

**УДК 613.168:591.169.1:595.123**

## **ВЛИЯНИЕ ПЕРЕМЕННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ СВЕРХНИЗКОЙ ЧАСТОТЫ НА РЕГЕНЕРАЦИЮ ГОЛОВНОГО КОНЦА ПЛАНАРИЙ *DUGESIA* *TIGRINA***

**Ярмолюк Н.С.**

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина*  
*E-mail: nat\_yarm@mail.ru*

ПеМП СНЧ с амплитудой в области «нанотеслового» диапазона существенно стимулирует регенерацию планарий *Dugesia tigrina*, о чем свидетельствует возрастание индекса регенерации и скорости движения.

**Ключевые слова:** ПеМП СНЧ, регенерация, планарии.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Исследование биологического действия переменного магнитного поля с параметрами, близкими к параметрам естественных МП, является актуальной проблемой биофизики. Это связано с тем, что этот фактор рассматривается как возможный датчик времени биологических ритмов в широком диапазоне периодов, как предвестники землетрясений, как посредник солнечно-земных связей. Кроме того, их интенсивность высока как в спокойный период, так особенно при геомагнитных возмущениях [1]. Получены данные о биологической активности ПеМП частотой 1-10 Гц в экспериментах на позвоночных: крысах, кроликах, мышах [2]. В частности, получены данные о зависимости их действия от параметров поля, состояния биологического объекта и рассмотрены некоторые механизмы их действия. Для уточнения этих результатов необходимы опыты на моделях или простейших животных. Одной из таких модельных систем являются регенерирующие планарии.

Исследования экологических факторов различных параметров с использованием планарий проведено в различных лабораториях, но влияние на них ПеМП 8 Гц не изучено. И в связи с этим, целью исследования явилось изучение влияния ПеМП на регенерацию и скорость движения планарий *Dugesia tigrina*.

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

В работе использована лабораторная бесполовая раса планарий *Dugesia tigrina*, условия ее содержания и кормления описаны в более ранних работах [3].

Для эксперимента отбирали животных длиной  $\approx 9 \pm 1$  мм, у которых движение осуществлялось за счет ресничек, а не мускулатуры [4]. Во время опыта манипуляции проводили с помощью пипетки. Под бинокулярным микроскопом глазным скальпелем

в нестерильных условиях производилась ампутация 1/5 части головного конца тела планарий, содержащей головной ганглий, непосредственно под «ушами».

Декапитированных планарий делили на две группы по 25 особей в каждой, которых помещали в стеклянные стаканы, содержащие по 50 мл воды. Первую группу составил биологический контроль (К), регенерация у них протекала без каких-либо дополнительных воздействий. Животных второй группы (ПеМП) ежедневно в течение трех часов подвергали воздействию ПеМП СНЧ. Ежедневно в течение одного часа на протяжении восьми суток эксперимента проводили контроль регенерационных процессов, фиксацию изображения, измерение температуры воды и т.д.

Для оценки динамики роста регенерационной почки (бластемы) планарии применяли метод прижизненной морфометрии, использующий компьютерные технологии анализа изображений [5, 6].

Подробное описание установки для прижизненной морфометрии, используемой в настоящем исследовании, описано ранее [7].

В качестве количественного показателя роста планарии нами использован индекс регенерации  $R=S_1/S_2$ , где  $S_1$  – площадь бластемы,  $S_2$  – площадь всего тела регенерата в данный момент времени [5]. Для определения СД планарий видеоизображения движущихся в воде червей регистрировались с частотой 30 кадров в одну секунду. Путь измерялся наложением двух участков одного видеоряда с соответствующей разницей во времени [8].

Эффективность воздействия ПеМП определяли путем вычисления коэффициента эффективности (Кэф). Каждое из измеряемых значений  $R$  как в опыте ( $R_э$ ), так и в контроле ( $R_к$ ) является результатом усреднения измерений на 25 животных. Изменение индекса регенерации в эксперименте по сравнению с контролем определялось по формуле:

$$\Delta R = \frac{(R_э - R_к) \pm (\delta_э + \delta_к)}{R_к \pm \delta_к} \cdot 100\% ,$$

где  $\Delta R$  – разница (%) между величинами индекса регенерации в экспериментальной ( $R_э$ ) и контрольной ( $R_к$ ) группах,  $\delta_э, \delta_к$  – стандартные ошибки измерений в опыте и контроле.

В большинстве магнитобиологических работ переменное магнитное поле (ПеМП) используется на фоне локального постоянного магнитного поля (ПМП) Земли и, следовательно, наблюдаемые эффекты являются результатом воздействия на биосистемы модулированного или комбинированного магнитного поля (КМП), в котором постоянная и переменная компонента могут быть ориентированы друг относительно друга произвольным образом. Поэтому биоэффекты чисто ПеМП и чисто ПМП можно рассматривать как частные случаи эффектов КМП [9].

Величина постоянной вертикальной составляющей 0,35 Э, горизонтальной – 0,25 Э. В качестве переменной компоненты использовали вертикальное линейно-поляризованное магнитное поле гармонического колебания с частотой 8 Гц и магнитной индукцией 50 нТл. Опытная установка состояла из катушек индуктивности

диаметром 1 м и низкочастотного генератора ГРМ-3. Для контроля гармонического колебания использовался одноканальный лучевой осциллограф С1-114/1.

Проверка полученных данных на закон нормального распределения позволила применить параметрический метод в статистической обработке и анализе материала исследования. Вычисляли среднее значение исследуемых величин и ошибку средней. Оценку достоверности наблюдаемых изменений проводили с помощью t-критерия Стьюдента. За достоверную принимали разность средних при  $p < 0,05$ . В качестве оценки меры близости переменных применяли линейные коэффициенты корреляции Пирсона. Расчеты и графическое оформление полученных в работе данных проводились с использованием программы Microsoft Excel [10].

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты проведенных исследований выявили некоторые различия регенераторных процессов между группой, подвергавшейся воздействию ПеМП СНЧ и контрольными животными.

Так, в контрольной группе эксперимента индекс регенерации возрастал от  $0,0161 \pm 0,002$  усл.ед на вторые сутки до  $0,0863 \pm 0,005$  усл.ед на 8-е сутки эксперимента. В свою очередь в группе ПеМП результат колебался от  $0,0183 \pm 0,001$  усл.ед. до  $0,0938 \pm 0,005$  усл.ед. (табл.).

**Таблица.**

**Динамика индекса регенерации (усл.ед) и скорости движения (мм/сек.)  
контрольной и экспериментальной групп планарий ( $\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$ )**

Сутки эксперимента	Исследуемые показатели			
	Индекс регенерации		Скорость движения	
	Контроль	ПеМП	Контроль	ПеМП
2	$0,0161 \pm 0,002$	$0,0183 \pm 0,001$ $p < 0,01$	$0,9237 \pm 0,068$	$1,1833 \pm 0,1019$ $p < 0,05$
3	$0,022 \pm 0,002$	$0,0291 \pm 0,002$ $p < 0,001$	$1,009 \pm 0,048$	$1,2994 \pm 0,1013$ $p < 0,05$
4	$0,0431 \pm 0,003$	$0,0439 \pm 0,003$	$1,3487 \pm 0,085$	$1,1468 \pm 0,0855$
5	$0,0565 \pm 0,005$	$0,0614 \pm 0,006$	$1,4485 \pm 0,063$	$1,45 \pm 0,079$
6	$0,0697 \pm 0,004$	$0,0745 \pm 0,005$	$1,5413 \pm 0,067$	$1,4747 \pm 0,063$
7	$0,0804 \pm 0,004$	$0,0909 \pm 0,004$ $p < 0,01$	$1,6037 \pm 0,07$	$1,5361 \pm 0,066$
8	$0,0863 \pm 0,005$	$0,0938 \pm 0,005$ $p < 0,05$	$1,6375 \pm 0,0739$	$1,6315 \pm 0,0768$

*Примечание:* P – достоверность различий при сравнении с данными контрольной группы.

При анализе исследуемых показателей, было выявлено, что ПеМП СНЧ оказывает влияние на регенераторные процессы планарий *Dugesia tigrina*. На вторые сутки наблюдается максимальное достоверное увеличение коэффициента

эффективности, рассчитанного для ИР,  $\approx$  на 32 % ( $p < 0,001$ ). На следующие сутки характерно снижение стимуляции  $\approx$  до 2 %. Начиная с пятых суток наблюдения, эффективность ПемП СНЧ вновь несколько увеличивается, и значения ИР варьируются  $\approx$  от 3 % до 14 %, достигая достоверных различий на 7-е ( $p < 0,01$ ) и 8-е ( $p < 0,05$ ) сутки эксперимента (рис.1).

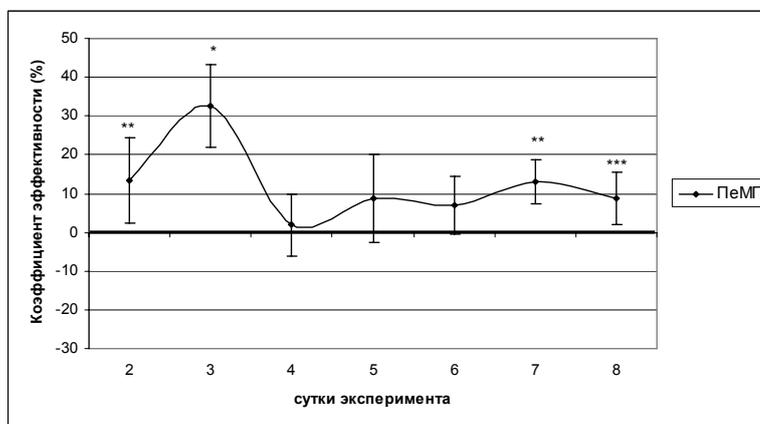


Рис.1. Коэффициент эффективности ПемП СНЧ, рассчитанный по индексу регенерации планарий.

*Примечание:* P – достоверность различий при сравнении с данными контрольной группы  
\* – ( $p < 0,001$ ); \*\* – ( $p < 0,01$ ); \*\*\* – ( $p < 0,05$ ).

Характеризуя изменения скорости движения планарий можно отметить, что в группе интактных животных изучаемый показатель в течение восьми суток возрастал от  $0,9237 \pm 0,06$  усл.ед. до  $1,6375 \pm 0,07$  усл.ед. Тогда как в экспериментальной группе (ПемП) СД на протяжении исследования варьировалась от  $1,1468 \pm 0,08$  усл.ед до  $1,6315 \pm 0,0768$  усл.ед. (табл.).

При анализе коэффициента эффективности, рассчитанного по скорости движения, можно отметить, что в первые дни эксперимента наблюдается достоверное возрастание СД при действии ПемП СНЧ. Так, на третьи сутки характерно максимальное увеличение эффекта, которое составило  $\approx 29$  % ( $p < 0,05$ ) (рис.2). Начиная с четвертых суток, фиксируется снижение уровня изучаемого показателя. Его минимальное значение достигло  $\approx -15$  % на четвертые сутки наблюдения, однако этот результат не был статистически достоверным. На пятые сутки Кэф приблизился к нулю, в этот момент не наблюдается различий между контрольной и экспериментальной группами. На протяжении последующих трех суток наблюдается тенденция к снижению эффекта воздействия ПемП СНЧ, при этом изучаемый показатель приобретает отрицательные значения и колеблется в пределах от -1 % (на восьмые сутки) до -4 % (на шестые сутки) (рис.2).

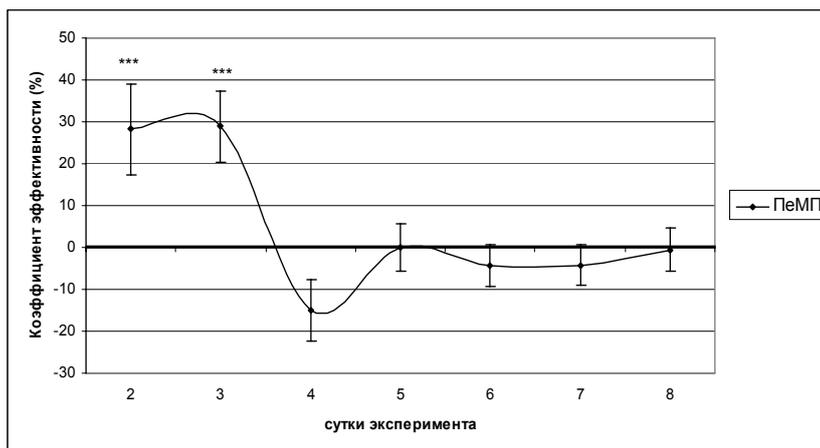


Рис.2. Коэффициент эффективности (Кэф) ПеМП СНЧ, рассчитанного по скорости движения планарий.

Примечание: Р – достоверность различий при сравнении с данными контрольной группы  
\*\*\* – ( $p < 0,05$ ).

Таким образом, СД в нашем исследовании изменялась однотипно с ИР, однако изменения этого показателя были выражены меньше, чем изменения ИР. Коэффициент корреляции между Кэф ИР и Кэф СД составил 0,6 ( $p < 0,05$ ).

Полученные нами данные о способности «нанотесловых» ПеМП частотой 8 Гц стимулировать регенерацию планарий соответствуют сведениям об изменении этого процесса под влиянием электромагнитных факторов различных параметров [1, 11-14]. Объяснение этих факторов может быть дано на основе мелатониновой теории воздействия ПеМП, согласно которой физиологические эффекты обусловлены способностью электромагнитных факторов подавлять синтез мелатонина. С помощью иммунофлюоресцентных методов и методов жидкостной хроматографии мелатонин обнаружен и у планарий, синтез которого испытывает, также как и у позвоночных, циркадианный ритм [15, 16]. Известно, что мелатонин обладает выраженной антипролиферативной активностью [17, 18], поэтому снижение его синтеза при действии ПеМП выражается в стимуляции регенераторных процессов. Возможно также, что влияние ПеМП СНЧ на регенерацию планарий реализуется через изменение свойств воды. Леднев В.В. и др. [19] показали, что биологически эффективные нано- и даже пикотесловые ПеМП существенно изменяют свойства водно-солевых растворов  $\text{CaCl}_2$  и  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Дальнейшие исследования позволят конкретизировать эти предположения.

## ВЫВОДЫ

1. Восьмисуточное воздействие на регенерирующих планарий ПеМП 8 Гц 50 нТл приводит к стимуляции их регенерации. Максимальное значение ИР наблюдается на третьи сутки и составляет  $\approx 32$  % относительно контрольных

данных. В дальнейшие сроки ИР снижается и на 5-8-е сутки превышает данные контрольной группы на 8-12 %.

2. Скорость движения планарий в первые сутки эксперимента превышает значения контрольной группы на  $\approx 29$  %, а к середине эксперимента на 4-8-е сутки значения СД не отличается от данных контрольной группы.

### Список литературы

1. Темуриянц Н.А. Сверхнизкочастотные электромагнитные сигналы в биологическом мире / Темуриянц Н.А., Владимирский Б.М., Тишкин О.Г. – Киев, Наукова думка, 1992. – 188 с.
2. Темуриянц Н.А. Некоторые причины невоспроизводимости результатов исследований биологической эффективности слабых ПемП СНЧ / Н.А. Темуриянц, Е.Ю. Грабовская, Е.И. Нагаева // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2007. – Т. 3 (1) – С. 46–58.
3. 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.
4. Шмидт-Ниельсен К. Физиология животных: приспособление и среда / К. Шмидт-Ниельсен – М: «Мир», 1982. – С. 555–643
5. Турас Х.П. Прижизненная морфометрия планарий / Х.П. Турас, Н.Ю. Сахарова // Онтогенез. – 1984. – Т.15 (1). – С. 42–48.
6. Турас Х.П. Критерии и стадии регенерации у планарий / Х.П. Турас, В.И. Хачко // Онтогенез. – 1990. – Т 21. – С. 620–624.
7. Установка для прижизненной морфометрии регенерации планарий / В.Т. Вишневикий, М.М. Махонина, Н.А. Демцун [и др.] // Ученые записки ТНУ. – 2007. – Т. 20 (59), №4. – С. 18–21.
8. Темуриянц Н.А. Динамика скорости движения планарий *Dugesia tigrina*, регенерирующих в условиях электромагнитного экранирования в различные сезоны года / Н.А. Темуриянц, Н.А. Демцун, М.М. Баранова // Физика живого. – 2009. – Т. 17, № 1. – С. 112–118.
9. Использование планарий для изучения действия экологических факторов / Н.А. Темуриянц, Н.А. Демцун, Н.С. Ярмолюк [и др.] // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2009. – Т. 22 (61) – № 1. – С. 78–86.
10. 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.
11. 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.
12. Jenrow K.A. Weak extremely low frequency magnetic field – induced regeneration anomalies in the planarian *Dugesia tigrina* / K.A. Jenrow, C.H. Smith, A.R. Liboff // Bioelectromagnetics. – 1996. – V.17. – P. 467–474.
13. Влияние слабых и сверхслабых комбинированных постоянного и низкочастотного переменного магнитных полей и миллиметровых волн низкой интенсивности на регенерацию планарий *Dugesia tigrina* / Новиков В.В., Шейман И.М., Клубин А.В. [и др.] // Биофизика – 2007 – Т.52, вып. 2, С. 372–375.
14. Морфогенез планарий *Dugesia tigrina* / И.М. Шейман, Н.Д. Крещенко, З.В. Седельников [и др.] // Онтогенез. – 2004. – Т. 35, №4 – С. 285–290
15. Itoh M.T. Circadian rhythms of melatonin-synthesizing enzyme activities and melatonin levels in planarians / M.T. Itoh, T. Shinozawa, Y. Sumi // Brain Res. – 1999. – 830 (1) – P. 165–173
16. Itoh M.T. Circadian rhythm of serotonin levels in planarians / M.T. Itoh, J. Igarashi // Neuroreport. – 2000. – 11 (3) – P. 473–476
17. Melatonin as a free radical scavenger: Implication for aging and age-related diseases / R.J. Reiter, D.-X. Tan, B. Poeggeler [et al.] // Ann. N.Y. Acad. Sci. – 1994. – V.719. – P. 1–12.
18. Анисимов В.Н. Мелатонин в роль в организме, применение в клинике / Анисимов В.Н. – СПб: «Система», 2007. – 40 с.

19. Биоэффекты слабых переменных магнитных полей и биологические предвестники землетрясений / Леднев В.В., Белова Н.А., Рождественская З.Е. [и др.] // Геофизические процессы и биосфера. – 2003. – Т.2, № 1. – С. 3–11.

**Ярмолюк Н.С.** Вплив змінного магнітного поля наднизької частоти на регенерацію головного кінця планарій *Dugesia tigrina* / **Н.С. Ярмолюк** // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62). – № 1. – С. 159-165.

ЗМП ННЧ з амплітудою в області «нанотеслового» діапазону істотно стимулює регенерацію планарій *Dugesia tigrina*, про що свідчить зростання індексу регенерації та швидкості руху.

**Ключові слова:** ЗМП ННЧ, регенерація, планарії.

**Yarmolyuk N.S.** Effect of variable magnetic field of ultra low frequencies on the regeneration of the cephalic end of planarian *Dugesia tigrina* / **N.S. Yarmolyuk** // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – V.23 (62). – № 1. – P. 159-165.

ELF alternating magnetic field with an amplitude of "nanotesla" range significantly stimulates the regeneration of planarian *Dugesia tigrina*, as evidenced by the increase of index of regeneration and speed of locomotor activity.

**Keywords:** ULF alternating magnetic field, regeneration, planarian.

*Поступила в редакцію 19.04.2010 г.*