

УДК 577:537.868:595.123

УЧАСТИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ФАКТОРОВ ЕСТЕСТВЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В ОРГАНИЗАЦИИ ИНФРАДИАННОЙ РИТМИКИ У БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ

Туманянц К. Н., Ярмолюк Н. С., Чуйн Е. Н., Темурьянц Н. А.

*Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия
E-mail: nat_yarm@mail.ru*

В проведенных исследованиях получены убедительные доказательства способности ПеМП частотой 8 Гц оказывать синхронизирующее действие на ИР, при наиболее выраженных эффектах у животных с десинхронизмом любого эффекта.

Ключевые слова: планарии, моллюски, ПеМП, ЭМЭ, ноцицепция, скорость движения.

ВВЕДЕНИЕ

Многочисленные данные эпидемиологических и экспериментальных исследований убедительно свидетельствуют о существенном влиянии снижения интенсивности геомагнитного поля (ГМП) на организмы различной степени сложности. Причем важное значение для процессов жизнедеятельности имеют не только значительные (>100 раз) уменьшения интенсивности статистической компоненты ГМП [1, 2], но их небольшие изменения. Такие ситуации довольно широко распространены в производственных и природных условиях (пещеры, штольни и т.д.), а также при моделировании гипомагнитных ситуаций для разнообразных производственных и исследовательских целей. Например, при использовании экранирующих камер для профилактики осложнений у больных сердечно-сосудистыми заболеваниями при геомагнитных возмущениях [3]. Однако влияние умеренного снижения интенсивности геомагнитного поля на биологические процессы изучено совершенно недостаточно. Между тем эпидемиологические исследования лиц, работающих в экранированных помещениях с коэффициентом ослабления 4–5, выявило значительное увеличение числа лиц с патологией ССС, нервной системы [4].

Вместе с тем изучение эффектов ГМП, вызванного экранированием, актуально для решения ряда фундаментальных проблем экологической физиологии, для изучения: механизмов действия комбинированных магнитных полей, резонансных механизмов их действия, эффектов микродоз и т.д. Ослабление ГМП оказалось эффективной моделью для изучения модификации терапевтической активности фармакологических препаратов [5–8], изучения временной организации биологических систем, роли электромагнитных факторов в ее формировании. В

ряде исследований показаны изменения циркадианной ритмики различных физиологических систем в условиях ослабленного ГМП. Иначе обстоит дело с ритмикой других диапазонов и в частности инфрадианного. Кроме того, не изученными остаются не только причины нарушения ритмических процессов в биологических системах – десинхроноза, но и роль электромагнитных факторов естественного происхождения в их нормализации. Предполагается, что роль датчиков времени в широком диапазоне периодов могут выполнять переменные магнитные поля крайне низкой частоты в частности 8 Гц [9] – фундаментальной частотой ионосферного волновода [10], близкой к частоте некоторых биоритмов [11]. Известно, интенсивность ПемП КНЧ максимальна по сравнению с интенсивностью полей других частотных полос как в спокойные периоды, так и особенно во время геомагнитных возмущений, когда его интенсивность может возрастать в 10–1000 раз [12].

Обычно реакции организма на действие электромагнитных факторов оцениваются по изменению показателей системы крови, центральной нервной, сердечно-сосудистой систем и т.д. Однако наиболее воспроизводимые и стойкие результаты получены при исследовании ноцицепции [13–15]. В связи с изложенным целью исследования является изучение инфрадианной ритмики ноцицепции и локомоторной активности беспозвоночных в условиях умеренного ЭМЭ и ее изменения под влиянием низкоинтенсивного ПемП частотой 8 Гц.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

При изучении влияния любого фактора всегда остро стоит вопрос о выборе объекта исследования. Этот выбор зачастую затруднен, так как в Европейской Конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях (1986), сформулированы принципы использования животных в экспериментах, подчеркнута необходимость поощрять научные исследования с целью «разработки способов и методов, которые могут предоставить информацию, аналогичную той, которая может быть получена в результате процедур, причиняющих боль, страдание» [16].

Одним из таких способов являются эксперименты на беспозвоночных животных, в частности, на планариях и моллюсках. Эти животные используются в многочисленных экспериментах, в которых изучена феноменология, закономерности, механизмы действия различных факторов в том числе электромагнитной природы [17–19].

Все исследования были проведены под контролем комиссии по биоэтике КФУ им. В. И. Вернадского

*Исследование планарий *Dugesia tigrina*.* В экспериментах использовали лабораторную бесполоую расу плоских червей – планарий *Dugesia tigrina* – длиной 9 ± 1 мм, у которых движение осуществляется за счет ресничек [20]. Планарий содержали в смеси водопроводной и дистиллированной воды в пропорции 2:1 при комнатной температуре, кормление осуществляли один раз в неделю личинками двукрылых насекомых.

Отбор планарий для опыта производился через три–четыре дня после кормления. Каждое животное помещалось в отдельный стеклянный флакон с 20 мл воды, что позволило регистрировать скорость движения (СД) каждой отдельно взятой особи.

В качестве исследуемого показателя выбрана СД животных, так как электромагнитные факторы различных параметров изменяют аппарат движения – реснички, жгутики [21], а также структуру основного их белка – тубулина [22].

Скорость движения планарий определяли с помощью компьютерных технологий анализа изображений. Для получения стандартных изображений нерегенерирующих планарий использовали видеокамеру Sun Kwang (модель SK-2046, размер датчика 1/3 дюйма, 570 телевизионных линий), смонтированную на окуляре бинокулярного микроскопа «МБС-10». Через видеотюнер Kworld (разрешение 640x480) изображение передавали на персональный компьютер. Обработку и анализ результатов осуществляли с помощью пакета программного обеспечения «Image-Pro». СД планарий вычислялась отношением пройденного ею пути (мм) ко времени в одну секунду. Для этого видеоизображения движущихся в воде планарий регистрировалась с частотой 30-ть кадров 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 [23].

Фиксация изображений, расчет СД осуществлялись у животных всех групп ежедневно в одно и то же время суток.

Определение параметров ноцицепции у моллюсков. Исследования проведены на наземных брюхоногих моллюсках *H. albescens*. В эксперименте использовались половозрелые животные, одинаковые по массе и размерам, которых содержали в светонепроницаемых стеклянных террариумах в условиях постоянного температурного режима (22 ± 2 °С), высокой влажности и избытка пищи.

О состоянии ноцицептивной чувствительности животных судили по порогу (П) и латентному периоду (ЛП) реакции избегания термического стимула в тесте «горячая пластинка», которая изготовлена из стекла, а на нижнюю поверхность которой методом распыления в вакууме нанесен нитрид титана [24].

Ослабление ГМП может быть достигнуто применением экранов, материала для которых подразделяются на 2 класса:

- ферромагнитные (железо, сплавы с высокими значениями магнитной проницаемости – пермаллой, мю–металл); внутри боксов, изготовленных из подобных материалов, уменьшается статическое магнитное поле и любые его вариации, тем самым – радиоволны; в них не проникает электрическое поле и его изменения;
- электромагнитные (алюминий, сплавы типа латуни); внутри таких боксов статическое магнитное поле не изменяется, но уменьшается интенсивность радиоволн и исчезает электрическое поле.

В наших экспериментах ослабление фонового электромагнитного поля (ЭМП) достигалось применением экранирующей камеры размером $2 \times 3 \times 2$ м, изготовленной из двухслойного железа «Динамо», т.е. – ферромагнитное экранирование (ФМЭ).

Коэффициент экранирования, 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. Методика измерения описана ранее [23].

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 [25–28].

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 [29, 30]. Кроме того, учитывалось, что для такой интенсивности поля физиологические эффекты надежно воспроизводятся [30]. 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.

Освещенность внутри и вне камеры, а также внутри флаконов и террариумов измерялась с помощью люксметра ТКЛ-ПКМ (модель 63). Внутри них освещенность колебалась от 0,1 до 0,2 лк, внутри экранирующей камеры и в лаборатории, где содержались животные контрольной группы, была такого же уровня, а в лаборатории, в которой проводили тестирование, колебалась от 480 до 500 лк.

В ходе проведения исследования животных обоих таксонов делили на пять равноценных групп по 20 особей в каждой. Первая группа содержалась в обычных условиях лаборатории (контрольные животные), вторую содержали в

экранирующей камере по 22 ч в сутки в течение 20 суток, животные третьей группы по три часа в день подвергались воздействию ПеМП частотой 8 Гц индукцией 50 нТл вне камеры. Четвертую группу (ПеМП+ФМЭ) составили животные, которые находились в экранирующем объеме по 22 ч в сутки и внутри камеры дополнительно ежедневно подвергались трехчасовому воздействию ПеМП КНЧ. Животных пятой группы подвергали «мнимому» воздействию ПеМП вне камеры.

Животные II и IV групп извлекались из камеры на 2 часа с 11.00 до 13.00 ч для регистрации исследуемых параметров, которые проводили у каждого животного. У особей I, III групп измерения проводились с 9.00 до 11.00 ч. Таким образом, животные всех групп находились в условиях свет : темнота 2 : 22 ч. Измерения исследуемых показателей осуществлялись с соблюдением принципов двойного слепого эксперимента.

Для статистической обработки данных использовали пакет специализированных программ "MedStat". Математическую обработку коротких временных рядов физиологических данных проводили методом спектрального Фурье анализа с дальнейшей статистической обработкой с применением косинор-анализа [31, 32], 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. Для оценки достоверности наблюдаемых изменений использовали t-критерий Стьюдента. Для оценки достоверности различий исследуемых показателей между группами (p) применяли однофакторный дисперсионный анализ.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ временной динамики СД планарий выявил наличие ритмической составляющей в ее изменениях. Так, при использовании спектрального и косинор-анализа удалось выявить многодневные ритмы СД интактных планарий, включающие следующие 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). В исследуемом спектре доминирующим периодом явился 8-суточный период с амплитудой $0,023 \pm 0,003$ усл.ед. (табл. 1). Отмечено, что амплитуды ритмов исследуемого спектра возрастали с увеличением длины периода.

Спектральное преобразование Фурье динамики параметров ноцицепции интактных моллюсков выявило следующие периоды: $\approx 2^d,4$ (2,2–2,4); $\approx 3^d,7$ (3,7–3,8); $\approx 6^d,4$ (5,5–6,4) и $\approx 9^d,0$ (8,5–9,0). Доминирующим ритмом в данном спектре являлся низкочастотный период продолжительностью $\approx 9^d,0$ сут с амплитудой $0,060 \pm 0,006$ усл.ед. (табл. 2, рис. 1). Экспоненциальная модель данных позволила выявить тенденцию к увеличению амплитуды с увеличением длины периода.

Таблица 1.

Данные косинор- и спектрального Фурье анализов СД нерегенерирующих планарий *Dugesia tigrina* контрольной группы и животных, подвергнутых изолированному и комбинированному с ФМЭ действию ПеМП КНЧ

Параметры ритма	Группы животных				
	Контроль	ФМЭ	ПеМП	ПеМП+ФМЭ	Плацебо-ПеМП
	1	2	3	4	5
Период (сутки)	2,3	2,2	2,4	2,3	2,3
Амплитуда (усл.ед.)	0,017±0,002	0,015±0,002	0,015±0,001	0,016±0,001	0,017±0,003
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	1,182±0,089 P ₂₋₅ <0,01
Период (сутки)	3,3	3,8	3,3	3,8	3,3
Амплитуда (усл.ед.)	0,017±0,001	0,016±0,002	0,013±0,002	0,013±0,001	0,017±0,006
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	2,247±0,177 P ₂₋₅ <0,05 P ₃₋₅ <0,01
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	8,0
Амплитуда (усл.ед.)	0,023±0,003	---	0,025±0,003	0,027±0,002	0,021±0,009
Фаза (радианы)	4,180±0,315	---	2,751±0,126 P ₁₋₃ <0,01	3,182±0,183 P ₃₋₄ <0,05	4,184±0,320 P ₃₋₅ <0,01

Примечание: P₁₋₅ – достоверность различий сравниваемых групп.

Сравнение фаз выделенных периодов П и ЛП реакции избегания термического стимула выявил практически полное их совпадение.

Выявленные нами инфраниантные биоритмы сходной или близкой величины свойственны функционированию различных физиологических систем животных и человека: локомоторной активности крыс [33], системе крови у животных [34], частоте сердечных сокращение у крыс, физической работоспособности и потребления кислорода [35], экскреции Na⁺ с мочей и уровня альдостерона [36] и ряда физиологических показателей у людей [37–39]. Существование подобных стабильных периодов биоритмов, вероятно, осуществляется благодаря наличию внутренних механизмов их поддержания или же как результат воздействия внешнего синхронизатора.

Таблица 2.

Данные косинор- и спектрального Фурье анализа ЛП ноцицептивной реакции моллюсков *H. albescens* контрольной группы и животных, подвергнутых изолированному и комбинированному с ФМЭ действию ПеМП КНЧ

Параметры ритма	Группы животных				
	Контроль	ФМЭ	ПеМП	ПеМП+ФМЭ	Плацебо-ПеМП
	1	2	3	4	5
Период (сутки)	2,4	2,2	2,4	2,4	2,4
Амплитуда (усл.ед.)	0,041±0,004	0,045±0,005	0,047±0,005	0,043±0,005	0,040±0,007
Фаза (радианы)	1,490±0,123	1,120±0,014	2,046±0,211	2,569±0,231	1,484±0,151
Период (сутки)	3,7	---	3,8	3,8	3,7
Амплитуда (усл.ед.)	0,041±0,004	---	0,055±0,004 P ₁₋₃ <0,05	0,057±0,006 P ₁₋₄ <0,05	0,042±0,003 P ₃₋₅ <0,05 P ₄₋₅ <0,05
Фаза (радианы)	2,522±0,826	---	4,357±0,647	2,203±0,577	2,531±0,781
Период (сутки)	---	4,5	4,4	---	---
Амплитуда (усл.ед.)	---	0,057±0,008	0,057±0,006	---	---
Фаза (радианы)	---	2,484±0,323	2,299±0,105	---	---
Период (сутки)	6,4	---	---	5,5	6,4
Амплитуда (усл.ед.)	0,049±0,006	---	---	0,055±0,005	0,049±0,003
Фаза (радианы)	2,306±0,201	---	---	1,258±0,083	2,289±0,218
Период (сутки)	---	7,5	---	---	---
Амплитуда (усл.ед.)	---	0,073±0,008	---	---	---
Фаза (радианы)	---	4,007±0,162	---	---	---
Период (сутки)	9,0	---	8,5	8,5	9,0
Амплитуда (усл.ед.)	0,060±0,006	---	0,073±0,009	0,090±0,006 P ₁₋₄ <0,001	0,061±0,004 P ₄₋₅ <0,001
Фаза (радианы)	2,523±0,234	---	1,129±0,052	2,956±0,807	2,528±0,199

Примечание: P₁₋₅ – достоверность различий сравниваемых групп.

Как показали проведенные исследования, ослабление ГМП вносило изменения в ИР исследуемых показателей. Так, было установлено, что пребывание нерегенерирующий планарий в условиях умеренного ФМЭ влечет за собой изменения инфрадианной периодичности их СД. Эти изменения заключались в существенном изменении структуры спектра, который, как и у животных контрольной группы, состоял из трех периодов, однако состав спектра был несколько иной: появлялся период $\approx 4^d,8$, но переставал выявляться самый длинный период продолжительностью $\approx 8^d,0$. Кроме того, совпадающие периоды $\approx 2^d,3$ и $\approx 3^d,8$

сут. характеризовались значительными фазовыми сдвигами (на $262,6^\circ$ ($p < 0,01$) (рис. 2) и 54° ($p < 0,05$) соответственно). Таким образом, следствием пребывания нерегенерирующей планарий в экранирующей камере явилось развитие десинхроноза.

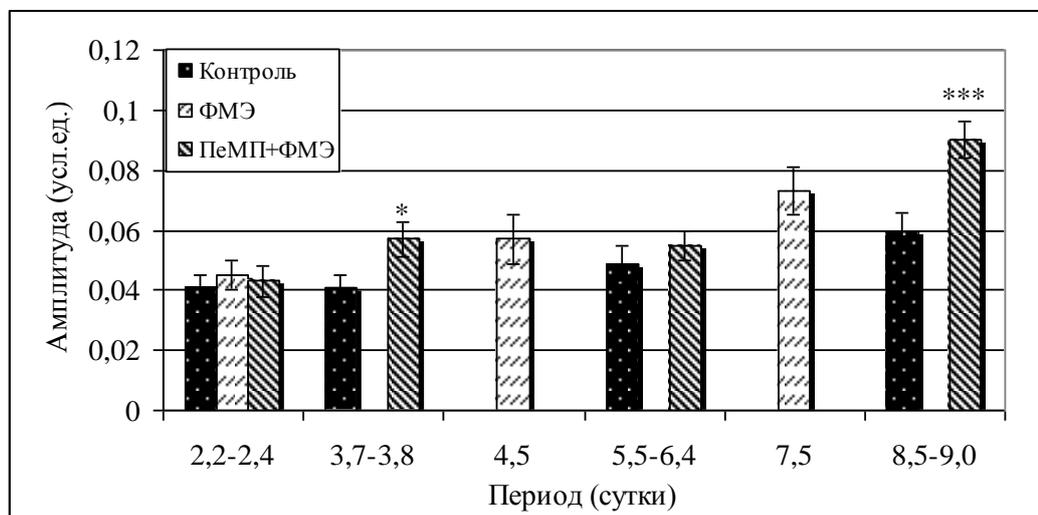


Рис. 1. Спектры инфрадианной ритмики параметров ноцицепции моллюсков контрольной группы, животных, подвергнутых изолированному и комбинированному с ФМЭ действию ПеМП КНЧ.

Примечание: * – достоверность различий относительно контрольных значений: * – ($p < 0,05$)

Если у планарий в условиях ФМЭ количество выделенных периодов совпадало с таковыми у интактной группы, то следствием пребывания наземных моллюсков в экранирующей камере явилось изменение структуры спектров мощности П и ЛП ноцицептивной реакции, выражающиеся, главным образом, в сужении спектра выделяемых периодов. В этих спектрах не выявлялся ряд периодов $\approx 3^d,7$; $\approx 6^d,4$; $\approx 9^d,0$, выделенные у интактных животных, однако зарегистрированы периоды длительностью $\approx 4^d,5$ и $\approx 7^d,5$ сут, не обнаруживаемые в спектрах моллюсков контрольной группы (табл. 2). Амплитуды выделенных ритмов колебались от 0,041 до 0,073 усл.ед., с увеличением длины периода их амплитуды возрастали. Эти данные указывают на то, что ФМЭ вызывало развитие десинхроноза.

Данные о способности изоляции от ГМП вызывать нарушения ритмики согласуются с литературными сведениями и существенно дополняют их. Так, установлено, что ФМЭ вызывает изменения циркадианной и ультрадианной ритмик при пребывании человека [40] и животных [41, 42] в условиях искусственного ослабления ГМП.

Следует отметить, что десинхроноз развивается как при значительном ослаблении постоянной компоненты ГМП, так и небольших ее изменениях. Так, в работе А.Г. Горелкина и др. [43], по показателям variability сердечного ритма

зафиксирован десинхроноз у волонтеров, находящихся по 30 минут ежедневно в течение 10 дней в экранирующей камере, ослабляющей ГМП в 600 раз, в то время как С. М. Чибисов и др. [44] описали такое же явление в условиях снижения статистической компоненты ГМП всего на 0,5 %.

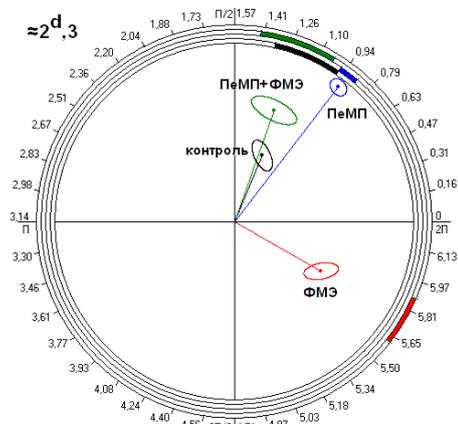


Рис. 2. Косинорограмма периода $\approx 2^d,3$ СД нерегенерирующий планарий контрольной группы, животных, находящихся в условии ФМЭ, влиянии ПеМП КНЧ и воздействии ПеМП КНЧ на животных, находящихся в условиях ФМЭ.

Изменения инфраничных биоритмов вызывает и воздействие на животных ПеМП частотой 8 Гц индукцией 50 нТл. Состав спектра СД планарий под влиянием ПеМП КНЧ не отличался от такового интактных животных, однако во всех выделенных периодах зафиксирован достоверный сдвиг фаз относительно данных контрольной группы ($p < 0,01$) (табл. 1).

Сопоставление ИР показателей ноцицепции у интактных моллюсков и животных, подвергнутых трехчасовому воздействию крайненизкочастотного ПеМП, позволило выявить следующие особенности. Количество выделяемых периодов у моллюсков при действии ПеМП совпадало, однако вместо периода $\approx 6^d,4$, присутствующего в спектрах животных контрольной группы, появлялся период $\approx 4^d,4$, не характерный для спектра интактных моллюсков. Кроме того, имело место достоверное повышение амплитуды периода $\approx 3^d,8$ ($p < 0,05$). Анализ фазовых взаимоотношений не выявил достоверных изменений фаз ни в одном из совпадающих периодов.

При «мнимом» воздействии ПеМП КНЧ были выявлены такие же изменения структуры спектров, как и у интактной группы животных. Эти результаты являются подтверждением того, что полученные нами результаты обусловлены действием ПеМП.

Данные о способности ПеМП частотой 8 Гц (индукция 1 мкТл) изменять многодневных ритмов условно-рефлекторной деятельности крыс отмечены в работе Е. В. Архангельской [45], кроме того, обнаружены изменения 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 от 0,008 до 80 Гц индукцией 30 мкТл [46, 47].

По мнению многих исследователей, одним из наиболее существенных внешних факторов, способных синхронизировать инфраниантные биоритмы, претерпевшие изменения, являются естественные электромагнитные поля. Для подтверждения данной теории и для устранения десинхроноза у планарий и моллюсков, вызванного ФМЭ, животных в условиях экранирующей камере дополнительно подвергали трехчасовому воздействию ПемП КНЧ.

Как показали проведенные исследования при воздействии ПемП частотой 8 Гц на животных, находящихся в условиях ФМЭ, не выявлено заметных отличий в ИР СД нерегенерирующих планарий и ноцицепции моллюсков. Состав спектра ИР исследуемых показателей был одинаков с таковым у контрольных животных, зафиксировано лишь увеличение амплитуды совпадающего 8-суточного периода у планарий и периода продолжительностью $\approx 3^d,8$ сут у моллюсков. В то же время этот спектр существенно отличался от спектра животных, находящихся в условиях ФМЭ (табл. 1, табл. 2). Таким образом, можно заключить, что крайненизкочастотное ПемП нивелирует нарушения временной организации, устраняет десинхроноз, вызванный ФМЭ, оказывая синхронизирующее действие.

Полученные нами данные подтверждают мнение ряда исследователей о возможной синхронизации биологических ритмов периодическими колебаниями интенсивности на частоте 8 Гц в атмосфере (шумановский резонанс) [48, 49]. Так, была установлена сопряженность показателей артериального давления у людей [50], а также изменений ЭЭГ и интенсивности шумановского резонанса [51].

Ранее продемонстрирована способность ПемП интенсивностью 50 нТл и частотой 8 Гц оказывать синхронизирующее действие на ультрадианную ритмику СД планарий [52], а также ИР физиологических процессов у животных разных индивидуально-типологических групп. При этом наиболее выраженная синхронизация была выявлена в динамике показателей активности сукцинатдегидрогеназы и α -глицерофосфатдегидрогеназы в лимфоцитах и нейтрофилах периферической крови [53]. Корректирующее действие ПемП КНЧ было доказано на его способности изменять ИР показателей системы крови крыс, чья двигательная активность ограничивалась (гипокинезия) [48].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в проведенных исследованиях получены убедительные доказательства способности ПемП частотой 8 Гц оказывать синхронизирующее действие на ИР, при наиболее выраженных эффектах у животных с десинхронозом любого эффекта. Эти данные могут быть использованы в хронотерапевтической коррекции, подразумевающей восстановление ритмичности физиологических процессов, для разработки эффективных методов лечения на основе данных об особенностях временной организации организма в норме и при патологиях.

Работа выполнена при финансовой поддержке в рамках инициативной части государственного задания № 6.5452.2017/8.9 Минобрнауки России в сфере научной деятельности темы «Временная организация физиологических систем человека и животных: феноменология и механизмы генерации и регуляции микро- и мезоритмов».

Работа была выполнена на базе Центра коллективного пользования научным оборудованием «Экспериментальная физиология и биофизика» при кафедре физиологии человека и животных и биофизики Таврической академии (СП) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского».

Список литературы

1. Asashima M. Magnetic shielding induces early developmental abnormalities in the newt, *Cynops pyrrhogaster* / M. Asashima, K. Shimada, C. J. Pfeiffer // *Bioelectromagnetics*. – 1991. – Vol. 12, Is. 4. – P. 215–224.
2. Копанев В. И. Влияние гипоманитного поля на биологические объекты / В. И. Копанев, А. В. Шакула – Л. Наука, 1985. – 72 с.
3. Гурфинкель Ю. И. Геомагнитные возмущения и острая сердечно-сосудистая патология (статистические исследования) / Ю. И. Гурфинкель, Х. Д. Канониди, Е. В. Митрофанова [и др.] // *Международный крымский семинар «Космос и биосфера»*. – Партенит: Крым. – 2001. – С. 13–15.
4. Походзей Л. В. Гипогеомагнитное поле: биологическое действие и гигиеническое нормирование / Л. В. Походзей, Ю. П. Пальцев, Н. Б. Рубцова // *Человек и электромагнитные поля: Докл. III Межд. конф. Саров*. – 2010. – С. 185–193.
5. Рыжкина И. С. Самоорганизация высокоразбавленных водных растворов – ключ к пониманию механизма действия сверхмалых доз биологически активных веществ / И. С. Рыжкина // *VI Международный конгресс «Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине»*. – 2012. – С. 90.
6. Коновалов А. И. Способ прогнозирования биоэффекта растворов низких и сверхнизких концентраций. Заявка на патент РФ № 2009106496, приоритет от 24.02.09 / Коновалов А. И., Рыжкина И. С., Муртазина Л. И // *БИ*. – 2010. – № 24.
7. Хусаинов Д. Р. Умеренное электромагнитное экранирование крыс нивелирует противоболевой эффект аспирина / Д. Р. Хусаинов, Н. А. Темурьянц, И. И. Коренюк, И. В. Черетаев, А. В. Чайка, К. Н. Туманянц // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. – 2015. – № 7–1. – С. 76–78.
8. Хусаинов Д. Р. Особенности противоболевой активности аспирина у крыс-самок в условиях умеренного электромагнитного экранирования / Д. Р. Хусаинов, Н. А. Темурьянц, К. Н. Туманянц // *Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия*. – 2015. – Т. 1, № 3 (67). – С. 56–64.
9. Владимирский Б. М. Влияние солнечной активности на биосферу-ноосферу / Б. М. Владимирский, Н. А. Темурьянц – М.: МНЭПУ, 2000. – 374 с.
10. Schumann W. O. Über die dämpfung der electromagnetischen Eigenwingungen des Systems Erde-Luft-Ionosphäre / W. O. Schumann // *Naturwissenschaft*. – 1982. – Vol. 7. – P. 250–254.
11. Ашофф Ю. Биологические ритмы / Ю. Ашофф – М.: Мир, 1984. – Т. 1. – 176 с.
12. Polk G. Resonances of ears ionosphere cavity – extremely low frequency reception at Kingston / G. Polk, F. Fitchen, W. O. Schumann // *Radio Propagation*. – 1962. – V.3, Is. 66. – P. 313.
13. Exposure to a hypogeomagnetic field or to oscillating magnetic fields similarly reduce stress-induced analgesia in C57 male mice / C. Del Seppia, P. Luschi, S. Ghione [et al.] // *Life Sci*. – 2000. – Vol. 66, Is. 14. – P. 1299–1306.
14. Эффекты слабых электромагнитных воздействий у беспозвоночных животных (регенерация планарий, ноцицепция моллюсков) / Н. А. Темурьянц, Е. Н. Чуян, А. С. Костюк [и др.] – Симферополь: ДИАЙПИ. – 2012. – 303 с.

15. Daily repeated magnetic field shielding induces analgesia in CD-1 mice / F. S. Prato, J. A. Robertson, D. Desjardins [et al.] // *Bioelectromagnetics*. – 2005. – Vol. 26. – P.109–117.
16. Европейская Конвенция о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях. Страсбург, 18 марта 1986 г.
17. Тирас Х. П. Биологические эффекты слабых магнитных полей: сравнительный анализ / Х. П. Тирас, О. Н. Петрова, С. Н. Мякишева, К. Б. Асланиди // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – № 12 (часть 7). – С. 1442–1451.
18. Темуриянц Н. А. Влияние низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты на болевую чувствительность моллюсков *Helix albescens* / Н. А. Темуриянц, А. С. Костюк, К. Н. Туманянц // *Миллиметровые волны в биологии и медицине*. – 2010. – №1. – С. 39–45.
19. Prato F. S. Non-thermal extremely low frequency magnetic field effects on opioid related behaviors: Snails to humans, mechanisms to therapy / F. S. Prato // *Bioelectromagnetics*. – 2015. – Vol. 36, Is. 5. – P. 333–348.
20. Шмидт–Нельсен К. Физиология животных: приспособление и среда / К. Шмидт–Нельсен – М: «Мир», 1982. – С. 555–643.
21. 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.
22. Wang P. L. Tubulin assembly is disordered in a hypogeomagnetic field / P. L. Wang, X. S. Wang, R. Xiao, R. Q. He // *Biochem Biophys Res Commun*. – 2008. – V. 376, Is. 2. – С. 363–368.
23. Темуриянц Н. А. Сезонные различия регенерации планарий в условиях многодневного электромагнитного экранирования / Н. А. Темуриянц, Н. А. Демцун // *Биофизика*. – 2010. – Т. 55, № 4. – С. 710–714.
24. Установка для изучения болевой чувствительности наземных моллюсков *Helix albescens* / В. Г. Вишневикий, А. С. Костюк, Н. А. Темуриянц, Е. В. Бугаец, И. А. Макаренко // *Уч. зап. Тавр. нац. ун-та им. В. И. Вернадского. Сер. Биология, химия*. – 2010. – Т. 22, № 1. – С. 3–8.
25. Дубров А. П. Геомагнитное поле и жизнь. / Дубров А. П. – Л. Гидрометеоздат, 1974. – 175 с.
26. Asashima M. Magnetic shielding induces early developmental abnormalities in the newt, *Synops pyrhogaster*. / M. Asashima, K. Shimada, C. J. Pfeiffer // *Bioelectromagnetics*. – 1991 – 12 (4) – P. 215–224.
27. 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.
28. 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.
29. 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.
30. Темуриянц Н. А. Сверхнизкочастотные электромагнитные сигналы в биологическом мире / Н. А. Темуриянц, Б. М. Владимирский, О. Г. Тишкин – Киев: Наук. думка, 1992. – 187 с.
31. Емельянов И. П. Формы колебания в биоритмологии. / Емельянов И. П. – Новосибирск: Наука – 1976. – 127 с.
32. Мартынюк В. С. Биологические ритмы и электромагнитные поля среды обитания / В. С. Мартынюк, Б. М. Владимирский, Н. А. Темуриянц // *Геофизические процессы и биосфера*. – 2006. – Т. 5, № 1. – С. 5–23.
33. Диатроптов М. Е. Морфофункциональные параметры эндокринной и иммунной системы и пролиферативная активность эпителия в инфранидном диапазоне биоритмов: диссертация ... доктора биологических наук: 03.03.04 / Диатроптов Михаил Евгеньевич [ФГБУ «НИИ морфологии человека»]. – Москва, 2015. – 263 с.
34. Чиркова Э. Н. Фазовая координация ритмов изменения солнечной активности и месячных биоритмов изменения концентрации холестерина в сыворотке крови кроликов / Э. Н. Чиркова, М. М. Абраменко, О. А. Нечитайло [и др.] // *Бюлл. эксперим. биологии и медицины*. – 1988. – №3. – С. 340–345.

35. Шабатура Н. Н. Механизм происхождения инфрадианных биологических ритмов / Н. Н. Шабатура // Успехи физиол. наук. – 1989. – Т. 20, № 3. – С. 83–103.
36. Long-term space flight simulation reveals infradian rhythmicity in human Na (+) balance / N. Rakova, K. Jüttner, A. Dahlmann, A. Schröder [et. al.] // Cell Metab. – 2013. – V. 8, Is.17(1). – P.125–131.
37. Ковальчук А. В. Многодневные биоритмы физиологических процессов и некоторые вопросы связи организма человека с динамикой изменений внешней среды / А. В. Ковальчук, М. К. Чернышев // Теоретические и прикладные аспекты анализа временной структуры организации биоритмов. – М., 1976. – С. 112–124.
38. 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. Авраменко, Г. Е. Криворучко // Лабораторное дело. – 1990. – Т. 4. – С. 40–44.
39. Бреус Т. К. Влияние геомагнитной и солнечной активности на сердечно-сосудистые и другие хроноэпидемиологии / Т. К. Бреус, С. Ж. Корнелиссен, С. Бинхам [и др.] // Хронобиология и хрономедицина и влияние гелиогеофизических факторов на организм человека. – М., 1992. – С. 146–191.
40. Wever R. Einfluss schwacher elektro-magnetischer felder auf die circadian periodic des menschen / R. Wever // Naturwissenschaften. – 1968. – Vol. 55. – P. 29–32.
41. Бородин Ю. И. Реакция циркадианных ритмов лимфоидной системы на глубокое экранирование от геомагнитного поля Земли / Ю. И. Бородин, А. Ю. Лятегин // БЭБМ. – 1990. – № 2. – С. 191–193.
42. Ярмолук Н. С. Реакции планарий *Dugesia tigrina* на действие электромагнитных факторов (биоритмологический анализ) / Н. С. Ярмолук, Н. А. Темуриянц // Монография. [Saarbrücken: LAP Lambert Academic Publishing.] – 2012. – 169 с.
43. 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.
44. Чибисов С. М. Биологические ритмы сердца и «внешний» стресс / С. М. Чибисов, Л. К. Овчинникова, Т. К. Бреус // М. РУДН. – 1998. – 250 с.
45. Архангельская Е. В. Динамика высшей нервной деятельности крыс на фоне гелиогеофизических флуктуаций: автореф. дисс. на соискание научн. степени канд. биол. наук: спец. 03.00.13 «Физиология человека и животных» / Е. В. Архангельская – Симферополь, 1992. – 19 с.
46. 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.
47. 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». Пушино. – 1993. – С. 115–116.
48. Темуриянц Н. А. Особенности комбинированного действия гипокинетического стресса и рентгеновского излучения на неспецифическую резистентность крыс / Н. А. Темуриянц, А. С. Костюк, Н. С. Ярмолук, К. Н. Тумаянц // Уч. зап. Тавр. нац. ун-та им. В. И. Вернадского. Сер. Биология, химия. – 2007. – Т. 20, № 3. – С. 107–114.
49. Бреус Т. К. Магнитные бури – медико-биологические и геофизические аспекты / Т. К. Бреус, С. И. Рапопорт – М.: Советский спорт, 2003. – 192 с.
50. Mitsutake G. Does Schumann resonance affect our blood pressure? / G. Mitsutake, K. Otsuka, M. Hayakawa [et. al.] // Biomedicine & pharmacotherapy Biomedecine & pharmacotherapie. – 2005. – V. 59 (Suppl 1). – P. 10.
51. Колесник А. Г. Электромагнитная экология / А. Г. Колесник, С. А. Колесник, С. В. Побаченко – Томский Гос. Ун-т, Томск, 2009. – 334 с.
52. Ярмолук Н. С. Биоритмологический подход к анализу реакций планарий *Dugesia tigrina* на действие слабого электромагнитного экранирования: автореф. дисс. на соискание научн. степени канд. биол. наук: спец. 03.00.13 «Физиология человека и животных» / Ярмолук Н. С. – Симферополь, 2011. – 20 с.
53. Мартынюк В. С. Магнитные поля крайне низкой частоты как фактор модуляции и синхронизации инфрадианной ритмики у животных / В. С. Мартынюк, Н. А. Темуриянц // Геофизические процессы и биосфера. – 2008. – Т. 8, № 1. – С. 36–50.

**PARTICIPATION OF ELECTROMAGNETIC FACTORS OF NATURAL
ORIGIN IN THE ORGANIZATION OF INFRADIAN RHYTHMIC
IN INVERTIBLE ANIMALS**

Tumanyants K. N., Yarmolyuk N. S., Chuyan E. N., Temuryants N. A.

*V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russia
E-mail: nat_yarm@mail.ru*

Numerous data from epidemiological and experimental studies convincingly indicate a significant effect of a decrease in the intensity of the geomagnetic field (GMF) on organisms of varying degrees of complexity. Moreover, important for life processes are not only significant (>100 times) decreases in the intensity of the statistical components of GMFs, but their small changes. Such situations are quite widespread in industrial and natural conditions (caves, adits, etc.), as well as in modeling hypomagnetic situations for a variety of industrial and research purposes. For example, when using shielding chambers for the prevention of complications in patients with cardiovascular diseases with geomagnetic disturbances. However, the influence of a moderate decrease in the intensity of the geomagnetic field on biological processes has not been fully studied. Meanwhile, epidemiological studies of people working in shielded rooms with an attenuation coefficient of 4–5 revealed a significant increase in the number of people with pathology of CVS, the nervous system.

In the experiments, we used a laboratory asexual race of flatworms – the planarium *Dugesia tigrina* – 9 ± 1 mm long, in which cilia move. The planaria was kept in a mixture of tap and distilled water in a 2: 1 ratio at room temperature; feeding was carried out once a week by dipteran insect larvae.

Studies were carried out on terrestrial gastropod mollusks *H. albescens*. In the experiment, sexually mature animals of the same weight and size were used, which were kept in opaque glass terrariums under conditions of constant temperature (22 ± 2 °C), high humidity, and excess food.

The state of nociceptive sensitivity of animals was judged by the threshold (P) and latent period (LP) of the reaction to avoid the thermal stimulus in the “hot plate” test, which is made of glass, and on the lower surface of which titanium nitride was sprayed in a vacuum.

In the conducted studies, convincing evidence was obtained of the ability of a PeMP with a frequency of 8 Hz to have a synchronizing effect on IR, with the most pronounced effects in animals with desynchronosis of any effect. These data can be used in chronotherapeutic correction, which implies restoration of the rhythm of physiological processes, to develop effective methods of treatment based on data on the features of the temporary organization of the body in normal and pathological conditions.

Keywords: planaria, mollusks, PeMP, EME, nociception, movement speed.

References

1. Asashima M., Shimada K., Pfeiffer C. J. Magnetic shielding induces early developmental abnormalities in the newt, *Cynops pyrrhogaster*, *Bioelectromagnetics*, **12**, 4, 215 (1991).
2. Kopanov V. I., Shakula A. V. *Influence of the hypomagnetic field on biological objects*, 72 p. (L. Science, 1985).
3. Gurfinkel Yu. I., Kanonidi H. D., Mitrofanova E. V. [et al.] Geomagnetic disturbances and acute cardiovascular pathology (statistical studies), *The International Crimean Seminar "Cosmos and the Biosphere". Partenit: Crimea*, 13 (2001).
4. Pokhodzey L. V., Fingers Yu. P., Rubtsova N. B. Hypogeomagnetic field: biological effect and hygienic regulation Man and electromagnetic fields, *Dokl. III Int. conf. Sarov*, 185 (2010).
5. Ryzhkina I. S. Self-organization of highly diluted aqueous solutions is the key to understanding the mechanism of action of ultra-low doses of biologically active substances, *VI International Congress "Weak and superweak fields and radiation in biology and medicine"*, 90 (2012).
6. Kononov A. I., Ryzhkina I. S., Murtazina L. I. A method for predicting the bioeffect of solutions of low and ultralow concentrations. Application for patent of the Russian Federation No. 2009106496, priority of 02/24/09, BI. 20U. No. 24
7. Khusainov D. R., Temuryants N. A., Korenyuk I. I., Cheretaev I. V., Chajka A. V., Tumanants K. N. Moderate electromagnetic shielding eliminates the analgesic effect of aspirin in rats, *International journal of applied and fundamental research*, **7**, 76 (2015).
8. Khusainov D. R., Temuryants N. A., Tumanants K. N. Features of analgesic activity of aspirin in rats-females under conditions of moderate electromagnetic shielding, *Scientific Notes of Crimean V.I. Vernadsky Federal University. Biology. Chemistry.*, **3** (67), **1**, 56 (2015).
9. Vladimirsky B. M., Temuryants N. A. *Influence of solar activity on the biosphere-noosphere*, 374 (M.: MNEPU, 2000).
10. Schumann W. O. Über die dämpfung der electromagnetischen Eigenwingungen des Systems Erde-Luft-Ionosphäre, *Naturwissenschaft*, **7**, 250 (1982).
11. Ashoff Y. *Biological rhythms*, **1**, 176 (M.: Mir., 1984).
12. Polk G., Fitchen F., Schumann W. O. Resonances of ears ionosphere cavity – extremely low frequency reception at Kingston, *Radio Propagation*, **3**, **66**, 313 (1962).
13. Del Seppia C., Luschi P., Ghione S. [et al.] Exposure to a hypogeomagnetic field or to oscillating magnetic fields similarly reduce stress-induced analgesia in C57 male mice, *Life Sci.*, **66**, **14**, 1299 (2000).
14. Temuryants N. A., Chuyan E. N., Kostyuk A. S. [et al.] *The Effects of the Weak Electromagnetic Influences among Invertebrate Animals (The Regeneration of Planarian, The Nociception of Mollusca)*, 303 (Simferopol: DIAPI, 2012).
15. Prato F. S., Robertson J. A., Desjardins D. [et al.] Daily repeated magnetic field shielding induces analgesia in CD-1 mice, *Bioelectromagnetics*, **26**, 109. (2005).
16. European Convention for the Protection of Vertebrates Used for Experiments or for Other Scientific Purposes – Strasbourg, 18 March 1986, Chapter III, Article 6.
17. Tiras Kh. P., Petrova O. N., Myakisheva S. N., Aslanidi K. B. Biological effects of weak magnetic fields: a comparative analysis, *Fundamental research*, **12** (7), 1442 (2014).
18. Temuryants N. A., Kostyuk A. S., Tumanants K. N. The effect of extremely high-frequency electromagnetic radiation of extremely high frequency on the pain sensitivity of *Helix albescens* mollusks, *Millimeter waves in biology and medicine*, **1**, 39 (2010).
19. Prato F. S. Non-thermal extremely low frequency magnetic field effects on opioid related behaviors: Snails to humans, mechanisms to therapy, *Bioelectromagnetics*, **36**, **5**, 333 (2015).
20. Schmidt-Nelsen K. *Physiology of animals: adaptation and environment*, 555 (M.: "World", 1982).
21. 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).
22. Wang P. L., Wang X. S., Xiao R., He R. Q. Tubulin assembly is disordered in a hypogeomagnetic field, *Biochem Biophys Res Commun*, **376**, **2**, 363 (2008).
23. Temuryants N. A., Demtsun N. A. Seasonal differences in the planarian regeneration conditions, electromagnetic shielding multi-day, *Biophysics*, **55**, **4**, 710 (2010).

24. Vishnevsky V. G., Kostyuk A. S., Temuryants N. A., Bugayets E. V., Makarenko I. A. Installation for the study of pain sensitivity of terrestrial mollusks *Helix albescens*, *Uch. zap Taurus nat un-that them. V. I. Vernadsky. Ser. Biology, Chemistry*, **22**, **1**, 3 (2010).
25. Dubrov A. P. *The geomagnetic field and the life*, 175 (L. Gidrometeoizdat, 1974).
26. Asashima M., Shimada K., Pfeiffer C. J. Magnetic shielding induces early developmental abnormalities in the newt, *Cynops pyrrhogaster*, *Bioelectromagnetics*, **12**, **(4)**, 215 (1991).
27. Mo Wei-Chuan, Ying Liu, Rong-Qiao He A biological perspective of the hypomagnetic field: from definition towards mechanism, *Progress in Biochemistry and Biophysics*, **39** **(9)**, 835 (2012).
28. Adey W. R. Frequency and power window in tissue interactions with weak electromagnetic fields, *Proc. IEEE*, **68**, **1**, 119 (1980).
29. 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).
30. Temuryants N. A., Vladimirsky B. M., Tishkin O. G. *ELF electromagnetic signals in the biological world*, 187 pp. (Kiev: Science. Dumka, 1992).
31. Emelyanov I. P. *Waveforms in biorhythmology*, 127 p (Nauka, Novosibirsk, 1976).
32. Martynyuk V. S., Vladimirsky B. M., Temuryants N. A. Biological rhythms and electromagnetic fields of the habitat, *Geophysical processes and biosphere*, **5**, **1**, 5. (2006).
33. Diatroptov M. E. *Morphofunctional parameters of the endocrine and immune system and proliferative activity of the epithelium in the infra-Diane range of biorhythms*, 263 p. (Moscow, 2015).
34. Chirkova E. N., Abramenko M. M., Nechitailo O. A. [et al.] Phase coordination of rhythms of changes in solar activity and monthly biorhythms of changes in the concentration of cholesterol in the blood serum of rabbits, *Bull. experiment biology and medicine*, **3**, 340 (1988).
35. Shabaturova N. N. The mechanism of the origin of biological rhythms infradian, *Advances Fiziol. Sciences*, **20**, **3**, 83 (1989).
36. Rakova N., Jüttner K., Dahlmann A., Schröder A. [et. al.] Long-term space flight simulation reveals infradian rhythmicity in human Na (+) balance, *Cell Metab.*, **8**, **17(1)**, 125 (2013).
37. Kovalchuk A. V., Chernyshev M. K. Multi-day biorhythms of physiological processes and some issues of the relationship of the human body with the dynamics of changes in the environment, *Theoretical and applied aspects of the analysis of the temporal structure of the organization of biorhythms*, 112 (M., 1976).
38. 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).
39. Breus T. K., Cornelissen S. ZH., Bingham S. [et al.] Influence of geomagnetic and solar activity on cardiovascular and other chronoepidemiology, *Chronobiology and chronomedicine and the influence of heliogeophysical factors on the human body*, 146 (M., 1992).
40. Wever R. Einfluss schwacher elektro-magnetischer felder auf die circadiane periodizität des menschen, *Naturwissenschaften*, **55**, 29 (1968).
41. 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).
42. 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).
43. Gorelkin A. G., Trofimov A. V. *Slow oscillatory processes in the geomagnetic shielding, Rhythm problems in natural materials of the second international symposium*, 111. (Moscow, 2004).
44. Chibisov S. M., Ovchinnikova L. K., Breus T. K. Biological rhythms of the heart and "external" stress, 250 (M. RUDN, 1998).
45. Arkhangelskaya E. V. *Dynamics of the higher nervous activity of rats against the background of heliogeophysical fluctuations*, 19. (Simferopol, 1992).
46. Martynyuk V. S. On the issue of synchronizing the action of ELF magnetic fields on biological systems, *Biophysics*, **37**, **4**, 569 (1992).

47. 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).
48. Temuryants N. A., Kostyuk A. S., Yarmolyuk N. S., Tumanyants K. N. Features of the combined action of hypokinetic stress and X-ray radiation on nonspecific resistance of rats, *Uch. zap Taurus nat. un-that them. V.I. Vernadsky. Ser. Biology, Chemistry*, **20, 3**, 107 (2007).
49. Breus T. K., Rapoport S. I. *Magnetic storms – biomedical and geophysical aspects*, 192 (M.: Soviet Sport, 2003).
50. Mitsutake G., Otsuka K., Hayakawa M. [et. al.] Does Schumann resonance affect our blood pressure? *Biomedicine & pharmacotherapy Biomedecine & pharmacotherapie*, **59 (1)**, 10 (2005).
51. Kolesnik A. G., Kolesnik S. A., Pobachenko S. V. *Electromagnetic Ecology*, 334 (Tomsk State. University, Tomsk, 2009).
52. Yarmolyuk N. S. *Bioritmologicheskii podkhod k analizu reaktsiy planariy Dugesia tigrina na deystviye slabogo elektromagnitnogo ekranirovaniya*, 20 (Simferopol', 2011).
53. Martynyuk V. S., Temuryants N. A. Magnetic fields of extremely low frequency as a factor of modulation and synchronization of the infradian rhythmicity in animals, *Geophysical processes and biosphere*, **8, 1**, 36 (2008).