

УДК 591.1 : 57.034 + 57.081

## ВАРИАЦИИ ИНДЕКСОВ КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ И ИНФРАДИАННЫЕ РИТМЫ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ У ЖИВОТНЫХ

*Григорьев П. Е., Мартынюк В. С.*

Временная организация биосистем является столь же важной их характеристикой, как и пространственная. В настоящее время установлено, что временную организацию всех биологических систем следует характеризовать набором различных периодов с продолжительностью от минут до многих лет. Некоторые ритмы – околосуточные, сезонные – достаточно хорошо изучены. Наименее изученным остается инфрадианный диапазон периодов – от нескольких суток до нескольких десятков суток.

В многочисленных экспериментах было показано, что в большинстве случаев биоритмы являются эндогенными (самовозбуждающимися автоколебаниями). Все биологические осцилляторы («биологические часы») устроены так, что их частота (период), амплитуда и фаза все время чуть-чуть «блуждают». Такая особенность устройства биологических часов облегчает их согласование с ритмикой внешней среды.

Организмы, как сейчас установлено, чувствительны к вариациям внешних электромагнитных полей (ЭМП), прежде всего, слабых сверхнизкочастотных ЭМП. Есть основания считать их периодические вариации одним из основных синхронизаторов биологической ритмики [1].

Вариации естественных ЭМП в значительной степени обусловлены явлениями солнечной активности – «космической погодой». Периодические вариации «космической погоды» передаются в ЭМП среды обитания в глобальном масштабе по двум каналам: 1) через изменения коротковолнового солнечного излучения – ионосферу; 2) через вариации скорости, плотности солнечного ветра, вектора межпланетного магнитного поля – магнитосферу. Эти явления характеризуют два основных класса космофизических индексов – числа Вольфа, поток радиоизлучения на длине волны 10 см; и индексы магнитной активности –  $A_p$ ,  $K_p$ , направление межпланетного магнитного поля и т.д. Следует учитывать, что первые относятся ко всему солнечному диску, а вторые – отражают вариации в узкой зональной области, которая все время изменяется из-за гелиоширотных перемещений Земли (плоскость земной орбиты наклонена к плоскости гелиоэкватора на  $7^\circ$ ).

ЭМП среды обитания в области низких – сверхнизких частот содержат весь набор космических периодов. Параметры ЭМП в среде обитания измеряются на большом числе обсерваторий и обычно не публикуются. Данные о глобальных изменениях в ЭМП и характеризующие их индексы магнитной и солнечной активности, доступны за многие десятилетия. Так, если в космофизических

индексах имеются устойчивые периоды, то эти периоды обязательно есть и в параметрах ЭМП (интенсивности, спектральном составе, поляризации). Такие периоды давно известны, некоторые из них обстоятельно изучены [2].

Цель настоящей работы: исследование связи спектров вариаций естественных ЭМП и инфранианной ритмики физиологических показателей крыс.

Задачи настоящего исследования:

1. Выявление интегральных спектров основных глобальных индексов солнечной и геомагнитной активности и различных физиологических показателей в инфранианной диапозоне периодов.

2. Анализ и сопоставление вышеозначенных спектров в различных во времени однотипных экспериментах на предмет выявления устойчивой связи между двумя категориями данных – физиологических и гелиогеомагнитных.

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Материалами послужили данные 3-х различных экспериментов, проведенных на кафедре физиологии Таврического национального университета им. В. И. Вернадского в 1990, 1993 и 2001 гг.

Конституциональные особенности животных оценивали в тесте «открытого поля». Для этого крыс по очереди помещали на середину специальной площадки и в течение 5-х минут регистрировали различные показатели поведения, в том числе горизонтальную двигательную активность и вертикальную двигательную активность. В результате тестирования по уровню двигательной активности отбирали только животных со средней (СДА) двигательной активностью. Указанные поведенческие особенности животных является интегральным признаком, характеризующим основные конституциональные особенности организма [3]. Согласно литературным данным [4, 5], животные со средним уровнем двигательной активности преобладают в популяции. Поэтому можно утверждать, что у них развивается типичная реакция на действие различных факторов, в том числе, и на воздействие ПемП [6, 7].

В эксперименте 1993 г. у интактных крыс со средней двигательной активностью в течение 36-дневного эксперимента измеряли 11 физиологических показателей (вертикальная и горизонтальная двигательная активность, дефекация, сукцинатдегидрогеназа в нейтрофилах,  $\alpha$ -глицерофосфатдегидрогеназа, сукцинатдегидрогеназа в лимфоцитах и их отношение, нейтрофильные пероксидаза, катионные белки и их отношение, кислая фосфатаза).

В эксперименте 1990 г. в течение 40-дневного эксперимента у интактных крыс со средней двигательной активностью в открытом поле ежедневно в одно и то же время измеряли физиологические параметры – всего 16 показателей (вертикальная и горизонтальная двигательная активность, дефекация, масса, температура тела, Ph, объем мочи, количество лимфоцитов, нейтрофилов и их отношение, моноцитов, эозинофилов, пероксидаза в нейтрофилах, сукцинатдегидрогеназа,  $\alpha$ -глицерофосфатдегидрогеназа в нейтрофилах и их отношение).

В эксперименте 2001 г. в течение 46-дневного эксперимента у интактных крыс со средней двигательной активностью в открытом поле ежедневно в одно и то же

время измерялись параметры крови и поведения – всего 15 показателей (вертикальная и горизонтальная двигательная активность, дефекация,  $\alpha$ -глицерофосфатдегидрогеназа и сукцинатдегидрогеназа в лимфоцитах, нейтрофилах и их отношения, нейтрофильные пероксидаза, катионные белки и их отношение, кислая фосфатаза, протеаза и их отношение).

Для исследования структуры ритмов и вариаций физиологических и космофизических показателей использовали косинор-анализ. Компьютерная программа была разработана сотрудниками Крымского научного центра НАН Украины и МОН Украины В.С. Мартынюком и Н.Н. Зуевым. Применение косинор-анализа дает возможность выявлять периодические составляющие в числовых рядах даже небольшой длительности, а также получать амплитуду и фазу колебания любого из периодов, составляющих ритмику данного показателя.

Для каждого из показателей индивидуально для каждого животного строили периодограммы (спектры) с помощью косинор-анализа в пределах от 2.2 до 30 сут. с шагом (точностью) 0.2 сут. Алгоритмически выделялись периоды, которые являются локальными максимумами в каждой из периодограмм. Значения этих периодов заносились в таблицу. Затем на основании списка всех вычлененных периодов для животных из данной группы получали гистограмму, которая характеризовала частоту встречаемости каждого из периодов от 2.2 до 30 суток с шагом 0.2 сут., после чего выделяли периоды (локальные максимумы на гистограмме), вносящие основной вклад в ритмику животных из соответствующей группы.

Аналогично были найдены периоды, вносящие основной вклад в периодические вариации естественных ЭМП. Были использованы ряды следующих космофизических индексов (данные ИЗМИРАН):

- Ар и аа индексы геомагнитной активности;
- относительное количество солнечных пятен (числа Вольфа W) и поток солнечного радиоизлучения на длине волны 10.7 см;
- знак радиальной компоненты межпланетного магнитного поля (ММП).

В настоящей работе использовали временные ряды данных о вариациях параметров внешней среды как за время эксперимента, так и в течение полугода перед экспериментом плюс время эксперимента. Возраст лабораторных животных к началу эксперимента не превышал 6 месяцев. Это позволило учитывать влияние космофизической ритмики не только во время эксперимента, но и в течение всей жизни животных, адаптирующихся к периодической организации внешней среды.

При анализе данных, полученных с помощью косинор-анализа, подсчитывали:

– случаи точного совпадения физиологических и космофизических периодов и вероятности их случайного совпадения для того, чтобы установить, закономерной ли является связь между организменной и космофизической ритмикой (для каждой группы);

– случаи приблизительного совпадения ритмов (расхождение по длительности менее 5% для периодов от 2.2 до 9 суток и менее 2.5% для периодов от 9 до 30 суток) в физиологических показателях и космофизике.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В таблице 1 представлен массив основных периодов, определяющих интегральную ритмику животных и периодические вариации космофизических индексов для различных экспериментов. В таблице выделены совпадающие или очень близкие периоды, имеющие место в физиологической ритмике животных и одновременно в вариациях параметров внешней среды. Как видно, значительная доля периодов, характерных для космо-геофизических процессов, выявляется в физиологических процессах у животных.

В таблице 2 показаны вероятности случайного совпадения одинаковых периодов интегральной ритмики физиологических процессов у крыс с соответствующими космофизическими периодами. Вероятность того, что в интегральной ритмике присутствует данный период, равна отношению количества выявленных периодических составляющих к числу всех возможных периодов – в пределах от 2.2 до 30 сут. с шагом 0.2 сут. их всего 140. Вероятность того, что в интегральной ритмике крыс есть определенный период, например, 13 сут., равна отношению количества выявленных периодов к количеству всех возможных периодов:  $P_1=30/140=0.21$ . Одновременно с этим вероятность того, что в космофизической ритмике за период эксперимента есть тот же период, равна  $P_2=11/140=0.07$ . Вероятность же того, что данный период есть в одном и другом спектре одновременно, равна произведению  $P_1$  и  $P_2$ :  $0.21*0.07=0.0147=1.47\%$ . Это меньше общепринятой в биологии величины 5%. В случае же большего количества совпадающих периодов вероятность их случайного совпадения еще меньше и имеют величины порядка  $10^{-4}$ - $10^{-12}$  (см. табл. 2).

В каждом из случаев сопоставления в табл. 1, в показателях животных точно совпадают от 1 до 5 периодов с периодами космофизической ритмики, в каждом из случаев вероятность совпадения значительно меньше 0,05 (см. табл. 2). Это свидетельствует о функциональной связи организма с космофизической ритмикой.

Видно, что количество совпадающих или близких периодов, может быть больше при сопоставлении с ритмикой среды за срок от полугода до начала экспериментов (7.2-7.5 месяцев для разных экспериментов), чем за срок собственно экспериментов. Очевидно, во время эксперимента в среде могло не быть определенных периодических составляющих в гео-гелиофизических вариациях, которые, тем не менее, присутствовали в вариациях естественных ЭМП на различных этапах онтогенеза животных, и могли запечатлеться в ритмике организма.

**ВАРИАЦИЙ ИНДЕКСОВ КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ И ИНФРАДИАННЫЕ РИТМЫ  
ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ У ЖИВОТНЫХ**

**Таблица 1. Основные периоды в интегральной ритмике физиологических показателей крыс с разными конституциональными особенностями и основных космофизических индексов в диапазоне от 2.2 до 30 суток**

Эксперимент 1993 г.			Эксперимент 1990 г.			Эксперимент 2001 г.		
СДА <sup>1</sup> – периоды (сутки)	Космо-физ. 7,2 мес. <sup>2</sup>	Космо-физ. exper. <sup>3</sup>	СДА – периоды (сутки)	Космо-физ. 7,3 мес. <sup>4</sup>	Космо-физ. exper.	СДА – периоды (сутки)	Космо-физ. 7,5 мес. <sup>5</sup>	Космо-физ. exper.
2,4								
	2,8		3	3	2,8	2,6	2,8	3
3,4; 3,8		3,6			3,6	3,6		
			4,4				4,2	4,6
4,8		4,6			4,8			
5,6	5,6		5,4	5,4	5,8	5,6		
7,2	7,2	6,6	6,8	7	6,8	6,8	7	6,8
8	8				8,2			
8,6	8,8	8,8	8,6	8,6		8,6		8,4
9,2								
10	9,8		10	9,6	10	10	10	9,6
11	11,4	11,2	10,6	11,4		10,8	10,6	10,8
				12,2		11,6		
12,2								12,2
13	13	13						
	13,8		14	14,4	14	14,2	14,6	14,8
15								
15,6	15,6	16	15,4	15,6		15,8		
	16,6		16,4	16,8			16,4	
17		17,6	17,4					
18				18			18,2	18
18,6	18,4		18,6		18,8			
19,6	19,2		19,6	19,4		19,4		
20,4	20,6		20,4		20			
21,2						21		
21,8				22,2			21,6	
	23,2			23		22,6	23,4	23
23,6		23,8	23,8					
						24,8		24,4
25	25							
25,6; 26,6			26,2		26,2	25,6	25,4	
27			27		27			
28; 29	27,8		28,2	27,6	28	28,4		
30	29,6	29,8	29,6	29,6				

**Примечания:**

<sup>1</sup> СДА – средняя двигательная активность животных в «открытом поле».

<sup>2</sup> Космофизическая ритмика за полугодичный интервал до начала эксперимента плюс его срок (36 сут.).

<sup>3</sup> Космофизическая ритмика за срок данного эксперимента.

<sup>4</sup> Космофизическая ритмика за полугодичный интервал до начала эксперимента плюс его срок (40 сут.).

<sup>5</sup> Космофизическая ритмика за полугодичный интервал до начала эксперимента плюс его срок (46 сут.).

**Таблица 2. Вероятности случайного совпадения периодов из ритмики крыс с периодами из космофизики.**

космофиз. ритмика	Группа животных	СДА, 1993 г.	СДА, 1990 г.	СДА, 2001 г.
В теч. от полугода до нач. экспериментов плюс время экспериментов.		$P=1.1 \cdot 10^{-9}$	$P=2 \cdot 10^{-11}$	$P=0.007$
За время эксперимента		$P=0.01$	$1.4 \cdot 10^{-9}$	$P=3.1 \cdot 10^{-5}$

Среди массива выявленных периодов можно выделить наиболее часто встречаемые. Так, во всех экспериментах в физиологических показателях крыс и ритмике среды есть околонедельные вариации (5.4-8.0 сут.), околodeвятисуточные вариации (8.4-10.9 сут.), околodвухнедельные вариации (13-14.8 сут.), околобартельсовские<sup>1</sup> вариации (24.4-28.2 сут.). Как указывалось, эти периоды почти всегда присутствуют в космофизической ритмике, и, по-видимому, их наличие в показателях крыс в различных экспериментах говорит об устойчивой и глубокой связи организма с естественными ЭМП.

Анализ данных показывает, что от эксперимента к эксперименту изменяются значения совпадающих ритмов, исчезают одни и появляются другие, при этом общая закономерность совпадения периодов сохраняется. Это свидетельствует о пластичности временной организации физиологических систем и ее эффективной подстройке (синхронизации) к изменяющимся спектральным параметрам естественных ЭМП.

Следует отдельно отметить, что наблюдаемая "неустойчивость" временной организации космо-геофизических процессов вносит определенный вклад в проблему так называемой невоспроизводимости результатов в гелиобиологических экспериментах. Как видно, спектр периодов вариаций космо-геофизических факторов меняется во времени, и в соответствии с этим изменяется временная организация биологических процессов.

### **ВЫВОДЫ:**

1. Во временной организации физиологических процессов в инфранианном диапазоне всегда присутствуют периоды, неслучайно совпадающие с периодами из вариаций естественных ЭМП, контролируемых космической погодой.

2. Наиболее часто встречаемые периоды в интегральной ритмике физиологических и космофизических данных около 6,8-7,2 сут.; 8,4-10,0 сут.; 13-16 сут.; 24,4-28,2 сут.

<sup>1</sup> На экваторе Солнце совершает один оборот за 25 земных суток, на 30-м градусе северной или южной широты – уже за 26,5 суток, на широте 40 градусов – более чем за 27 суток, а в полярных областях один оборот Солнца вокруг своей оси продолжается 30 суток. Бартельсовский оборот равен 27 суткам.

3. Спектр вариаций космофизических индексов в инфрадианном диапазоне меняется во времени – изменяются величины основных периодов. Интегральная ритмика организма изменяется в соответствии с изменением вариаций индексов космической погоды, что свидетельствует о подстройке временной организации физиологических процессов к внешним периодически меняющимся факторам внешней среды, связанных с естественными ЭМП.

### Список литературы

1. Темурьянц Н.А., Владимирский Б.М., Тишкин О.Г. Сверхнизкочастотные магнитные сигналы в биологическом мире. – Киев: Наукова думка, 1992. – 188 с.
2. Владимирский Б.М., Темурьянц Н.А., Нарманский В.Я. Глобальная ритмика солнечной системы в земной среде обитания // Биофизика. – 1995. – Т. 40, № 4. – С. 749-754.
3. Маркель А.Л. К оценке основных характеристик поведения крыс в тесте «открытого поля»// Журн. высш. нервн. деятельности. – 1981. – 31. – №2. – С.301-307.
4. Кулагин Д.А., Болондинский В.К. Нейрохимические аспекты эмоциональной реактивности и двигательной активности крыс в новой обстановке// Успехи физиол. наук. – 1986. – 17. – №1. – С.92-108.
5. Сантана Вега Л. Роль индивидуальных особенностей двигательной активности в развитии гипокинетического стресса у крыс: Автореф. дис....канд. биол. наук. – Симферополь. – 1991. – 21 с.
6. Чуян Е.Н. Влияние миллиметровых волн нетепловой интенсификации на развитие гипокинетического стресса у крыс с различными индивидуальными особенностями: Автореф. дис. ...канд. биол. наук. – 1992. – С.25.
7. Грабовская Е.Ю. Реакция крыс с различными индивидуальными особенностями двигательной активности на действие слабого ПемП СНЧ : Автореф. дис. ...канд. биол. наук. – 1992. – С.23.

*Поступила в редакцию 09.10.2003 г.*