

УДК 613.168:591.169.1:595.123

**ВЛИЯНИЕ СЛАБОГО ПЕРЕМЕННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ
СВЕРХНИЗКОЙ ЧАСТОТЫ НА ДИНАМИКУ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ
ИНТАКТНЫХ И РЕГЕНЕРИРУЮЩИХ ПЛАНАРИЙ *DUGESIA TIGRINA***

Ярмолюк Н.С., Шехоткин А.В.

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадського, Симферополь, Украина
E-mail: nat_yarm@mail.ru*

Обнаружено, что динамика СД интактных и регенерирующих планарий в течение 15-и суток наблюдения противоположна. Действие слабых электромагнитных факторов не вызывает изменений СД интактных животных. СД регенерирующих планарий увеличивается при действии ПемП СНЧ и ЭМЭ. ПемП СНЧ, при этом ограничивает стимуляцию СД регенерирующих планарий экранированием.

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

ВВЕДЕНИЕ

Исследование действия разнообразных факторов среды на человека и животных является одной из актуальных проблем современной экологической биофизики и физиологии. Накапливается все больше данных о том, что факторы различной природы, но малой интенсивности, широко распространенные в биосфере, также обладают значительным биологическим действием [1]. Важное значение имеет исследование эффектов электромагнитного экранирования (ЭМЭ), так как оно широко распространено в естественных и производственных условиях, но при этом мало изучено. Известно, что экраны, изготовленные из различных материалов, могут ослаблять не только статическое магнитное и электрическое поля, но и переменное магнитное поле (ПемП) различных частотных диапазонов [2]. Особый интерес представляет изучение последствий ослабления ПемП СНЧ, так как ПемП этого диапазона имеет важное экологическое значение. Они рассматриваются как возможный датчик времени биологических ритмов в широком диапазоне периодов, как предвестники землетрясений и изменений погоды, как посредник солнечно-земных связей [3]. Кроме того, их интенсивность наиболее высока по сравнению с интенсивностью ПемП других частотных диапазонов как в спокойный период, так особенно при геомагнитных возмущениях [4]. Поэтому не исключено, что ослабление ПемП именно этого диапазона при ЭМЭ может играть важную роль в генезе вызываемых им расстройств. Однако этот вопрос изучен совершенно недостаточно. Исследование этого вопроса важно не только для определения основных факторов, ответственных за эффекты экранирования, но и для разработки мероприятий, предупреждающих его негативные последствия.

В связи с изложенным, задачей исследования явилось изучение роли ПеМП СНЧ в эффектах экранирования. Одним из наиболее изученных эффектов ЭМЭ является его влияние на регенерацию планарий. В нашей лаборатории было показано, что ЭМЭ стимулирует регенераторные процессы у планарий [5], этот эффект зависит от исходного функционального состояния животных, обусловленного сезоном года [6], функциональной асимметрией [7]. Однако, влияние ЭМЭ на интактных планарий не изучено. Поэтому о роли ПеМП СНЧ в эффектах экранирования судили по динамике такого показателя функционального состояния регенерирующих и интактных планарий, как СД.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использована лабораторная бесполовая раса планарий *Dugesia tigrina*, условия ее содержания и кормления описаны ранее [5].

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

Планарий отбирали для опыта через три-четыре дня после кормления. Эксперимент выполнялся на интактных и регенерирующих планариях. Выделенные группы делили на четыре подгруппы по 25 особей. Каждое животное из выделенных групп помещалось в отдельный флакон с 20 мл. воды, что позволило регистрировать СД каждой планарии отдельно ежедневно в течение 15-ти суточного эксперимента. Сроки проведения исследования определялись продолжительностью регенерации. Первая подгруппа содержалась в обычных условиях лаборатории (контрольные животные), вторая подвергалась влиянию ПеМП СНЧ, третью содержали в условиях ЭМЭ, а в четвертую подгруппу вошли планарии, которые находились в условиях ЭМЭ и подвергались действию ПеМП СНЧ.

О реакции планарий на действие ПеМП СНЧ судили по изменению их скорости движения. Выбор этого параметра функционального состояния для исследований обусловлен тем, что электромагнитные факторы различных параметров изменяют аппарат движения клетки – реснички, жгутики [9], а также изменяют структуру основного белка ресничек – тубулина [10]. Для определения СД применяли компьютерные технологии анализа изображения. 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 [11].

Эффективность экспериментального воздействия определяли путем вычисления коэффициента эффективности (КЭ). Каждое из измеряемых значений СД как в опыте (СД_э), так и в контроле (СД_к) является результатом усреднения измерений на 25 животных. Изменение скорости движения в эксперименте рассчитывали по коэффициенту эффективности:

$$KЭ = \frac{(CДэ - CДк) \pm (\deltaэ + \deltaк)}{CДк \pm \deltaк} \cdot 100\%$$

где СДк и СДэ – скорости движения в контрольной и экспериментальной группах, $\deltaэ,к$ – стандартные ошибки измерений в опыте и контроле.

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. Измерялась также спектральная плотность магнитного шума в камере как в области ультранизких (от 2·10⁻⁴Гц 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}. Магнитное поле существенно проникает внутрь камеры на частотах 50 и 150 Гц и ниже 2·10⁻³Гц. 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 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 [12], а, кроме того, близка к частоте некоторых биоритмов [13]. Величину магнитной индукции (50 нТ) выбирали с таким учетом, чтоб она была значительно выше напряженности естественного ПемП на данной частоте. Одновременно учитывалось, что для такой интенсивности поля физиологические эффекты надежно воспроизводятся [14]. 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. В нашем исследовании применяли многократные ежедневные трехчасовые экспозиции ПемП СНЧ, именно такова средняя продолжительность геомагнитных возмущений на данной частоте [15].

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 $p < 0,05$. Расчеты и графическое оформление полученных в работе данных проводились с использованием программы Microsoft Excel [16].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты проведенных исследований выявили некоторые различия динамики СД интактных и регенерирующих планарий в течение многосуточного эксперимента, при этом в обоих случаях была ярко выражена ритмическая компонента.

Экспоненциальная модель данных, представленная на Рис. 1 и позволяющая определить основные направления сдвигов динамики СД у животных контрольных групп, позволила выявить противоположные тенденции у интактных и регенерирующих планарий. Так, в группе интактных животных наблюдается тенденция к снижению СД в течение 15-и суток наблюдения, которая изменялась от $1,5914 \pm 0,16$ мм/с на пятые сутки эксперимента до $0,7751 \pm 0,05$ мм/с на 14-е сутки (рис. 1, табл. 1).

В свою очередь в группе регенерирующих планарий выявлена тенденция к возрастанию СД на протяжении эксперимента, при этом СД прогрессивно увеличивалась от $0,5840 \pm 0,08$ мм/с на вторые сутки до $1,2459 \pm 0,09$ мм/с на 11-е сутки наблюдения (рис. 1, табл. 2).

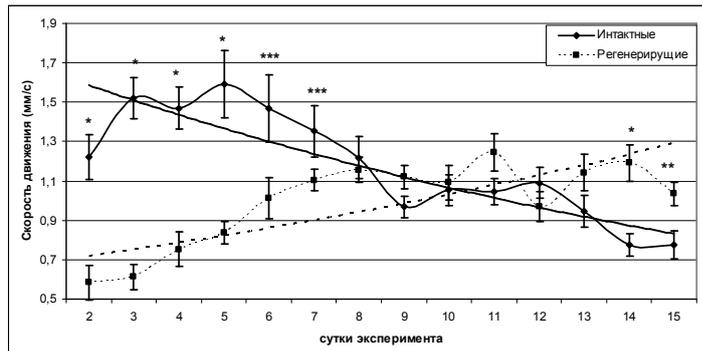


Рис. 1. Динамика и экспоненциальная модель СД интактных и регенерирующих планарий контрольных групп.

Примечание: * – достоверность различий между сравниваемыми группами:

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

В первой половине эксперимента наблюдаются достоверные различия СД сравниваемых групп планарий. Так, на вторые сутки наблюдения СД интактных планарий составила $1,2207 \pm 0,11$ мм/с, тогда как СД регенерирующих животных была значительно ниже – $0,5840 \pm 0,08$ мм/с ($p < 0,001$). На третьи сутки характерно максимальное различие СД исследуемых групп, когда значения изучаемого показателя были $1,5201 \pm 0,10$ мм/с и $0,6122 \pm 0,06$ мм/с ($p < 0,001$) в интактной и регенерирующей группах соответственно. Начиная с шестых суток эксперимента, различия между сравниваемыми группами сокращаются, так как СД интактных животных начинает падать, тогда как в группе регенерирующих планарий она продолжает расти. На восьмые сутки эксперимента значения СД интактных и регенерирующих планарий приближены друг к другу. При этом следует отметить, что СД регенерирующих планарий превышает значения СД интактных животных, и такая ситуация сохраняется до конца эксперимента. Так, на 14-е и 15-е сутки СД интактных планарий практически не изменялась и составила $0,7751 \pm 0,05$ мм/с и $0,7754 \pm 0,06$ мм/с соответственно, тогда как в группе регенерирующих планарий СД в те же сроки наблюдения была $1,1919 \pm 0,09$ мм/с и $1,0344 \pm 0,06$ мм/с, что значительно выше значений изучаемого показателя в группе нерегенерирующих животных.

Таблица 1
Динамика скорости движения интактных планарий при различных
воздействиях (мм/с) ($\bar{x} \pm S\bar{x}$)

Сутки эксперимента	Исследуемые группы			
	1	2	3	4
	Контроль	ПеМП	ПеМП+ЭМЭ	ЭМЭ
2	1,2207±0,11	1,0798±0,06	1,1346±0,08	1,2762±0,12
3	1,5201±0,10	1,3343±0,10	1,4117±0,10 P<0,05 P _{пред} <0,05	1,4615±0,09
4	1,4692±0,10	1,35±0,06 P<0,05	1,4729±0,10 P<0,01	1,5311±0,10
5	1,5914±0,16	1,4419±0,06 P<0,01	1,5316±0,15 P<0,01	1,5986±0,14
6	1,4689±0,17	1,3145±0,08	1,5298±0,09 P<0,01	1,5667±0,11
7	1,3529±0,13	1,3017±0,09	1,3711±0,11	1,5750±0,08 P _{2,4} <0,05
8	1,2169±0,10	1,1458±0,08	1,119±0,11	1,3752±0,09
9	0,9682±0,05	0,8346±0,04 P<0,01 P _{пред} <0,01	1,0109±0,14	1,0656±0,08 P _{2,4} <0,05 P _{пред} <0,05
10	1,0535±0,07	1,1388±0,04 P _{пред} <0,001	0,9797±0,10	0,9659±0,06 P<0,05
11	1,0475±0,06	1,118±0,05	0,9871±0,10	1,087±0,06
12	1,09±0,07	1,1530±0,10	1,0245±0,13	1,1458±0,09
13	0,9448±0,08	0,8509±0,05 P<0,01 P _{пред} <0,001	1,0965±0,11	0,8940±0,08 P<0,01
14	0,7751±0,05 P<0,01	0,758±0,07 P<0,01	0,7399±0,12 P<0,05	0,7054±0,07 P<0,001
15	0,7754±0,06 P<0,01	0,6578±0,04 P<0,001	0,7444±0,07 P<0,01	0,7353±0,06 P<0,001

Примечание:

P – достоверность различий относительно исходного уровня;

P₁₋₄ – достоверность различий между группами 1-4;

P_{пред} – достоверность различий относительно предыдущего дня.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что ПеМП частотой 8 Гц изменяет СД у регенерирующих планарий, тогда как у интактных животных ее изменения регистрируются лишь на уровне тенденции. У регенерирующих планарий под влиянием ПеМП наблюдается увеличение СД, особенно выраженное на вторые и третьи сутки наблюдения, когда КЭ возрастает \approx до 58 % (p<0,01) и \approx до 56 % (p<0,01) соответственно (рис. 2). В последующие сроки эффективность воздействия ПеМП прогрессивно снижается, однако СД при этом остается выше нуля. Таким образом, наиболее значительное возрастание СД регистрируется в начале экспериментального наблюдения. В дальнейшем эффективность воздействия снижается (рис. 2).

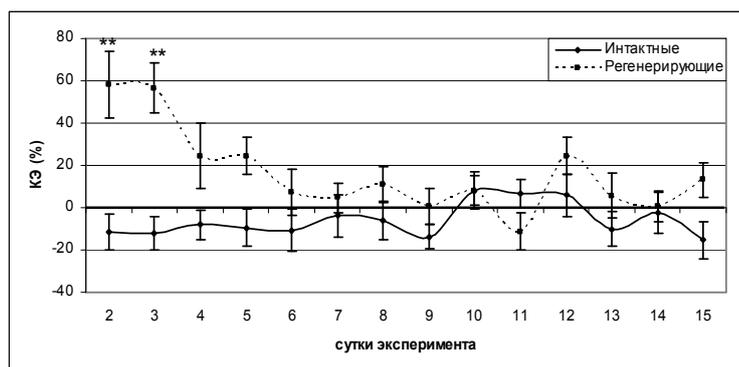


Рис.2. Коэффициент эффективности ПемП при его действии на интактных и регенерирующих планарий.

Примечание: * – достоверность различий между сравниваемыми группами:
** – ($p < 0,01$).

Анализ результатов исследования влияния ЭМЭ на экспериментальных животных свидетельствует о том, что СД нерегенерирующих животных, находящихся в камере в течение первых четырех дней не изменяется, в дальнейшем имеет место лишь тенденция к разнонаправленным изменениям этого показателя в различные сроки эксперимента. В условиях ЭМЭ, СД регенерирующих планарий возрастает во все сроки эксперимента. При этом максимальные значения КЭ наблюдаются на вторые и третьи сутки – $\approx 38\%$ ($p < 0,05$), а в дальнейшем имеет место прогрессивное снижение этого показателя, однако остается хорошо выраженная ритмическая составляющая. Эти данные согласуются с исследованиями Демцун Н.А. (2010), которая описала аналогичное изменение СД регенерирующих планарий, находящихся в условиях такого же ЭМЭ [17]. Таким образом, ЭМЭ вызывает более выраженные изменения СД у регенерирующих планарий (рис. 3).

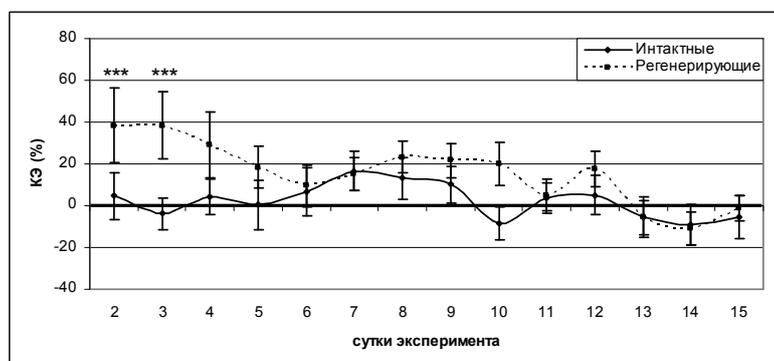


Рис. 3. Коэффициент эффективности ЭМЭ в экспериментах с интактными и регенерирующими планариями.

Примечание: * – достоверность различий между сравниваемыми группами:
*** – ($p < 0,05$)

Таблица 2
Динамика скорости движения регенерирующих планарий при различных
воздействиях (мм/с) ($\bar{x} \pm S\bar{x}$)

Сутки эксперимента	Исследуемые группы			
	1	2	3	4
	Контроль	ПеМП	ПеМП+ЭМЭ	ЭМЭ
2	0,5840±0,08	0,9177±0,06 P _{1,2} <0,05	0,8547±0,10 P _{1,3} <0,05	0,8027±0,08 P _{1,4} <0,05
3	0,6122±0,06	0,9545±0,05 P _{1,2} <0,05	0,8751±0,09 P _{1,3} <0,05	0,8447±0,10 P _{1,4} <0,05
4	0,7532±0,08	0,9345±0,10	0,9544±0,10 P _{1,3} <0,05	0,9692±0,10
5	0,8359±0,05	0,9741±0,08	0,9913±0,10	0,9876±0,08
6	1,0108±0,10 P<0,001	1,0838±0,07	1,1235±0,08	1,1049±0,06 P<0,05
7	1,1032±0,05 P<0,001	1,1534±0,07 P<0,05	1,1765±0,06	1,2675±0,09 P<0,001
8	1,1554±0,06 P<0,001	1,2792±0,10 P<0,05	1,247±0,07 P<0,05	1,424±0,08 P<0,001 P _{1,4} <0,05
9	1,1211±0,05 P<0,001	1,1268±0,10	1,1617±0,09	1,3617±0,09 P<0,001 P _{1,4} <0,05 P _{2,4} <0,05 P _{3,4} <0,05
10	1,0912±0,08 P<0,01	1,1787±0,07	1,1293±0,07	1,3083±0,10 P<0,001 P _{1,4} <0,05 P _{3,4} <0,05
11	1,2459±0,09 P<0,001	1,107±0,09	1,1883±0,08	1,3094±0,06 P<0,001
12	0,968±0,07 P<0,01 P _{пред.} <0,05	1,204±0,07 P<0,05 P _{1,2} <0,05	1,0390±0,06	1,1371±0,06 P<0,01
13	1,1427±0,09 P<0,001	1,2053±0,11	1,2032±0,08	1,0773±0,06 P<0,01
14	1,1919±0,09 P<0,001	1,20±0,05 P<0,05	1,0402±0,04 P _{2,3} <0,05	1,0627±0,06 P<0,01
15	1,0344±0,05 P<0,001	1,1691±0,09	1,0523±0,06	1,0231±0,05 P<0,01

Примечание:

P – достоверность различий относительно исходного уровня;

P₁₋₄ – достоверность различий между группами 1-4;

P_{пред.} – достоверность различий относительно предыдущего дня.

Проведенные исследования свидетельствуют о том, что влияние ПеМП СНЧ на животных, находящихся в условиях ЭМЭ, приводит к снижению его эффектов. Наиболее ярко эти изменения выражены на девятые и десятые сутки эксперимента, когда ЭМЭ вызывало увеличение СД планарий \approx на 21 % (p<0,05) и 20 % (p<0,05) соответственно, тогда как действие ПеМП СНЧ на планарий, находящихся в условиях ЭМЭ, снижало СД в 5 раз. Такие же изменения наблюдались и на восьмые сутки эксперимента, однако они были менее выражены.

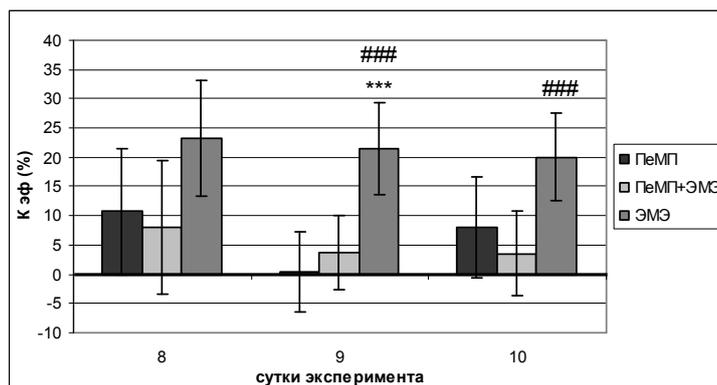


Рис. 4. Коэффициент эффективности ПеМП СНЧ, ЭМЭ и их комбинации в эксперименте с регенерирующими планариями на восьмые-десятые сутки наблюдения.

Примечание: *, # – достоверность различий между сравниваемыми группами:

*** – достоверность относительно группы ПеМП ($p < 0,05$)

– достоверность относительно группы ПеМП+ЭМЭ ($p < 0,05$)

Таким образом, анализ результатов исследования показал, что при дополнительном воздействии ПеМП СНЧ на регенерирующих планарий в условиях длительного ЭМЭ, имеет место корригирующее действие ПеМП СНЧ, которое в различные дни эксперимента выражено по-разному.

В группах интактных планарий на протяжении большей части экспериментального наблюдения при воздействиях ПеМП СНЧ и ЭМЭ СД не отличалась от контрольных данных. Таким образом, при действии ПеМП частотой 8 Гц на нерегенерирующих планарий не выявлено эффективного действия электромагнитных факторов.

Таким образом, результаты проведенных исследований свидетельствуют о различной чувствительности интактных и регенерирующих планарий к действию электромагнитных факторов. У регенерирующих планарий как ПеМП СНЧ, так и ЭМЭ вызывали увеличение СД, наиболее выраженное на вторые и третьи сутки эксперимента, эффект их действия уменьшается с увеличением числа экспозиций. При действии ПеМП СНЧ на регенерирующих животных, находящихся в экранирующей камере, наблюдается угнетение стимулирующего действия экранирования на СД.

У интактных животных ни ПеМП СНЧ, ни ЭМЭ, ни их комбинация не вызывали статистически значимых изменений СД. Полученные результаты исследований, проведенные на беспозвоночных животных, согласуются с имеющимися литературными данными. Воздействие ПеМП низкой интенсивности на животных с различными индивидуально-типологическими особенностями поведения оказывало неодинаковое влияние на формирование условного рефлекса [18, 19]. Длительное действие ПеМП частотой 8 Гц индукцией 5 мкТл, вызывало возрастание возбудимости ЦНС у крыс с НДА, а у животных со СДА и ВДА отмечалось снижение возбудимости ЦНС, более выраженное у животных со СДА [20]. К тому же, в начальный период действия ПеМП у крыс происходила активация симпато-

адреналовой системы, которая выражалась в увеличении экскреции адреналина и норадrenalина. Обнаружено, что в ответ на действие ПеМП частотой 8 Гц у животных с НДА в ОП наиболее выраженное изменение содержания суммарных тиоловых групп, а также повышение уровня продуктов свободнорадикального окисления развивается в гипоталамусе, а у крыс с ВДА – в коре больших полушарий [21]. Вышеприведенные факты дополняются данными о том, что характер метаболических изменений (ПОЛ, тиол-дисульфидный обмен, активность антиоксидантной системы, энергетический обмен в тканях печени), вызванных действием ПеМП со сложным спектром в диапазоне сверхнизких частот, зависит от индивидуально-типологических особенностей животных [22]. Показано также, что и чувствительность планарий к слабым электромагнитным воздействиям определяется исходным функциональным состоянием, в частности, сезоном года [6].

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о способности ПеМП частотой 8 Гц ограничивать стимуляцию СД регенерирующих планарий экраном, то есть корректировать экранообусловленные изменения. Эти данные согласуются с литературными. Так, Костюк А.С. описала, что воздействие ПеМП частотой 8 Гц на моллюсков, находящихся в условиях ЭМЭ, ограничивает развитие гипераналгезии. При комбинированном действии этих факторов гипераналгезия у моллюсков выражена на 67,9 % меньше, чем при экранировании [23]. Wever R. (1979) [24] нормализовал циркадианный ритм ряда физиологических показателей у добровольцев, находящихся в экранирующем бункере, дополнительным воздействием на них ПеМП частотой 10 Гц. Prato F.S. et al. (2009) [25] добились нормализации поведенческих реакций животных, находившихся в экране, применением ПеМП частотой 120 Гц.

Полученные нами данные о чувствительности беспозвоночных животных к действию слабых ПеМП СНЧ значительно расширяют не только представления об их биологической активности, но и свидетельствуют об их важной информационной роли в биосфере. Кроме того, данные проведенных исследований могут быть расценены как доказательство важной роли ПеМП СНЧ в эффектах экранирования. Дальнейшие исследования позволят расширить эти представления.

ВЫВОДЫ

1. Динамика СД интактных и регенерирующих планарий в течение 15-и суток наблюдения неодинакова. С увеличением сроков наблюдения СД интактных планарий уменьшалась от $1,5914 \pm 0,16$ мм/с до $0,7751 \pm 0,05$ мм/с, тогда как СД регенерирующих планарий прогрессивно нарастала от $0,5840 \pm 0,08$ мм/с до $1,2459 \pm 0,09$ мм/с. В изменениях СД как регенерирующих, так и интактных животных хорошо выражена ритмическая составляющая.
2. СД интактных планарий не изменяется при действии слабых электромагнитных факторов.
3. ПеМП СНЧ и слабые ЭМЭ увеличивают СД регенерирующих планарий. Наиболее выражено стимулирующее действие электромагнитных факторов на вторые-третьи сутки воздействия, когда СД возрастает при действии ПеМП на $\approx 41-46$ % ($p < 0,05$), а при действии ЭМЭ – \approx на 38 % ($p < 0,05$). С увеличением числа воздействий эффективность электромагнитных факторов снижается.

4. ПеМП СНЧ ограничивает стимуляцию СД регенерирующих планарий экранированием. На девятые и десятые сутки наблюдения действие ПеМП СНЧ на планарий, находящихся в условиях ЭМЭ, снижало их СД в 5 раз.

Список литературы

1. Лиманский Ю.П. Возможные механизмы взаимодействия низкоинтенсивных электромагнитных излучений с организмом человека / Ю.П. Лиманский, Н.Д. Колбун // Теория и практика информационно-волновой терапии / Под ред. Н.Д. Колбуна. – К., 1996. – С. 30–42.
2. Shielding, but not zeroing of the ambient magnetic field reduces stress-induced analgesia in mice / E. Choleris, D. Seppia, A.W. Thomas [et al.] // Proceeding of the Royal Society, Biological Sciences. – 2002. – Vol. 269. – P. 193–201.
3. Владимирский Б.М. Солнечно-земные связи в биологии и явление «захвата» частоты / Б.М. Владимирский // Проблемы космич. биологии. – 1982. – Т. 43. – С. 166–173.
4. Темуриянц Н.А. Сверхнизкочастотные электромагнитные сигналы в биологическом мире / Темуриянц Н.А., Владимирский Б.М., Тишкин О.Г. – Киев, Наукова думка, 1992. – 188 с.
5. 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.
6. Демцун Н.А. Сезонные различия регенерации планарий *Dugesia tigrina* при электромагнитном экранировании : автореф. дис. на соискание учен. степени канд. биол. наук : спец. 03.00.13 «Физиология человека и животных» / Н.А. Демцун – Симферополь, 2010. – 22 с.
7. Ярмолюк Н.С. Влияние электромагнитного экранирования на регенерацию планарий *Dugesia tigrina* с различной функциональной асимметрией / Н.С. Ярмолюк // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2009 – Том 22 (61), № 4. – С. 302–310.
8. Шмидт-Ниельсен К. Физиология животных: приспособление и среда / К. Шмидт-Ниельсен – М: «Мир», 1982. – С. 555–643
9. Tubulin assembly is disordered in a hypogeomagnetic field / Dong Liang Wang, Xing Sheng Wang, Rong Xiao [et al.] // Biochemical and Biophysical Research Communications. – 2008. – V. 376. – P. 363–368.
10. 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.
11. 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.
12. Schumann W.O. Uber die Dämpfung der electromagnetischen Eigenwingungen des Systems Erde-Luft-Ionosphere / W.O. Schumann // Naturwissenschaft. – 1982. – Vol. 7a. – P. 250–254.
13. Ашофф Ю. Биологические ритмы / Ашофф Ю. – М.: Мир, 1984. – Т. 1. – 176 с.
14. Сидякин В.Г. Влияние глобальных экологических факторов на нервную систему / Сидякин В.Г. – Киев.: Наукова думка, 1986. – 160 с.
15. 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.
16. 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.
17. 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.
18. Никольская К.А. Особенности исследовательского поведения крыс линии Вистар в постоянном неоднородном магнитном поле / К.А. Никольская, О.В. Ещенко, В.Н. Шпинькова // ЖВНД. – 1997. – Т. 47, № 4. – С. 684–692.

19. Действие электромагнитных полей сверхнизкой интенсивности на поведение крыс с разными типологическими особенностями нервной деятельности / А.С. Штемберг, Г.М. Черняков, М.Г. Узбекиев [и др.] // 1 Междунар. конгр. «Слаб. и сверхслаб. поля и излучения в биол. и медицине». – Санкт-Петербург: Тез. – СПб, 1997. – С. 101–102.
20. Грабовская Е.Ю. Реакция крыс с различными индивидуальными особенностями двигательной активности на действие слабого ПемП СНЧ : автореф. дис. на соискание учен. степени канд. биол. наук : спец. 03.00.13 «Физиология человека и животных» / Е.Ю. Грабовская – Симферополь, 1992. – 23 с.
21. Мартынюк В.С. Влияние экологически значимого переменного магнитного поля на метаболические параметры в головном мозге животных / В.С. Мартынюк, С.Б. Мартынюк // Биофизика. – 2001. – Т.46, № 5. – С. 910–914.
22. Кучина Н.Б. Влияние ПемП со сложным спектром на процессы перекисного окисления и антиоксидантную систему в разных тканях у белых крыс / Н.Б. Кучина, В.С. Мартынюк // Таврический медико-биологический вестник. – 2004. – Т. 7, № 1. – С. 159–166.
23. Костюк А.С. Ноцицептивная чувствительность наземных моллюсков *Helix albescens* при комбинированном действии слабых переменных магнитных полей сверхнизкой частоты и электромагнитного экранирования / А.С. Костюк, Н.А. Темурьянц // X ежегодная международная молодежная конференция ИБХФ РАН-ВУЗы
24. Wever R.A. The circadian system of man: Results of experiments under temporal isolation / Wever R.A. // New-York: Springer, 1979. – 276 p.
25. Introduction of a sinusoidal magnetic field into a hypogeomagnetic environment: effect on nociceptive behavior in CD-1 mice / F.S. Prato, D. Desjardins-Holmes, J.A. Robertson [et al] // Annual Meeting of The Bioelectromagnetics Society and the European BioElectromagnetics Association, Davos, Switzerland June 14 – 19, 2009. – P. 12–15.

Ярмолюк Н.С. Вплив слабого змінного магнітного поля наднизької частоти на динаміку швидкості руху інтактних і регенеруючих планарій *Dugesia tigrina* / Н.С. Ярмолюк, О.В. Шехоткін // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2011. – Т. 24 (63), № 1. – С. 164-174.

Виявлено, що динаміка ШР інтактних і регенеруючих планарій протягом 15-и діб спостереження протилежна. Дія слабких електромагнітних факторів не викликає змін ШР інтактних тварин. ШР регенеруючих планарій збільшується при дії ЗМП ННЧ і ЕМЕ. ЗМП ННЧ, при цьому обмежує стимуляцію ШР регенеруючих планарій екрануванням.

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

Yarmolyuk N.S Effect of weak alternating magnetic field ultralow frequencies speed on the dynamics of intact and regenerating planarian *Dugesia tigrina* / N.S Yarmolyuk, A.V Shehotkin // Scientific Notes OF Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2011. – Vol. 24 (63), No 1. – P. 164-174.
It was found that the dynamics of diabetes in intact and regenerating planarians during the 15-day observation is the opposite. The effect of weak electromagnetic factors do not cause changes in the SD in intact animals. DM regenerating planarians increases under the action of ULF VMF and EME. ULF VMF, while limiting stimulation DM regenerating planarians screening.

Keywords: planarian *Dugesia tigrina*, alternating magnetic field of low frequency, electromagnetic shielding, speed of movement.

Поступила в редакцію 12.03.2011 г.