Liboff // *Bioelectromagnetics*. – 1995. – V. 16. – P. 106–112.
14. Ермаков А.М. Модификация влияния фармакологических агентов на регенерацию планарий с помощью слабых переменных магнитных полей / А.М. Ермаков, О.Н. Ермакова, В.В. Леднев // Сборник тезисов IV Международного Конгресса «Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине». – СПб. – 2006. – С. 110
15. Novikov V.V. Effect of weak static and low-frequency alternating magnetic fields on the fission and regeneration of the planarian *Dugesia (Girardia) tigrina* / V.V. Novikov, I.M. Sheiman, E.E. Fesenko // *Bioelectromagnetics*. – 2008. – V. 29, № 5. – P. 387–393.
16. Acetylcholine/dopamine interaction in planaria / F.R. Buttarelli, F.E. Pontieri, V. Margotta [et al.] // *Comp Biochem Physiol C Toxicol Pharmacol* – 2000 – Vol. 125(2) – P. 225–231
17. Opioid-dopamine interaction in planaria: a behavioral study / F. Passarelli, A. Merante, F.E. Pontieri [et al.] // *Comp Biochem Physiol C Pharmacol Toxicol Endocrinol* – 1999 – Vol. 124(1) – P. 51–55.
18. A cembranoid from tobacco prevents the expression of nicotine-induced withdrawal behavior in planarian worms / O.R. Pagán, A.L. Rowlands, A.L. Fattore, T. Coudron [et al.] // *Eur J Pharmacol*. – 2009 – Vol. 615(1-3) – P. 118–124.
19. Baguna J. Quantitative analysis of cell types during growth, degrowth and regeneration in the planarians *Dugesia mediterranea* and *Dugesia tigrina* / J. Baguna, R. Romero // *Hydrobiologia* 84 – 1981. – P. 181–194
20. 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.
21. Шмидт-Ниельсен К. Физиология животных: приспособление и среда / К. Шмидт-Ниельсен – М: «Мир», 1982. – Т.2. – С. 555–643.
22. 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.
23. 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.
24. 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.
25. Демцун Н.А. Сезонные различия регенерации планарий *Dugesia tigrina* при электромагнитном экранировании : автореф. дис. на соискание научн. степени канд. биол. наук : спец. 03.00.13 «Физиология человека и животных» / Н.А. Демцун. – Симферополь, 2010. – 20 с.
26. Метод получения крайне слабых постоянного магнитного и электрического полей и хорошо воспроизводимого комбинированного магнитного поля для биологических исследований / Н.И. Богатина, Н.В. Шейкина, В.С. Мартынюк [и др.] // Ученые записки Таврического национального университета им.В.И. Вернадского. Серия «Биология. Химия». – 2010. – Т.23, №2. – С. 125.
27. Schumann W.O. Uber die Dämpfung der electromagnetischen Eigenwingungen des Systems Erde-Luft-Ionosphere / W.O. Schumann // *Naturwissenschaft*. – 1982. – Vol. 7a. – P. 250–254.
28. Сидякин В.Г. Влияние глобальных экологических факторов на нервную систему / Сидякин В.Г. – Киев.: Наукова думка, 1986. – 160 с.
29. Polk G. Resonances of ears ionosphere cavity – extremely low frequency reception at Kingston / G. Polk, F. Fitchen, W.O. Schumann // *Radio Propagation*. – 1962. – Vol. 3(66). – P. 313.
30. Емельянов И.П. Формы колебания в биоритмологии / Емельянов И.П. – Новосибирск: Наука, 1976. –127 с.

31. Лапач С.Н. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel / Лапач С.Н., Чубенко А.В., Бабич П.Н. – К: Модмон, 2000. – 319 с.
32. Мартынюк В.С. Временная организация живых организмов и проблема воспроизводимости результатов магнитобиологических исследований / В.С. Мартынюк // Биофизика. – 1995. – Т. 40, № 5. – С. 925–927.
33. Мартынюк В.С. Внутрисуточные гео- и гелиофизически значимые периоды в интегральном ритме двигательной активности животных / В.С. Мартынюк // Биофизика. – 1998. – Т.43, №. 5. – С. 789–796.
34. Мартынюк В.С. Влияние слабых переменных магнитных полей инфранизких частот на временную организацию физиологических процессов: Автореф. дисс.... канд. биол. наук: 03.00.02 / В.С. Мартынюк – Симферополь, 1992. – 15 с.
35. Бородин Ю.И. Реакция циркадианных ритмов лимфоидной системы на глубокое экранирование от геомагнитного поля Земли / Ю.И. Бородин, А.Ю. Летягин // Бюллетень экологической биологии и медицины. – 1990. – № 2. – С. 191–193.
36. Wever R.A. The circadian system of man: Results of experiments under temporal isolation / Wever R.A. // New-York: Springer, 1979. – 276 p.
37. Космос и биологические ритмы / [Владимирский Б.М., Сидякин В.Г., Темурьянц Н.А. и др.] – Симферополь, 1995. – 206 с.
38. Фатеева Н.М. Временная организация системы гемостаза в условиях крайнего Севера при вахтово-экспедиционной форме производственной деятельности / Н.М. Фатеева // Мастер.1-ой Всеросс. Науч. Конф. “Образ жизни и здоровье студентов” М. – 1995. – С. 236–238.

Темур'янц Н.А. Вплив слабких електромагнітних факторів на ультрадіанну ритміку локомоторної активності планарій *Dugesia tigrina* / Н.А. Темур'янц, В.С. Мартинюк, Н.С. Ярмолюк, О.В. Шехоткін // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2011. – Т. 24 (63), № 2. – С. 268-278.

Виявлена ультрадіанна ритміка швидкості руху планарій *Dugesia tigrina*. При слабкому електромагнітному екрануванні, дії слабких змінних магнітних полів наднизької частоти спостерігаються її зміни, що виражаються у виражених перебудовах спектрів потужності, зрушення фаз і амплітуд виділених періодів. На першу, сьому і 14-у добу впливу електромагнітних факторів ці зміни виражені по-різному. Максимальні зміни відзначені на першу добу спостереження, в подальші терміни ультрадіанна ритміка нормалізується.

Ключові слова: планарії *Dugesia tigrina*, швидкість руху, ультрадіанна ритміка, змінне магнітне поле наднизької частоти, електромагнітне екранування.

Temuryants N.A. The effect of weak electromagnetic factors in ultradian rhythms of locomotor activity of planarians *Dugesia tigrina* / N.A. Temuryants, V.S. Martynyuk, N.S Yarmolyuk, A.V Shehotkin // Scientific Notes OF Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2011. – Vol. 24 (63), No 2. – P. 268-278.

Revealed ultradian rhythms speed planarian *Dugesia tigrina*. In a weak electromagnetic shielding, the action of weak alternating magnetic fields of extremely low frequency of observed changes, reflected in pronounced modifications of the power spectra, phase shift and amplitude of the selected periods. At first, seventh and 14th day of exposure to electromagnetic factors, these changes are expressed in different ways. Maximum changes occurred on the first day of observation, and further periods of ultradian rhythm to normal.

Keywords: planarian *Dugesia tigrina*, speed, ultradian rhythm, alternating magnetic field of low frequency, electromagnetic screening.

Поступила в редакцію 12.06.2011 г.