

УДК 615.849.11:595.123:57.034

© Н.С. Ярмолюк, Н.В. Чирский, А.В. Шехоткин, 2010.

## ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ЭКРАНИРОВАНИЯ НА ИНФРАДИАННУЮ РИТМИКУ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПЛАНАРИЙ *DUGESIA TIGRINA*

Н.С. Ярмолюк<sup>1</sup>, Н.В. Чирский<sup>2</sup>, А.В. Шехоткин<sup>1</sup><sup>1</sup>Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина<sup>2</sup>Государственное учреждение «Крымский государственный медицинский университет им. С.И. Георгиевского», Симферополь, Украина

### EFFECT OF ELECTROMAGNETIC SHIELDING ON INFRADIAN RHYTHMICITY SPEEDS OF PLANARIANS *DUGESIA TIGRINA*

N. S. Yarmolyuk, N. V. Chirskii, A. V. Shekhotkin

#### SUMMARY

Revealed infradian rhythmicity speeds of planarians *Dugesia tigrina*, which includes the following periods:  $\approx 2^d, 4$ ;  $\approx 2^d, 7$ ;  $\approx 3^d, 2$ ;  $\approx 3^d, 7$ ;  $\approx 4^d, 3$ ;  $\approx 5^d, 8$ ;  $\approx 9^d, 1$ ;  $\approx 11^d, 6$ ;  $\approx 12^d, 8$ . It is shown that the electromagnetic shielding causes changes infradian rhythmicity speeds of planarians, which are expressed in changes of power spectra and phase shift of the beat.

### ВПЛИВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ЕКРАНУВАННЯ НА ІНФРАДІАННУ РИТМІКУ ШВИДКОСТІ РУХУ ПЛАНАРІЙ *DUGESIA TIGRINA*

Н.С. Ярмолюк, М.В. Чирський, О.В. Шехоткін

#### РЕЗЮМЕ

Виявлена інфрадіанна ритміка швидкості руху планарій *Dugesia tigrina*, яка включає наступні періоди:  $\approx 2^d, 4$ ;  $\approx 2^d, 7$ ;  $\approx 3^d, 2$ ;  $\approx 3^d, 7$ ;  $\approx 4^d, 3$ ;  $\approx 5^d, 8$ ;  $\approx 8^d, 5$ ;  $\approx 11^d, 6$ ;  $\approx 12^d, 8$ . Електромагнітне екранування змінює інфрадіанну ритміку швидкості руху планарій, що виражається в виражених перебудовах спектрів потужності та зсуві фаз виділених періодів.

**Ключевые слова:** инфрадианная ритмика, скорость движения, электромагнитное экранирование, *Dugesia tigrina*.

Одной из актуальных проблем биофизической медицины и космической биологии является изучение эффектов экранирования. Первые опыты с помещением человека в «магнитный вакуум» были проведены с сугубо практической целью перед пилотируемым полетом на Луну, где магнитное поле очень низкое. Необходимо было оценить влияние отсутствия этого фактора на состояние космонавтов [1].

Кроме того, своеобразная электромагнитная ситуация имеет место в помещениях орбитальных станций. Такие же проблемы возникают при использовании биотронов – камер, в которых поддерживаются постоянными основные экологические переменные и которые используются для лечения различных заболеваний. Например, Д.И. Панченко (1962) [2] использовал биотрон для лечения больных гипертонической болезнью, Ю.И. Гурфинкель (1998, 2004) [3, 4] применяет экранирующую камеру для защиты пациентов с ишемической болезнью сердца от воздей-

ствия геомагнитных возмущений. Эта экранированная палата (реализовавшая идеи А.Л. Чижевского) представляет собой ферромагнитный экран, где статическое магнитное поле уменьшено в 4,5-5 раз. Экранирование имеют место как в естественных (например, пещерах), так и в производственных (метро, подводные лодки и т.д.) условиях.

Следует подчеркнуть, что если эффекты ослабления постоянного магнитного поля исследованы в ряде работ [5], то пребывание в объемах с уменьшением и переменных магнитных полей различных диапазонов практически не исследованы. Отсюда вытекает необходимость изучения эффектов электромагнитного экранирования. Решение столь важных проблем требует использования объектов, обладающих высокой чувствительностью.

Такой системой являются беспозвоночные животные, в частности планарии. Используя в качестве показателя их функциональной активности регенерацию, удалось получить новые данные о биологи-

поля, измеренный с помощью феррозондового магнитометра, составлял по вертикальной составляющей 4,375, по горизонтальной – 20. 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<sup>0.5</sup>. 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 на частоте больше 1 МГц имело место полное ослабление.

Проверка полученных данных на закон нормального распределения позволила применить параметрический метод в статистической обработке и анализе материала исследования, поэтому вычисляли среднее значение исследуемых величин и ошибку средней. 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 [11]. В качестве метода нахождения спектральных характеристик изучаемых

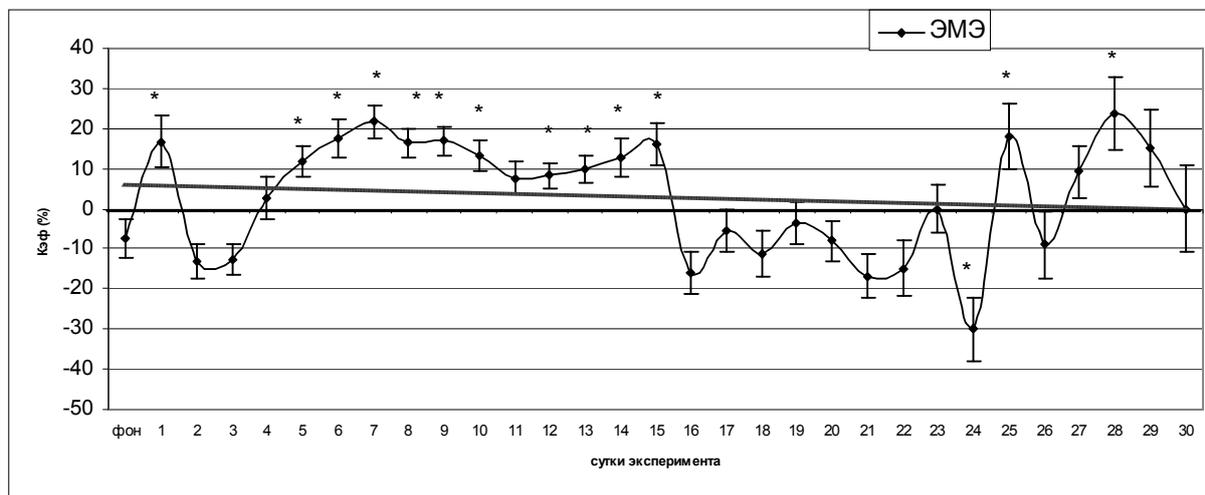
показателей для каждой планарии отдельно, использовали преобразование Фурье для вычисления периодических составляющих и программу косинор-анализа (решение систем линейных уравнений методом Крамера) для выявления фазовых характеристик.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате длительных экспериментов нами были выявлены изменения скорости движения планарий в условиях электромагнитного экранирования.

Характеризуя июльскую серию эксперимента, проведенного на протяжении 30-ти дней, можно отметить некоторые различия между изучаемыми показателями. Так, при анализе коэффициента эффективности скорости движения экспериментальных животных, содержащихся в условиях длительного ЭМЭ, относительно интактной группы, можно сказать, что в первой половине наблюдения скорость движения в группе ЭМЭ превышала аналогичные значения контрольных животных.

Начиная с первых суток эксперимента, величина изучаемого показателя возрастает относительно контрольных значений ? на 17% ( $p < 0,01$ ). В последующие два дня наблюдается снижение эффективности ЭМЭ ? на -13%, однако этот результат не был статистически достоверным. На протяжении 11-ти суток эксперимента, начиная с пятого дня, ЭМЭ достоверно стимулирует скорость движения планарий и достигает максимального значения на седьмые сутки ? 22% ( $p < 0,01$ ), а минимального на 11-е – 8% (рис. 2).



**Рис.2. Коэффициент эффективности ЭМЭ, рассчитанный по скорости движения планарий.**

*Примечание:* Р – достоверность различий при сравнении с данными фонового дня:

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

Начиная с 16-х суток эксперимента, происходит снижение эффективности воздействия ЭМЭ на скорость движения, значение которого варьируется от ? -30% ( $p < 0,05$ ) на 24-е сутки, где и достигает своего минимального значения, и на 23-е сутки приближается к нулю. К заключительным срокам эксперимен-

та, а именно на 25-е сутки,  $K_{эф}$  достоверно возрастает до ? 18% ( $p < 0,05$ ) и достигает максимального значения на 28-е сутки ? 24% ( $p < 0,01$ ) (рис. 2).

Следовательно, ЭМЭ приводит к изменению динамики СД планарий, в первые 15 суток наблюдений характерна стимуляция СД планарий, находящихся в

Таким образом, результаты проведенного исследования убедительно свидетельствуют о том, что ЭМЭ изменяет скорость движения планарий, а также их инфранианную ритмику. Данные об изменении при ЭМЭ согласуются с результатами исследования других авторов, которые изучали эффекты компенсированного поля (колец Гельмгольца), а также магнитного экранирования. В этих условиях СД падала [12], изменялось функциональное состояние ресничек эпидемоцитов [13], жгутиков. В гипомангнитной камере с интенсивностью статического МП 10-100 пТл наблюдались изменения структуры основного белка ресничек – тубулина [14]. В условиях электромагнитного экранирования таких исследований не проводилось.

Результаты проведенного эксперимента свидетельствуют о том, что электромагнитное экранирование приводит к перестройке спектров инфраниантных ритмов СД и сдвигу фаз выделенных периодов. Такие изменения ритмики другого диапазона – циркадианного – в условиях ослабленного МП обнаружены и в других исследованиях. Так, Ю.И. Бородин и др. (1990) [5] обнаружили, что двухнедельное пребывание инбредных мышей в гипомангнитной камере, ослабляющей постоянное магнитное поле Земли в  $10^4$  раз, вызывает выраженный десинхроноз циркадиантных ритмов лимфоидной системы.

Таким образом, экранирование вызывает изменения ритмических процессов. Известно, что разнообразные воздействия на организм вызывают формирование адаптационных реакций различного типа. Проявлением их развития является и десинхроноз, который направлен на поиск условий для сохранения гомеостаза по индивидуальным адаптивным схемам. Поэтому, несмотря на очевидность десинхронизирующего влияния ЭМЭ на инфранианную ритмику СД планарий, описанное явление можно трактовать как поиск нового режима осцилляций, соответствующего изменившимся условиям среды. Согласно Н.А. Агаджаняну и др. (1987) [15] именно такое динамическое взаимодействие организма с внешним миром и обеспечивает его стабильность и устойчивую жизнеспособность.

#### ВЫВОДЫ

1. ЭМЭ приводит к изменению динамики СД планарий *Dugesia tigrina*. В первые 15 суток наблюдений характерна стимуляция СД планарий, содержащихся в условиях ЭМЭ, тогда как начиная с 16-х суток, эффект не наблюдается.

2. Выявлена инфранианная ритмика СД планарий *Dugesia tigrina*, которая включает в себя такие периоды:  $\approx 2^d, 4; \approx 2^d, 7; \approx 3^d, 2; \approx 3^d, 7; \approx 4^d, 7; \approx 5^d, 8; \approx 8^d, 5; 11^d, 6; \approx 12^d, 8$ .

3. Электромагнитное экранирование вызывает изменение инфранианной ритмики скорости движе-

ния планарий *Dugesia tigrina*, что выражается в изменении спектров мощности и сдвигах фаз выделенных периодов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Busby D.E. Space biomagnetism / D.E. Busby // Space life Science. – 1968. – V.1, №1. – P. 23–28.
2. Панченко Д.И. Лечение больных гипертонической болезнью в биотроне / Панченко Д.И. – К.: Госмедиздат УССР, 1962. – 266 с.
3. Гурфинкель Ю.И. Применение пассивного экранирования для защиты пациентов с ишемической болезнью сердца от воздействия геомагнитных возмущений / Ю.И. Гурфинкель, В.В. Любимов // Биофизика. – 1998. – Т. 43, вып. 5. – С. 827–833
4. Гурфинкель Ю.И. Влияние геомагнитных возмущений на ритм сердца и его эктопическую активность / Ю.И. Гурфинкель, Л.М. Парфенова // Мат. Межд. семинара «Биологические эффекты солнечной активности» – Пущино-на-Оке. – 2004. – С. 20.
5. Бородин Ю.И. Реакция циркадиантных 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.
6. Использование планарий для изучения действия экологических факторов / Н.А. Темуриянц, Н.А. Демцун, Н.С. Ярмолук [и др.] // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2009. – Т. 22 (61) – № 1. – С. 78–86.
7. Владимирский Б.М. Солнечно-земные связи в биологии и явление «захвата» частоты / Б.М. Владимирский // Проблемы космич. биологии. – 1982. – Т. 43. – С. 166–173.
8. Демцун Н.А. Динамика скорости движения планарий, регенерирующих в условиях электромагнитного экранирования / Н.А. Демцун, Н.А. Темуриянц, М.М. Баранова // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2009. – Т. 22 (61), № 2. – С. 24–32.
9. Шмидт-Ниельсен К. Физиология животных: приспособление и среда / Шмидт-Ниельсен К. – М: «Мир», 1982. – Т.2. – С. 555–643.
10. Патент № 98095 Украины МПК51 А 01 К 61/00. Способ определения скорости движения интактных и регенерирующих планарий / Темуриянц 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.
11. 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.
12. Денисенкова И.В. Стимулированная локомоторная активность планарии *Dugesia tigrina* в есте-

