

УДК 612.014.42:595.123

КОРРЕКЦИЯ ЭКРАНИНДУЦИРОВАННОГО ДЕСИНХРОНОЗА У ПЛАНАРИЙ *DUGESIA TIGRINA* НИЗКОИНТЕНСИВНЫМ ПЕМП КРАЙНЕ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ

Темурьянц Н. А.¹, Чуян Е. Н.¹, Ярмолюк Н. С.¹, Туманянц К. Н.¹, Костюк А. С.²

¹Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь,
Республика Крым, Россия

²Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Киев, Украина
E-mail: timur328@gmail.com

Обнаружено, что в условиях умеренного ослабления геомагнитного поля Земли, вызванного электромагнитным экранированием, у планарий *Dugesia tigrina* развивается десинхроноз, проявляющийся в изменении амплитуд и фаз выделенных с помощью косинор-анализа периодов инфрадианного диапазона в динамике скорости движения животных. Дополнительное воздействие на планарий, находящихся в условиях ослабленного геомагнитного поля, ПемП частотой 8 Гц индукцией 50 нТл нивелирует экранообусловленные изменения инфрадианной ритмики скорости движения планарий. Полученные данные подтверждают полученные ранее результаты экспериментов, проведенных на моллюсках, о способности ПемП крайне низкой частоты лимитировать развитие экраноиндуцированного десинхроноза.

Ключевые слова: электромагнитное экранирование, переменное магнитное поле крайне низкой частоты, планарии, скорость движения, десинхроноз, инфрадианная ритмика.

ВВЕДЕНИЕ

Изучение феноменологии и механизмов действия электромагнитных факторов при их низкой интенсивности является актуальной проблемой экологической физиологии. Для этого используются как эксперименты с их активным воздействием, так и опыты с ослаблением геомагнитного поля (ГМП), достигаемым электромагнитным экранированием (ЭМЭ). Ранее нами было установлено, что умеренное снижение интенсивности постоянной и переменной компонент ГМП вызывает существенные изменения функционального состояния животных [1]. В частности, нами показаны изменения ноцицепции у беспозвоночных и позвоночных животных [2, 3], стимуляция регенерации планарий *Dugesia tigrina* в таких условиях [4].

Установлено также, что в условиях умеренного ЭМЭ изменяется поведение животных: развивается депрессивноподобное поведение, возрастает внутривидовая и межвидовая агрессивность, снижается их половая мотивация и т. д. [5]. При изменениях разнообразных показателей функционального состояния животных во всех случаях диагностировано нарушение ритмики регистрируемых процессов – десинхроноз. Таким образом, в условиях ЭМЭ развивается ряд неблагоприятных изменений функционального состояния животных. Некоторые из них, например,

изменения поведения, являются риском развития социально опасных состояний. Так как согласно Ю. Г. Григорьеву (1995) ЭМЭ достаточно широко распространено, необходима разработка средств и методов снижения его неблагоприятных последствий. Помимо методов гигиенического нормирования возможна разработка способов с применением различных дополнительных воздействий. Так, в нашей лаборатории показано, что дополнительное воздействие на животных низкоинтенсивного ПемП частотой 8 Гц интенсивностью 50 нТл снижает гипералгетический эффект экранирования, начальное угнетение опиоидной системы у моллюсков, а также устраняет развитие у последних десинхроноза. Однако для распространения полученных выводов на других животных необходимы дальнейшие исследования. В связи с изложенным целью исследования явилось изучение возможности коррекции ритмики инфранианного диапазона у планарий *Dugesia tigrina* с помощью ПемП частотой 8 Гц.

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 [6]. Исследования проведены с соблюдением принципов биоэтики в соответствии с международными принципами Европейской конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или других научных целей (Directive 2010/63/EU, Страсбург, 2010) [7] под контролем комиссии по биоэтике КФУ имени В. И. Вернадского.

Для экспериментов отбирали животных длиной $\approx 9 \pm 1$ мм, у которых движение осуществляется за счет ресничек, а не мускулатуры [8].

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 четыре группы животных по 25 особей. Первая группа содержалась в обычных условиях лаборатории (контрольные животные), вторую содержали в экранирующей камере в течение шестнадцати дней по 21 часу в сутки, животные третьей группы по три часа в день подвергались воздействию ПемП частотой 8 Гц индукцией 50 нТл вне камеры, а четвертую группу составили планарии, которые находились в условиях ЭМЭ и дополнительно подвергались действию ПемП СНЧ одновременно с животными третьей группы.

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 [9], а также структуру основного белка ресничек – тубулина [10].

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 видеотюннер 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 [11].

Ослабление фонового электромагнитного поля (ЭМП) достигалось применением экранирующей камеры размером 2×3×2 м, изготовленной из двухслойного железа «Динамо». Коэффициент экранирования B_{DC} , 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 [12–14].

Нами использовалось ПемП частотой 8 Гц и индукцией 50 нТл. Выбранная частота является фундаментальной частотой ионосферного волновода [15], а, кроме того, близка к частоте некоторых биоритмов [16]. Величину магнитной индукции выбирали с таким расчетом, чтобы она была значительно выше интенсивности естественного ПемП на данной частоте. Это позволило уменьшить эффекты неконтролируемых электромагнитных воздействий, а вследствие широкого «амплитудного окна» на этой частоте распространить сделанные выводы на достаточно широкий диапазон интенсивностей ПемП [17, 18]. Кроме того, учитывалось, что для такой интенсивности поля физиологические эффекты надежно воспроизводятся [19]. Применялись многократные трехчасовые экспозиции ПемП, которые проводились ежедневно с 8 до 11 ч утра.

ПемП создавалось кольцами Гельмгольца диаметром 1 м, с неравномерностью поля в зоне расположения животных менее 5 %. Источником сверхнизкочастотного тока синусоидальной формы служил генератор ГРМ-3. Контроль за протеканием тока через кольца осуществлялся непрерывно с помощью миллиамперметра М2020

и осциллографа Н-303. Оценка всех составляющих погрешностей амплитуды позволила поддерживать амплитуду и частоту ПеМП с точностью не ниже 3.5 % от их номинального значения.

Было использовано две установки генерации ПеМП КНЧ. Одна из них помещалась в центре экранирующей камеры для воздействия на животных, находящихся в экранируемом пространстве, другая находилась в лаборатории и использовалась для воздействия ПеМП на контрольных животных.

В качестве метода нахождения спектральных характеристик изучаемых показателей для каждой планарии отдельно использовали косинор-анализ [20], 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 [21].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

У планарий, так же как у позвоночных и человека, обнаружена сложная временная организация. Согласно полученным нами данным важным её компонентом является и инфрадианная ритмика. Косинор-анализ позволил выявить набор инфрадианных ритмов, включающий в себя периоды $\approx 2^d,3$ (2,2–2,4); $\approx 3^d,3$ (3,3–3,8) и $\approx 8^d,0$ (7,1–8,0). Выявленные в настоящем исследовании ритмы обнаружены в деятельности различных биологических систем на всех уровнях организации [22–26], а также в вариациях геофизической активности [27, 28]. Периоды такой же продолжительности выявлены и у регенерирующих планарий [29]. Однако амплитуды выделенных ритмов СД значительно превышали таковые индекса регенерации планарий. Экспоненциальный анализ спектров периодов СД выявил тенденцию к увеличению амплитуд с возрастанием продолжительности периода. Доминирующим периодом является период $8^d,0$ с амплитудой $0,023 \pm 0,003$ усл.ед. (табл. 1).

Как показали проведенные исследования, пребывание животных в условиях умеренного ЭМЭ влечет за собой изменения инфрадианной периодичности СД нерегенерирующих планарий. Эти изменения заключались в существенном изменении структуры спектра, который, как и у животных контрольной группы, состоял из трех периодов, однако вместо периода $8^d,0$ появился период $4^d,8$. Обращает на себя внимание выраженный сдвиг фаз в выявленных периодах. В периоде $2^d,3$ фаза сдвигалась на $262,6^\circ$ ($p < 0,01$) (рис. 1), в периоде $3^d,8$ – на 54° ($p < 0,05$).

Таблица 1.

Данные косинор-анализа динамики скорости движения нерегенерирующих планарий *Dugesia tigrina* контрольной группы и животных, подвергнутых изолированному и комбинированному с электромагнитным экранированием действию ПемП КНЧ

| Параметры ритма | Группы животных | | | |
|---------------------|-----------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---|
| | Контроль | ЭМЭ | ПемП | ПемП+ЭМЭ |
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Период (сутки) | 2,3 | 2,3 | 2,3 | 2,3 |
| Амплитуда (усл.ед.) | 0,017±0,002 | 0,015±0,002 | 0,015±0,001 | 0,016±0,001 |
| Фаза (радианы) | 1,180±0,096 | 5,763±0,112 P ₁₋₂ <0,01 | 0,917±0,023 P ₂₋₃ <0,01 | 1,233±0,084 P ₂₋₄ <0,01 |
| Период (сутки) | 3,3 | 3,8 | 3,3 | 3,8 |
| Амплитуда (усл.ед.) | 0,017±0,001 | 0,016±0,002 | 0,013±0,002 | 0,013±0,001 |
| Фаза (радианы) | 2,254±0,173 | 1,311±0,094 P ₁₋₂ <0,05 | 0,037±0,012 P ₁₋₃ <0,01 | 3,115±0,075 P ₂₋₄ <0,05 P ₃₋₄ <0,05 |
| Период (сутки) | --- | 4,8 | --- | --- |
| Амплитуда (усл.ед.) | --- | 0,019±0,002 | --- | --- |
| Фаза (радианы) | --- | 4,931±0,263 | --- | --- |
| Период (сутки) | 8,0 | --- | 7,1 | 8,0 |
| Амплитуда (усл.ед.) | 0,023±0,003 | --- | 0,025±0,003 | 0,027±0,002 |
| Фаза (радианы) | 4,180±0,315 | --- | 2,751±0,126 P ₁₋₃ <0,01 | 3,182±0,183 P ₃₋₄ <0,05 |

Примечание: P – достоверность различий сравниваемых групп.

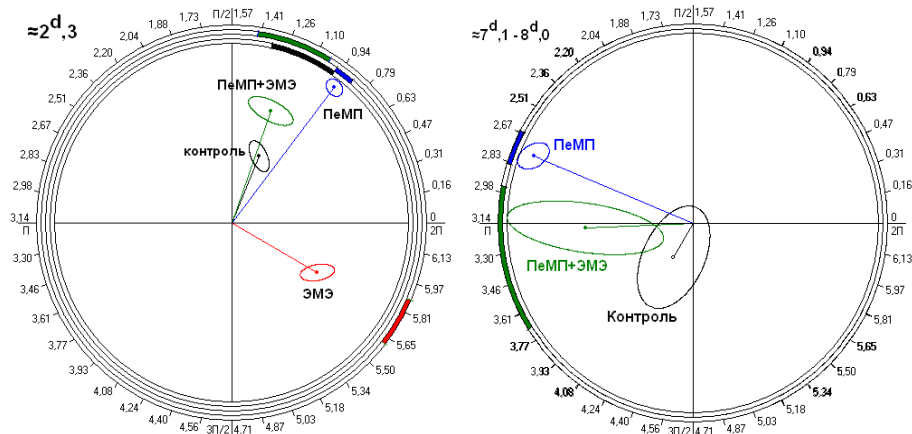


Рис.1. Косинорограммы периодов $\approx 2^d,3$ и $\approx 7^d,1-8^d,0$ СД планарий контрольной группы, животных, находящихся в условии электромагнитного экранирования, влиянии ПемП СНЧ и воздействия ПемП СНЧ на животных, находящихся в условиях ЭМЭ.

Такие изменения выделенных спектров ИР СД нерегенерирующих планарий свидетельствуют о том, что в условиях ЭМЭ у последних развивается десинхроноз.

Как свидетельствуют литературные данные, ЭМЭ вызывает изменения биологической ритмики различных диапазонов. Наиболее документированы изменения циркадианной ритмики при пребывании человека [30] и животных [31] в условиях искусственного ослабления ГМП, а также в природных экранах (пещерах) и подводных лодках [32–34].

Описаны также характерные для десинхроноза изменения ритмики ультрадианного диапазона [35] у животных, находящихся в условиях ЭМЭ. При исследовании изменений ритмики циркадианного и ультрадианного диапазонов обнаружены прогрессирующие с длительностью пребывания в условиях ЭМЭ нарушения ритмических процессов. В настоящем исследовании нами получены данные, свидетельствующие о развитии десинхроноза в условиях ЭМЭ и на основе анализа изменений инфрадианной ритмики.

Десинхроноз вызывает и воздействие на животных ПеМП частотой 8 Гц индукцией 50 нТл. Состав спектра СД планарий, подвергавшихся действию ПеМП частотой 8 Гц, не отличался от такового животных контрольной группы, однако во всех выделенных периодах зафиксирован сдвиг фаз относительно данных контрольной группы (табл.1).

Обнаружены и изменения внутрисуточной и циркадианной ритмики, например, процессов перекисного окисления липидов, обмена тиоловых групп и липидов в головном мозге мышей, а также биохимических процессов в системе крови при воздействии слабого ПеМП в диапазоне частот 0,008-80 Гц индукцией 30 мкТл [36, 37]. В данных работах изменения ритмики зависели от частоты воздействующего поля.

Пример изменения мезоритмов содержится в работе Е.В. Архангельской (1992). Ею обнаружены изменения многодневных ритмов условно-рефлекторной деятельности крыс под влиянием слабых ПеМП частотой 8 Гц (индукция 1 мкТл).

Как показано в перечисленных работах, характер влияния ПеМП на биологическую ритмику зависит от исходного состояния организма: если ПеМП действует на животных, у которых имеет место десинхроноз любого генеза, изменения ритмики модифицируются.

При дополнительном воздействии ПеМП частотой 8 Гц на животных, находящихся в условиях ЭМЭ, не выявлено заметных отличий спектра инфрадианной ритмики СД нерегенерирующих планарий от такового контрольных животных, за исключением тенденции к увеличению амплитуды периода $\approx 8^d,0$. В то же время этот спектр существенно отличался от спектра животных, находящихся в условиях ЭМЭ.

Таким образом, нами показано, что ПеМП СНЧ нивелирует изменения ИР СД планарий, обусловленных экранированием. Как свидетельствуют данные литературы, ПеМП частотой 8 Гц корригирует изменения ритмики, вызванные другими причинами. Например, ранее была показана способность ПеМП корригировать изменения ИР показателей системы крови крыс, чья двигательная активность ограничивалась (гипокинезия) [38]. Кроме того, оказалось, что ПеМП частотой 8 Гц

значительно корректирует изменения ноцицепции у моллюсков, находившихся в условиях ФМЭ [39].

Полученные данные могут быть полезны для разработки биорегенеративных систем жизнеобеспечения в условиях ЭМЭ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При комбинированном действии ЭМЭ и ПеМП частотой 8 Гц на нерегенерирующих планарий регистрируются изменения временной организации скорости движения, отличные от изменений, вызванных их изолированным действием. Наблюдается нивелирование экранообусловленных изменений ИР, десинхронизация не развивается.

Работа выполнена при финансовой поддержке в рамках базовой части государственного задания № 2015/701 Минобрнауки России в сфере научной деятельности темы «Обоснование применения оздоровительно-превентивных технологий на основе действия низкоинтенсивных факторов различной природы».

Список литературы

1. Specific Features of the Planarian *Dugesia tigrina* Regeneration and Mollusk *Helix albenscens* Nociception under Weak Electromagnetic Shielding / N. A. Temur'yants, N. A. Demtsun, A. S. Kostyuk and N. S. Yarmolyuk // *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*. – 2012. – Vol. 48, No. 7 – P. 761-770.
2. Temuryants N. A. Role of the opioid system in the modulation of thermnociceptive sensitivity of mollusks affected by weak electromagnetic factors / N. A. Temuryants, A. S. Kostyuk // *Neurophysiology* – 2012 – V. 43, № 5 – P. 355–364.
3. Темурьянц Н. А. Участие мелатонина в изменении ноцицепции моллюсков и мышей при длительном электромагнитном экранировании / Н. А. Темурьянц, А. С. Костюк, К. Н. Туманянц // *Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова* – 2013 – Т. 99, № 11 – С. 1333–1341.
4. Темурьянц Н. А. Сезонные различия регенерации планарий в условиях многодневного электромагнитного экранирования / Н. А. Темурьянц, Н. А. Демцун // *Биофизика* – 2010. – Т. 55, вып. 4. – С. 710–714.
5. Темурьянц Н. А. Электромагнитное экранирование изменяет поведение крыс / Н. А. Темурьянц, А. С. Костюк, К. Н. Туманянц // *Журнал высшей нервной деятельности*. – 2015. – Том 65, № 2. – С. 222–229.
6. 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.
7. Европейская конвенция о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях (ETS № 123). Заключена в г. Страсбурге 18 марта 1986 г. Гл. III, ст. 6. Режим доступа: base.garant.ru/4090914.
8. Шмидт-Нильсен К. Физиология животных: приспособление и среда / Шмидт-Нильсен К. – М: «Мир», 1982. – Т.2. – С. 555–643.
9. 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
10. 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.
11. 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.
12. Дубров А. П. Геомагнитное поле и жизнь. / Дубров А. П. – Л. Гидрометеоздат. – 1974.
 13. 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.
 14. 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.
 15. Schumann W. O. Uber die Dämpfung der electromagnetischen Eigenwingungen des Systems Erde-Luft-Ionosphäre / W. O. Schumann // *Naturwissenschaft*. – 1982. – No 7a. – P. 250–254.
 16. Ашофф Ю. Биологические ритмы / Ашофф Ю. – М.: Мир, 1984. – Т. 1. – 176 с.
 17. Adey W. R. Frequency and power window in tissue interactions with weak electromagnetic fields / Adey W. R. // *Proc. IEEE*. – 1980. – Vol. 68, Is.1. – P. 119.
 18. Макеев В. Б. Исследование частотной зависимости биологической эффективности магнитного поля в диапазоне геомагнитного поля (0,01–100 Гц) / В. Б. Макеев, Н. А. Темуриянц // *Пробл. космич. биологии*. – 1982. – Т. 43. – С. 116–128.
 19. Темуриянц Н. А. Сверхнизкочастотные электромагнитные сигналы в биологическом мире. / Темуриянц Н. А., Владимирский Б. М., Тишкин О. Г. – Киев: Наук. думка, 1992. – 187 с.
 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 / Лапач С. Н., Чубенко А. В., Бабич П. Н. – К: Модмон, 2000. – 319 с.
 22. Чиркова Э. Н. Месячные и суточные биоритмы амилазы сыворотки крови здоровых мужчин и их связь с ритмами внешней среды / Э. Н. Чиркова, Л. С. Суслов, М. М. Баменко [и др.] // *Лабораторное дело*. – 1990. – Т. 4. – С. 40–44.
 23. Шабатура Н. Н. Механизм происхождения инфраничных биологических ритмов / Н. Н. Шабатура // *Успехи физиол. наук*. – 1989. – Т. 20, №3. – С. 83–103.
 24. Chronobiological analysis of peripheral lymphocyte dehydrogenase activities in rats with Walker 256 carcinosarcoma (English) / L. Strigun, E. Chirkova, G. Grigoreva [et al.] // *Anti-Cancer Drugs*. – 1991. – Vol. 2. – P. 305–310.
 25. Диатроптов М.Е. Инфраничные ритмы морфофункционального состояния тимуса у крыс. / М. Е. Диатроптов, М. В. Кондашевская, О. В. Макарова // *Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова*. – 2013. – Т. 99, № 6. – С. 729–736.
 26. Диатроптов М. Е. Морфофункциональные параметры эндокринной и иммунной системы и пролиферативная активность эпителия в инфраничном диапазоне биоритмов: диссертация ... доктора биологических наук: 03.03.04 / Диатроптов Михаил Евгеньевич [ФГБУ «НИИ морфологии человека»]. – Москва, 2015. – 263 с.
 27. Бобова В. П. Спектры колебаний АЕ-индекса и глобальные осцилляции Солнца: диапазон периодов 200–420 минут / В. П. Бобова // *Магнитосферные исследования* – 1989. – Т. 3, № 10. – С. 86–95.
 28. Чичельницкий А. М. Волновая структура, квантование и мегаспектроскопия солнечной системы / Чичельницкий А. М. – М.: Машиностроение, 1986. – С. 57–74.
 29. Демцун Н. А. Особенности инфраничной ритмики скорости движения регенерирующих планарий в различные сезоны года / Н. А. Демцун // *Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология. Химия»* – 2009. – Т. 22 (61), №4. – С. 41–49.
 30. Горелкин А. Г. Медленные колебательные процессы при геомагнитном экранировании / А.Г. Горелкин, А. В. Трофимов // *Проблемы ритмов в естествознании материалы второго международного симпозиума*. – Москва, 2004. — С. 111–113.
 31. 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.
 32. Сапов И. А. Физиологическое обеспечение походов подводных лодок / И. А. Сапов, А. С. Солодков // *Военно-медицинский журнал*. – 1970. – № 10. – С. 66–69.
 33. Сифр М. В безднах земли / М. Сифр – М.: Прогресс, 1982. – 237 с.

34. Wever R. Einfluss schwacher elektro-magnetischer felder auf die circadian periodic des menschen / R. Wever // *Naturwissenschaften* – 1968. – Vol. 55. – P. 29–32.
35. Ярмолюк Н. С. Реакции планарий *Dugesia tigrina* на действие электромагнитных факторов (биоритмологический анализ) / Н. С. Ярмолюк, Н. А. Темурьянц // Монография. [Saarbrücken: LAP Lambert Academic Publishing.] – 2012. – 169 с.
36. Мартынюк В. С. К вопросу о синхронизирующем действии сверхнизкочастотных магнитных полей на биологические системы / В. С. Мартынюк // *Биофизика*. – 1992. – Т. 37, № 4. – С. 569–573.
37. Мартынюк В. С. Влияние слабых электромагнитных полей крайне низких частот на ультрадианную ритмику физиологических процессов / В. С. Мартынюк, С. Б. Мартынюк // *Материалы симпозиума «Корреляции биологических и физико-химических процессов с солнечной активностью и другими факторами окружающей среды»*. – Пущино. – 1993. – С. 115–116.
38. Темурьянц Н. А. Влияние слабых переменных магнитных полей крайне низких частот на инфрадианную ритмику симпато-адреналовой системы крыс / Н. А. Темурьянц, В. Б. Макеев, В. И. Малыгина // *Биофизика*. – 1992. – Т. 37, №4. – С. 653–655.
39. Темурьянц Н. А. Переменное магнитное поле частотой 8 Гц корректирует активность опиоидной системы у моллюсков в условиях ферромагнитного экранирования / Н. А. Темурьянц, А. С. Костюк // *Авиакосмическая и экологическая медицина*. – 2014. – № 3. – С. 45–50.

CORRECTION OF SHIELD-INDUCED DESYNCHRONOSIS IN PLANARIANS *DUGESIA TIGRINA* BY LOW-INTENSIVE VMF EXTREMELY LOW FREQUENCY

Temuryants N.A.¹, Chuyan E.N.¹, Yarmolyuk N.S.¹, Tumanyants K.N.¹, Kostyuk A.S.²

¹Crimean Federal V.I. Vernadsky University, Simferopol, Russian Federation

²Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kiev, Ukraine

E-mail: timur328@gmail.com

The study of phenomenology and mechanisms of action of electromagnetic factors in their low intensity is an actual problem of environmental physiology. For this purpose both experiments with their active influence and experiments are used with weakening of the geomagnetic field (GMF) achieved by the electromagnetic shielding. It was before set by us, that moderate decrease of intensity permanent and variable the component of GMF causes the significant changes in the functional state of animals. In particular, we have shown the changes of nociception for invertebrates and vertebrates, stimulation of regeneration in planarians *Dugesia tigrina* in such terms.

Found out development of desynchronization in planarians *Dugesia tigrina* in the conditions of the moderate weakening of the GMF of Earth, caused by the electromagnetic shielding, it appears to change of the amplitudes and phases, distinguished by means of spectral and cosinor analyzes of periods infradian range in the dynamics of speed of movement in animals. Additional influence of variable magnetic field frequency of 8 Hz induction 50 nT reduces the shielding-induced changes of infradian rhythmicity of speed of movement in planarians

The obtained data confirm the earlier results of experiments carried out in the, the ability of variable magnetic field frequency of extremely low frequency to correct of shielding-induced desynchronization.

Keywords: electromagnetic shielding, variable magnetic field of extremely low frequency, planarians, speed of movement, desynchronosis, infradian rhythmicity.

References

1. Temur'yants N.A., Demtsun N.A., Kostyuk A.S. and Yarmolyuk N.S. Specific Features of the Planarian *Dugesia tigrina* Regeneration and Mollusk *Helix albescens* Nociception under Weak Electromagnetic Shielding, *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*, **48**, **7**, 761 (2012)
2. Temuryants N.A., Kostyuk A.S. Role of the opioid system in the modulation of thermnociceptive sensitivity of mollusks affected by weak electromagnetic factors, *Neurophysiology*, **43**, **5**, 355 (2012).
3. Temuryants N.A., Kostyuk A.S., Tuman'yants K.N. Melatonin involved in change of nociception of snails and mice under influence of long-term electromagnetic shielding, *Rossiyskiy fiziologicheskiy zhurnal im. I.M. Sechenova*, **99**, **11**, 1333 (2013).
4. Temuryants N.A., Demtsun N.A. Seasonal differences in the planarian regeneration conditions, electromagnetic shielding multi-day, *Biophysics*, **55**, **4**, 710 (2010).
5. Temuryants N.A., Kostyuk A.S., Tuman'yants K.N. Electromagnetic shielding modifies the behavior of rats, *Journal higher nervous activity*, **65**, **2**, 222 (2015).
6. 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).
7. European Convention for the Protection of Vertebrate Animals used for Experimental and other Scientific Purposes (ETS № 123). It concluded in Strasbourg March 18, 1986 Ch. III, Art. 6. Access: base.garant.ru/4090914.
8. Schmidt-Nielsen K. Animal physiology: adaptation and the environment, **2**, 555 (M: "Mir", 1982).
9. 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).
10. 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).
11. 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.
12. Dubrov A.P. *The geomagnetic field and the life*. (L. Gidrometeoizdat. 1974).
13. Asashima M., Shimada K., Pfeiffer C. J. Magnetic shielding induces early developmental abnormalities in the newt, *Cynops pyrrhogaster*, *Bioelectromagnetics*, **12** (4), 215 (1991).
14. 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).
15. Schumann W.O. Uber die Dämpfung der electromagnetischen Eigenwingungen des Systems Erde-Luft-Ionosphäre, *Naturwissenschaft*, **7a**, 250 (1982).
16. Aschoff Yu. *Biological rhythms*, **1**, 176 (Moscow: Mir, 1984).
17. Adey W.R. Frequency and power window in tissue interactions with weak electromagnetic fields, *Proc. IEEE*, **68**, **1**, 119 (1980).
18. Makeyev V.B., Temuryants N.A. Investigation of frequency dependence of the biological effectiveness of the magnetic field in the range of the geomagnetic field (0.01-100 Hz), *Problems. cosmic. Biology*, **43**, 116 (1982).
19. Temuryants N.A., Vladimirsky B.M., Tishkin O.G. *ELF electromagnetic signals in the biological world*. 187 pp. (Kiev: Science. Dumka, 1992).
20. Emelyanov I.P. *Waveforms in biorhythmology*, 127 p (Nauka, Novosibirsk, 1976).
21. Lapach S.N., Chubenko A.V., Babich P.N. Statistical methods in biomedical research using Excel, 319 p. (By: Modmon, 2000).
22. Chirkova E.N., Suslov L.S., Bamenko M.M. [et al.] Monthly and daily biorhythms amylase serum of healthy men and their relationship with the rhythms of the environment, *Laboratory business*, **4**, 40 (1990).

23. Shabaturo N.N. The mechanism of the origin of biological rhythms infradian, *Advances Fiziol. Sciences*, **20**, **3**, 83 (1989).
24. Strigun L., Chirkova E., Grigoreva G. [et al.] Chronobiological analysis of peripheral lymphocyte dehydrogenase activities in rats with Walker 256 carcinosarcoma (English), *Anti-Cancer Drugs*, **2**, 305 (1991).
25. Diatropov M.E., Kondashevskaya M.V., Makarova O.V. Infradian rhythms morphofunctional state of thymus in rats, *Rossiyskiy fiziologicheskiy zhurnal im. I.M. Sechenova*, **99**, **6**, 729 (2013).
26. Diatropov M.E.. Morphological and functional parameters of the endocrine and immune systems and the proliferative activity of the epithelium in the range infradian biorhythms: the dissertation ... Doctors of medical sciences: 03.03.04 / Diatropov M.E.; [a protection Place: the State Organization "Institute of Human Morphology"], 263 p. (Moscow, 2015).
27. Bobowa V.P. The oscillation spectrum of AE index and global oscillations of the Sun: the period range 200 - 420 minutes, *Magnetospheric research*, **3**, **10**, 86 (1989).
28. Chichelnitsky A.M. *The wave structure, quantization and Megaspectroscopy solar system*, P. 57. (M.: Engineering, 1986).
29. Demtsun N.A. Features infradian rhythm regenerating planarians speed in different seasons, *Scientific notes of Taurida National V.I. Vernadsky University, Series «Biology. Chemistry»*, **22** (**61**), **4**, 41 (2009).
30. Gorelkin A.G., Trofimov A.V. Slow oscillatory processes in the geomagnetic shielding, *Rhythm problems in natural materials of the second international symposium*, P. 111. (Moscow, 2004).
31. Borodin Yu.I., Letyagin Yu. The reaction of the lymphoid system of circadian rhythms on a deep screening of the Earth's geomagnetic field, *Bulletin of Environmental Biology and Medicine*, **2**, 191 (1990).
32. Sapov I.A., Solodkov A.S. Physiological software hikes submarines, *Military Medical Journal*, **10**, 66 (1970).
33. Sifre M. *Depths of the earth*, 237 p. (M.: Progress, 1982).
34. Wever R. Einfluss schwacher elektro-magnetischer felder auf die circadian periodic des menschen, *Naturwissenschaften*, **55**, 29 (1968).
35. Yarmolyuk N.S., Temuryants N.A. *Reactions planarian Dugesia tigrina on the effect of electromagnetic factors (biorythmological analysis)*, 169 p. (Monograph. Saarbrücken: LAP Lambert Academic Publishing, 2012).
36. Martynyuk V.S. On the issue of synchronizing the action of ELF magnetic fields on biological systems, *Biophysics*, **37**, **4**, 569 (1992).
37. Martynyuk V.S., Martyniuk S.B. Effect of weak electromagnetic fields of extremely low frequencies in the ultradian rhythms of physiological processes, *Proceedings of the symposium "The correlation of biological and physico-chemical processes in solar activity and other environmental factors."*, 115 (Pushchino, 1993).
38. Temuryants N.A., Makeev V.B., Malygina V.I. Effect of weak alternating magnetic fields at extremely low frequencies infradian rhythm sympathoadrenal of rats, *Biophysics*, **37**, **4**, 653 (1992).
39. Temuryants N.A., Kostyuk A.S. The alternating magnetic field at 8 Hz corrects the activity of opioid system in molluscs in a ferromagnetic screening, *Aerospace and Environmental Medicine*, **3**, 45 (2014).

Поступила в редакцию 01.11.2015 г.