

УДК 577.3

ВНУТРИСУТОЧНЫЕ ГЕО- И ГЕЛИОФИЗИЧЕСКИ ЗНАЧИМЫЕ ПЕРИОДЫ В ИНТЕГРАЛЬНОМ РИТМЕ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ЖИВОТНЫХ

© 1998 г. В.С. Мартынюк

Симферопольский государственный университет, 333036, Симферополь, Ялтинская ул., 4, Украина

Поступила в редакцию 12.03.97 г.

Изучена тонкая структура ритма двигательной активности белых крыс в ультрадианном диапазоне, а также проведена оценка устойчивости периодических составляющих и их сопоставление с известными периодами магнитного АЕ-индекса. Установлено, что в ультрадианном диапазоне ритмов двигательной активности животных всегда присутствует набор гео- и гелиофизически значимых гармоник, которые имеют различную устойчивость. Наиболее вероятные периоды в большинстве случаев являются гармониками суток, что следует рассматривать как проявление оптимальной стратегии организма при одновременном использовании нескольких "датчиков времени" разной природы, периоды которых могут существенно различаться.

Ключевые слова: гео- и гелиофизически значимые периоды, двигательная активность, АЕ-индекс.

Согласно современным представлениям большинство биологических ритмов имеют эндогенную природу и отражают особенности регуляции функциональной активности клеток, органов и организма в целом. Взаимодействие живого организма с разнообразными периодическими факторами внешней среды обеспечивает соответствующую настройку биоритмов. Экспериментально установлено, что из всего многообразия экологически значимых периодических факторов реальными "датчиками времени" биоритмов могут быть фотопериодика, вариации температуры и электромагнитного поля (ЭМП). Наиболее изученными являются суточные (циркадианные) ритмы, для которых надежным "датчиком времени" является суточный фотопериодизм. Вопрос о "датчиках времени" для внутрисуточных (ультрадианных) и многосуточных (инфрадианных) ритмов остается открытым. Исследователи сходятся во мнении, что реальными синхронизирующими факторами могут быть вариации естественных электромагнитных полей и других факторов в соответствующем диапазоне периодов. Причиной таких вариаций является сложная динамика взаимодействий в системе Земля-Солнце [1,2].

Сокращения: ЭМП - электромагнитное поле.

В настоящее время из-за методических трудностей отсутствуют строгие экспериментальные доказательства синхронизации биоритмов геомагнитными периодами. Один из подходов к решению данной проблемы заключается в поиске периодичностей в живых системах и их сопоставлении с известными гео-, гелио- и космофизическими периодами. Наиболее полное сопоставление многосуточных и околосуточных биоритмов с периодами солнечной активности и магнитных индексов проведено в работе [2]. Для ультрадианного диапазона подобный анализ затруднен вследствие недостаточности биоритмологических данных.

В связи с этим были проведены исследования, цель которых - выявление гео- и гелиофизически значимых периодов ультрадианного диапазона в ритме двигательной активности лабораторных животных. Ритм двигательной активности является одним из интегральных ритмов животных, в основе которого лежит цикличность процессов возбуждения и торможения в ЦНС, которая в свою очередь модулируется ритмической деятельностью эндокринной системы и периферических органов. Изучена тонкая структура ритма двигательной активности в ультрадианном диапазоне, а также проведена оценка устойчивости периодических составляющих и их сопоставление с известными периодами магнитного АЕ-индекса.

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили на годовалых белых беспородных крысах-самцах, содержащихся в условиях лаборатории при естественной освещенности и комнатной температуре.

Ритм двигательной активности животных регистрировали в течение суток с помощью установки, состоявшей из специальной клетки с датчиком движений, встроенным в подвижный пол, и регистрирующего устройства (самописца). Ритмограмму получали, подсчитывая количество движений животных за пятиминутный интервал. Это позволило детально охарактеризовать цирка- и ультрадианную организацию ритма животных и сравнить полученные результаты с данными других авторов [3-5].

Для исследования временных рядов был использован спектрально-временной анализ. Спектр строился для некоторого участка изучаемого ряда (окна), который последовательно перемещался вдоль ряда на установленный временной интервал. Полученный таким образом набор спектров позволил, с одной стороны, надежно выявить ультрадианные периоды и оценить вероятность их обнаружения, а, с другой, - оценить их амплитудную вариабельность. Спектрально-временной анализ проведен на 54 ритмограммах, зарегистрированных от 14 животных в период с марта по июль 1994 г.

Сопоставление ультрадианных ритмов с гео- и гелиофизическими периодами проводили в диапазоне 30-300 мин. В этом диапазоне достаточно подробно изучены колебания *AE*-индекса, оптические и радионаблюдения Солнца, а также сейсмические колебания Земли [1,2,6].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Методом спектрально-временного анализа установлено, что ритм двигательной активности имеет сложную структуру. Суммарный набор ультрадианных периодов в интегральном ритме двигательной активности не образует сплошного заполнения величин периодов. Неоднократное сопоставление спектров индивидуальных ритмов двигательной активности животных показало, что амплитудные пики отдельных ультрадианных периодов группируются в достаточно узких ($\pm 0,1 \div 0,7\%$ T) интервалах. Это позволило рассматривать такие интервалы, как выборки значений реальных пе-

риодов T с соответствующими статистическими характеристиками.

Детальный анализ структуры спектров ритма двигательной активности свидетельствует о неслучайном наборе ультрадианных периодов. В исследуемом массиве временных рядов в диапазоне 30-300 мин выявлено 73 периода. Из них около 80% с точностью до 1% совпадают с известными периодами вариаций *AE*-индекса и около 50%, гармоник из их числа встречаются в спектрах с вероятностью, превышающей 0,30.

Следует отметить еще одну важную особенность изучаемого ритма. Форма интегрального ритма (рис. 1), конечный набор периодов и их амплитуда (рис.2) индивидуальны для каждого животного и нестабильны во времени. Указанная нестабильность обусловлена появлением и/или исчезновением отдельных периодов вследствие "перекачки" мощности отдельных ультрадианных колебаний в область больших и/или меньших периодов (рис.3). Эти особенности ритма определяют его шумоподобный характер. Кроме того, структура спектров и соотношение периодов позволяют предполагать наличие имплицитной и частотной модуляции отдельных гармоник в ритме двигательной активности. Следует отметить, что подобная ситуация является типичной для гео- и гелиофизических данных.

Наиболее вероятные периоды представлены в табл. 1. Как видно, большинство устойчивых периодов, с одной стороны, с высокой степенью точности совпадают с периодами *AE*-индекса, а с другой - являются гармониками земных суток. В то же время, менее вероятные периоды только в отдельных случаях являются гармониками земных суток (табл. 2). Такая стратегия формирования временной организации, вероятно, является наиболее оптимальной при одновременном использовании нескольких "датчиков времени" разной природы (фотопериодики и электромагнитные вариации) и свидетельствует о глобальной синхронизации биологических процессов периодическими вариациями окружающей среды. Следует отметить, что вследствие глобальной синхронизации в Солнечной системе многие из солнечных периодов оказываются весьма близкими или совпадают с периодами не только магнитных индексов, но и атмосферных процессов и сейсмических колебаний Земли [6]. Поэтому нельзя полностью исключать участие данных факторов в формировании структуры биоритмов.

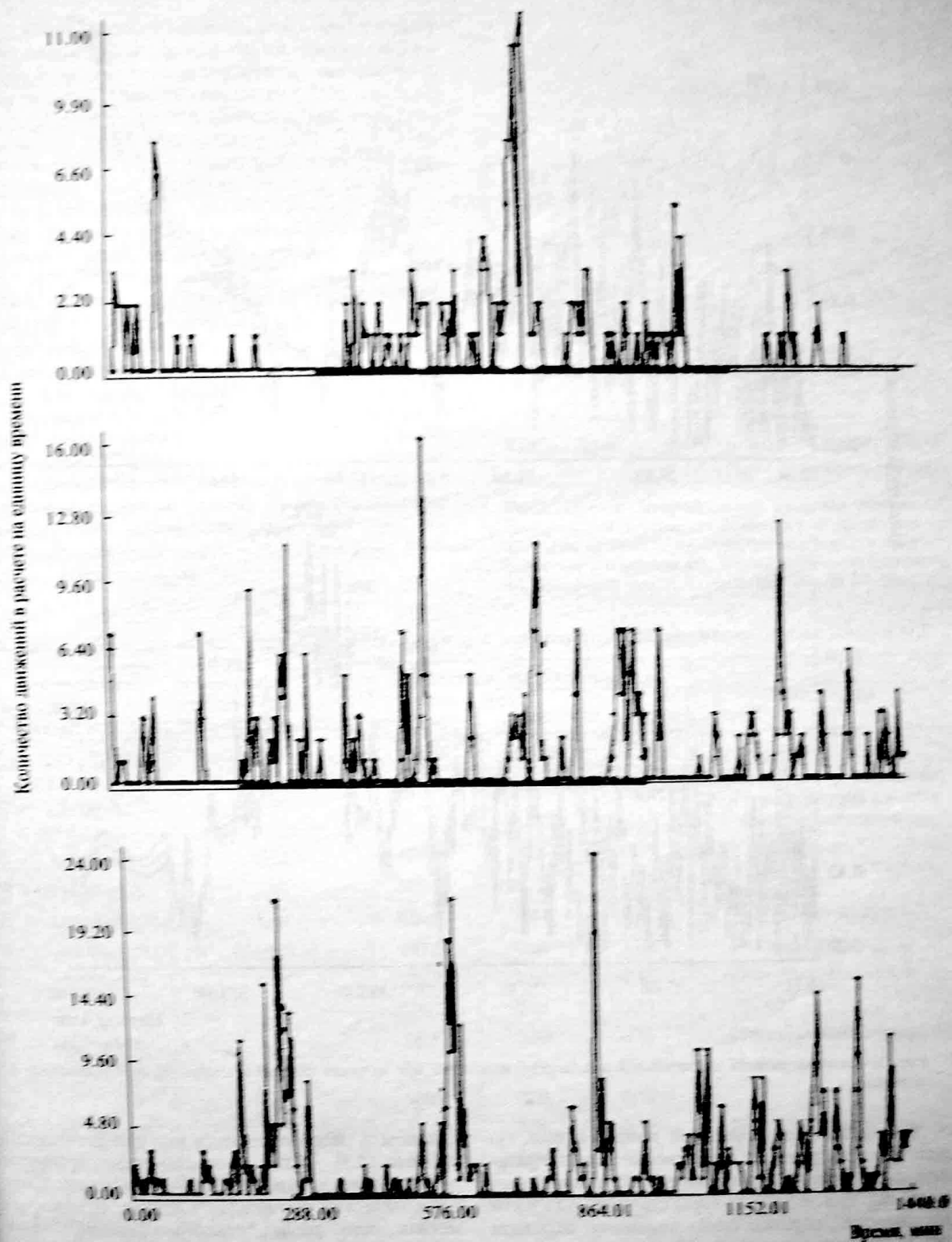


Рис. 1. Ритмограммы двигательной активности разных животных (темное время суток отмечено полосой).

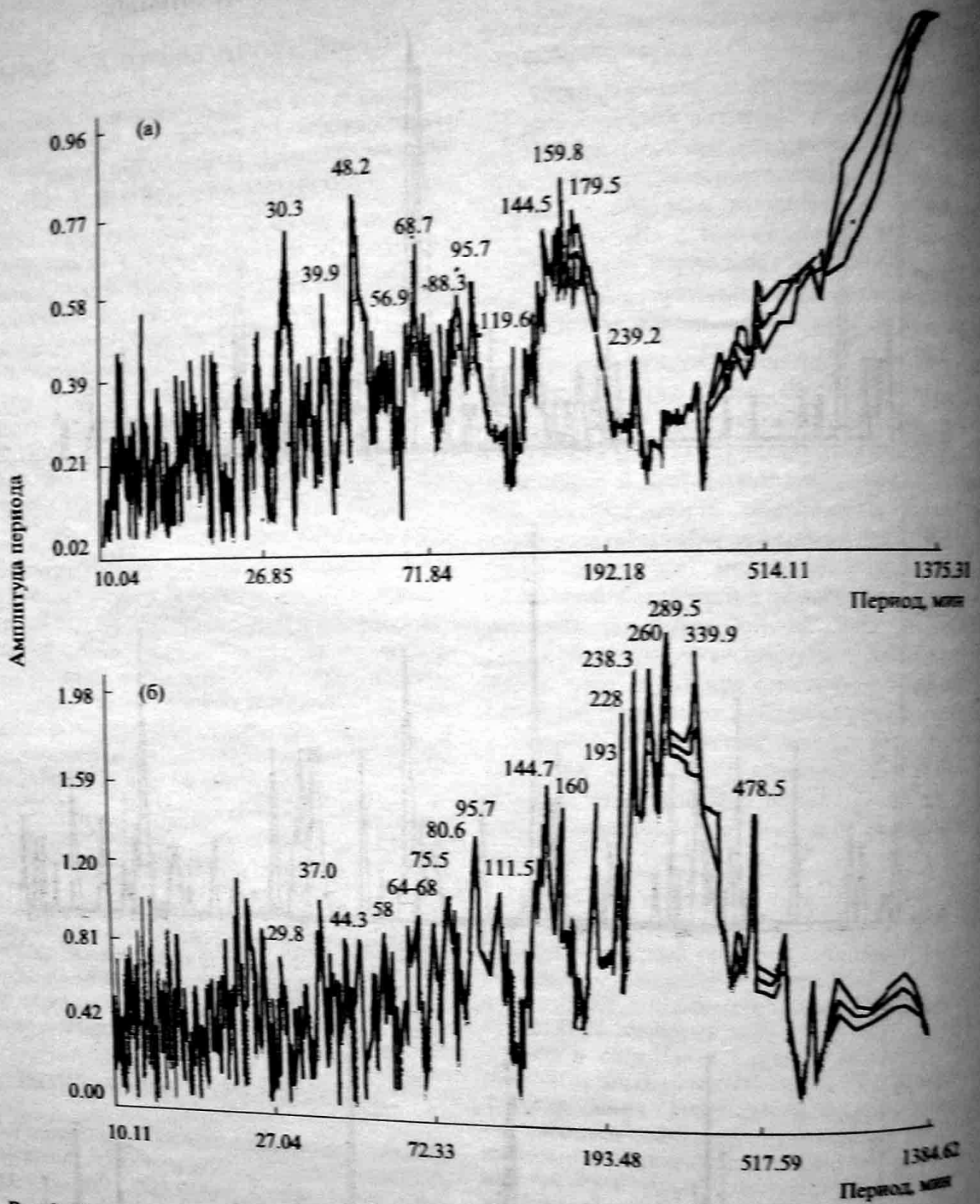


Рис. 2. Спектры ритмов двигательной активности животных при наличии (а) и отсутствии (б) околосуточного периода.

Возникает закономерный вопрос о том, существуют ли реально выявляемые в интегральном ритме двигательной активности животных периоды. Некоторые авторы считают, что ритм активности, отражающий динамику перехода организма из состояния покоя в активное состояние и обратно, определяется случайным

законом и рассматривается как стохастический процесс [4,5]. Такие стохастические процессы даже рекомендовано не включать в определение биологических ритмов [5]. Следует, однако, заметить, что ритм "покой-активность" (сон-бодрствование) это интегральный ритм, который, несомненно, является следствием сложного

вания многих более элементарных внутрисуточных циклических процессов на уровне нейрофизиологических, эндокринных, метаболических и других систем организма, для которых периодичность хорошо известна. Так, известны близкие к представленным в табл. 1 и 2 периодам ритмы чередования возбуждения и торможения в ЦНС и ритмы синтеза белка (60, 80, 96 мин) [4,7,8], ритмы показателей системы крови (160 мин) [9], перекисного окисления липидов и тиол-дисульфидного обмена (240 мин) [10], набор ритмов эндокринной системы [11], ритмы роста и деления клеток (120, 144, 160 мин) [12]. Следует отметить, что подобная сложная внутрисуточная структура ритма двигательной активности характерна не только для крыс, но и для других животных [3,5]. При этом многие выявленные в работе [5] ультрадианные ритмы также являются гео- и гелиофизически значимыми. Случайность такого множественного совпадения маловероятна. Перечисленные факты позволяют по-новому взглянуть на ритм двигательной активности животных как на сложноорганизованный и упорядоченный процесс во времени.

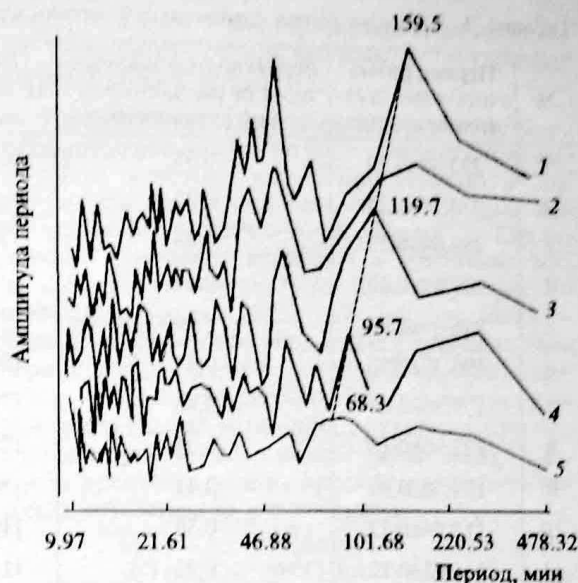


Рис.3. Пример внутрисуточной динамики спектра двигательной активности животных (эксперимент 05—06.04.1994). 1—5 — спектры получены в окне размером 1/3 сут при его последовательном сдвиге по временной шкале на величину около 1/7 сут.

Таблица 1. Периоды ритма двигательной активности с вероятностью обнаружения, превышающей 0,6

№	Период ритма двигательной активности, мин	Вероятность обнаружения в ритме двигательной активности	Период АЕ-индекса, мин	Распогласование		Примечания
				мин	%	
1	289,38±0,08	0,72	287,20	2,18	0,75	5-я гармоника суток
2	239,59±0,25	0,91	—	—	—	6-я гармоника суток, период 239,4 мин обнаружен в оптических измерениях
3	192,96±0,07	0,68	192,10	0,86	0,45	—
4	169,89±0,25	0,64	170,60	0,71	0,42	—
5	160,05±0,07	1,00	160,01	0,04	0,02	9-я гармоника суток
6	145,15±0,27	0,95	143,60	1,55	1,08	10-я гармоника суток
7	119,89±0,19	0,86	120,40	0,51	0,42	12-я гармоника суток
8	95,97±0,08	1,00	119,20	0,69	0,59	15-я гармоника суток
9	80,68±0,16	0,82	96,37	0,43	0,45	18-я гармоника суток
10	68,48±0,15	0,77	80,60	0,08	0,10	21-я гармоника суток
			68,00	0,62	0,91	
11	64,92±0,15	0,64	65,40	0,48	0,73	22-я гармоника суток
12	60,09±0,10	0,68	59,50	0,59	0,99	24-я гармоника суток
13	53,41±0,08	0,68	53,40	0,01	0,01	27-я гармоника суток
14	32,25±0,08	0,72	—	—	—	—

Таблица 2. Периоды ритма двигательной активности с вероятностью обнаружения 0,3–0,6

№	Период ритма двигательной активности, мин	Вероятность обнаружения в ритме двигательной активности	Период АЕ – индекса, мин	Рассогласование		Примечания
				мин	%	
1	293,48±0,52	0,36	297,70	4,22	1,42	–
2	273,70±1,25	0,33	–	–	–	–
3	259,64±0,53	0,58	256,80	2,84	1,11	–
4	229,69±0,16	0,41	–	–	–	–
5	226,45±0,10	0,50	–	–	–	–
6	195,32±0,20	0,31	196,00	0,78	0,40	–
7	179,35±0,07	0,38	179,90	0,55	0,30	–
8	175,99±0,15	0,31	175,50	0,49	0,28	8-я гармоника суток
9	129,90±0,09	0,41	130,10	0,20	0,15	11-я гармоника суток
10	115,54±0,12	0,36	115,60	0,06	0,05	–
11	111,68±0,12	0,32	111,50	0,18	0,16	–
12	85,29±0,15	0,40	85,60	0,31	0,36	–
13	82,29±0,12	0,36	82,70	0,18	0,22	–
14	75,35±0,17	0,40	75,40	0,05	0,07	–
15	72,42±0,13	0,54	72,70	0,28	0,38	20-я гармоника суток
16	56,36±0,23	0,41	72,50	0,08	0,11	–
17	41,31±0,12	0,41	56,50	0,14	0,25	–
18	39,89±0,13	0,36	41,00	0,31	0,75	–
19	36,88±0,10	0,32	39,40	0,49	1,24	36-я гармоника суток
20	34,42±0,12	0,54	–	–	–	39-я гармоника суток
21	30,00±0,08	0,55	34,00	0,42	1,23	–
			30,00	0,00	0,00	48-я гармоника суток

Амплитуда периода 159,5 мин

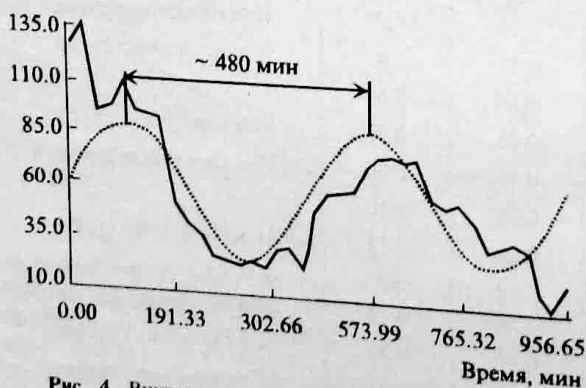


Рис. 4. Внутрисуточная вариация амплитуды периода 159,5 мин (эксперимент 05–06.04.1994).

Следует отдельно рассмотреть проблему нестационарности спектра изучаемого ритма. Это свойство ритма определяет его “шумоподобный” характер. Детальное рассмотрение данного явления показало, что изменение структуры спектра во времени может протекать также упорядоченно и соразмерно с известными гео- и гелиофизическими циклами (рис. 3 и 4). Природа и биологический смысл такой динамичности временной организации живых систем пока еще мало понятны и требуют всестороннего изучения. В отношении данного явления можно сделать лишь несколько предположений.

Во-первых, живые организмы являются широкополосными резонансными системами с присущей им динамичностью, находящиеся в состоянии неполного резонанса с периодическими факторами окружающей среды.

Во-вторых, в основе таких известных в биологическом мире явлений, как синхронизация, десинхронизация и ресинхронизация, лежит принцип "перекачки" мощности колебаний с одних периодов на другие. Если это действительно так, то даже при значительных перестройках временной организации биологических процессов не происходит полного рассогласования биоритмов с ритмами окружающей среды, что обеспечивает дополнительную устойчивость функционирования живой системы в переходный период (период де- и ресинхронизации). Адаптивная значимость такой динамичности временной организации живых систем не должна вызывать сомнений.

В-третьих, весьма вероятно, что скорость хода "биологических часов" в тот или иной момент времени определяется набором доминирующих в интегральных ритмах периодов. Видимо, преобладание в организме высокочастотных (т.е. ширка- и ультрадианных) составляющих обуславливает его быстро и эффективно адаптировать к внешним факторам, а что касается человека, определяет субъективное ощущение "растянутости" времени.

Косвенным доказательством правоты вышеизложенных предположений может служить тот факт, что в данной серии экспериментов в период неустойчивой погоды и прохождения атмосферных фронтов амплитуда суточной составляющей сильно уменьшалась, вплоть до ее полного исчезновения. При этом резко возрастала амплитуда в диапазоне периодов 180–360 мин. Атмосферные процессы, как известно, сопровождаются сложным комплексом явлений, каждое из которых может оказывать влияние на параметры временной организации биологических процессов. Однако в условиях лаборатории наибольшее значение, видимо, имеют изменения атмосферного давления и мощности акустических шумов [1,13], а также вариации ЭМП [1]. В этой связи уместно заметить, что усилением акустических шумов в низком диапазоне частот, изменениями метеорологической обстановки и естественного фона ЭМП в широком диапазоне частот сопровождается заключительный этап подготовки землетрясений [1,14]. Поэтому весьма вероятно, что сдвиги временной организации физиологических и метаболических процессов, вызванные изменениями геофизической обстановки, являются необходимым начальным звеном в предчувствии

землетрясений и атмосферных изменений, а также в развитии общеизвестных метеотропных реакций живых организмов.

Подводя итог, следует отметить, что в ультрадианном диапазоне ритмов двигательной активности животных всегда присутствует набор гео- и гелиофизически значимых периодов, которые имеют различную устойчивость. Согласование указанных периодов в организме животных обуславливает сложную "шумоподобную" структуру ритма двигательной активности животных. Наиболее вероятные ультрадианные периоды, как правило, являются гармониками суток, что следует рассматривать как проявление оптимальной стратегии организма при одновременном использовании нескольких "датчиков времени" разной природы, периоды которых существенно различаются.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Текурьянц Н.А., Владимирский Б.М., Тихвин О.П.* Сверхвысокочастотные электромагнитные сигналы в биологическом мире. Киев: Наук. думка, 1992. 188 с.
2. *Владимирский Б.М., Нарманский В.Я., Текурьянц Н.А.* Космические ритмы. Симферополь, 1994. 176 с.
3. *Дан С., Ашбф Ю.* // Биологические ритмы. М.: Мир, 1984. Т. 2. С.180–188.
4. *Узбе У., Дьоб М.* // Биологические ритмы. М.: Мир, 1984. Т. 2. С.189–218.
5. *Путалин А.А.* Системообразующая функция синхронизации в живой природе. Новосибирск: Наука, 1987. 144 с.
6. *Бобова В.П., Владимирский Б.М., Зейцева С.А., Сагина Н.Г. и др.* // Кинематика и физика небесных тел. 1991. Т. 7, № 1. С.34–42.
7. *Бродский В.Я., Нечаева Н.В.* Ритм синтеза белка. М.: Наука, 1988. 239 с.
8. *Богословский М.М.* // Циклические процессы в природе и обществе. Ставрополь: Изд-во Ставропольского ун-та, 1994. Вып.1. С.92–104.
9. *Березин А.А., Маврина С.А.* //Тез. докл. 3-го Всесоюз. симп. "Физиологические и клинические проблемы адаптации к гипоксии, гиподинамии и гипертермии" 25–27 ноября 1981. М., 1981. С.31–32.
10. *Мартынюк В.С.* // Биофизика. 1992. Т.37, вып.4. С.669–673.
11. *Дедов И.И., Дедов В.И.* Биоритмы гормонов. М.: Медицина, 1992. 256 с.
12. *Кузнецов А.Е.* // Биофизика. 1992. Т. 37, вып.4. С.772–784.
13. *Чернышский В.И.* // Современные проблемы изучения и сохранения биосферы. Проблемы восстановления и сохранения систем биосферы. С.-Пб.: Гидрометеоиздат, 1992. Т.3. С.292–297.
14. *Сидорин А.Я.* Предвестники землетрясений. М.: Наука, 1992. 192 с.