

## БИОЛОГИЧЕСКИЕ РИТМЫ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ

*В.С. Мартынюк, Б.М. Владимирский, Н.А.Темурьянц*

Крымский научный центр НАН Украины и МОН Украины,  
Крымская астрофизическая обсерватория,  
Таврический национальный университет им. В.И.Вернадского.

**Абстракт:** *Открытие важной экологической роли низкочастотных электромагнитных полей имеет важное значение для биоритмологии. Имеются серьезные аргументы, указывающие на то, что периодические вариации естественных низкочастотных полей могут быть датчиками времени для биологических ритмов в широком диапазоне частот. Паттерны соответствующих периодов в биологических системах и геофизических переменных совпадают. Суммированы имеющиеся литературные данные о совпадении внутрисуточной, околонеделной, и околomesячной периодики биологических показателей и индексов геомагнитной активности. Из рассмотрения соответствующей литературы следует, что глобальные крупномасштабные электромагнитные возмущения приводят к изменению временной организации биологических систем. Надежно установлено, что искусственные поля в условиях лаборатории влияют на временную организацию биологических систем в широком диапазоне частот и напряженностей.*

**Ключевые слова:** *биологические ритмы, электромагнитные поля.*

**Abstract:** *Finding of the important ecological role of low-frequency electromagnetic fields is important for biorhythmology. There are serious arguments specifying that periodic variations of natural low-frequency fields can be gauges of time for biological rhythms in a wide range of frequencies. Patterns of the corresponding periods in biological systems and geophysical variables coincide. The available literary data on coincidence intradaily, near weak and near month periods of biological parameters and indices of geomagnetic activity are summarized. From consideration of the corresponding literature follows, that global large-scale electromagnetic disturbances result in change of the time organization of biological systems. It is reliably established, that artificial fields in conditions of laboratory influence on the time organization of biological systems in a wide range of frequencies and intensity.*

**Key words:** *biological rhythms, electromagnetic fields.*

Введение.

Несмотря на то, что решение проблем биоритмологии привлекает внимание исследователей различного профиля описание и понимание временной организации биологических систем далеко отстоит от знаний об их организации пространственной. Причины очевидны: для накопления эмпирических данных о динамике биологических процессов долгое время не существовало подходящих технологических возможностей. Только в наши дни, когда в обиход исследователей вошел количественный автоматизированный мониторинг многих показателей, и стало возможным применение современных алгоритмов выделения скрытых периодов из больших массивов данных,

инструментальное обеспечение приблизилась к уровню сложности и богатства рассматриваемого круга явлений.

Исторически сложилось так, что все основные представления современной биоритмологии сформировались на основании изучения околосуточной (циркадианной) периодики. Автоколебания в биологических системах, их синхронизация внешним датчиком времени, десинхроноз, принципы управления биологическими осцилляторами в пределах организма – все эти базовые модели прочно ассоциируются у большинства исследователей именно с суточной периодикой. Соответственно в трактатах по биоритмологии (например Ашофф, 1984), циркадианной периодике уделяется основное внимание. Создается впечатление, что некоторые другие ритмы и циклы (часто фигурируют околосезонные и сезонные – полугодовые периоды) не вносят в биологическую динамику существенного вклада и имеют второстепенное значение. Идея о том, что подлинной характеристикой временной организации биологической системы (вообще – любой сложной системы – экономика, социум) является её спектр периодов, остается по сей день экзотической гипотезой. И это притом, что уже к середине прошлого века в различных биологических показателях было выявлено множество периодов – от внутрисуточных до многолетних (см. в качестве обзора Sollberger, 1965). Освоению этого материала, несомненно, препятствовало отсутствие каких-либо данных о датчиках времени для этих биологических ритмов – каково бы ни было их происхождение – эндо– или экзогенное. Наблюдения и соображения Ф. Брауна (1977) о вероятной роли геофизических полей в синхронизации биоритмов представились малоубедительными: чувствительность организмов к этим слабым полям (электромагнитным, акустическим, радиационным) казалось весьма проблематичной. Для суточной периодики изменение освещенности казалось единственным и достаточным синхронизирующим агентом.

Ситуация изменилась кардинальным образом, после возникновения концепции биологического действия микродоз различных физических и химических агентов (Бурлакова, 1999) и открытия экологической роли ЭМП. Это произошло исторически почти одновременно, и сейчас ясно, что сверхчувствительность организмов к ЭМП различного происхождения – частный случай общей чувствительности организмов к микродозам. Но это означает, что в экологии количество параметров, подлежащих учету, резко возросло. Помимо «классических» переменных, таких как освещенность, температура, парциальное давление кислорода и т.д., на процессы жизнедеятельности влияют ещё и вариации различных геофизических полей. Сейчас надежно установлено, что из таких новых, прежде неучитываемых экологических параметров, важный вклад в динамику биологических процессов в среде обитания вносят вариации электромагнитных полей.

Ниже под электромагнитными полями подразумевается та часть шкалы электромагнитных волн, которая Международным консультативным Комитетом радиосвязи отнесена к километровым и сверхдлинным радиоволнам (частота ниже 300 кГц). Эти радиоволны заполняют сферическую полость, образованную двумя проводящими поверхностями – ионосферой и поверхностью планеты. Упомянутая полость является одновременно сферическим конденсатором, так что биологические процессы

протекают в статических магнитном и электрическом полях. Эта полость – конденсатор является одновременно еще и волноводом и резонатором. Основной резонансный тон – 8 Гц (частота волны, чья длина равна окружности планеты – 40 тыс. км). Важнейшими источниками радиоволн рассматриваемого диапазона являются процессы в магнитосфере и ближнем Космосе, атмосферные электрические разряды (атмосферики), электромагнитная эмиссия литосферы (сопутствующая сейсмическим явлениям) и поля индустриально – технического происхождения. Вариации напряженностей поля в отдельных частотных полосах обусловлена не только флуктуациями мощности источников, но и условиями их распространения, т. е. изменениями электрической проводимости наружной стенки полости (волновода) – ионосферы. Эти изменения обусловлены вариациями солнечного ионизирующего излучения (ультрафиолетового, рентгеновского), что, в свою очередь, определяется перепадами солнечной активности. На крайне низких частотах ( $<10^{-2}$  Гц) напряженность поля по магнитной составляющей для невозмущенных условий – около 1 нТл (геомагнитные микропульсации Pc3). Для глобальных электромагнитных возмущений, таких как магнитная буря с внезапным началом, интенсивность ЭМП возрастает во многие сотни раз. Сложный мир многообразных электромагнитных явлений, его динамика, особенности пространственного распределения описаны в геофизической литературе (Гульельми, Троицкая, 1973; Пудовкин и др., 1975). Временная организация вариаций ЭМП (см. ниже) имеет ту особенность, что в шкале месяцев на квазирегулярные амплитудно-спектральные изменения наложены еще и спорадические возмущения, распределенные во времени по случайному закону (упомянутые магнитные бури с внезапным началом).

Влияют ли ЭМП среды обитания на биологические ритмы? Если такое влияние имеет место, то каковы физиологические механизмы такого влияния? Могут ли эти поля выполнять роль датчика времени биологических осцилляторов, коль скоро их вариации содержат периодическую составляющую? Если электромагнитные датчики времени реально существуют, то для каких периодов? Насколько общим явлением может быть подобная электромагнитная синхронизация? Цель настоящего краткого обзора – суммировать высказанные к настоящему времени идеи и соображения, сопоставив их с данными наблюдений и экспериментов.

### 1. Временная организация биологических систем

В настоящее время установлено, что временную организацию всех биологических систем характеризует спектр целый набор различных периодов с продолжительностью от минут до многих лет. В табл.1. представлена классификация биоритмов по продолжительности соответствующих периодов:

Таблица 1

Классификация биологических ритмов

| Класс      | Диапазон периодов               | Примеры биологических ритмов   | Комментарий   |
|------------|---------------------------------|--|---|
| Микроритмы | Доли секунд – минуты            | Периодические изменения биопотенциалов мозга: 10 минут; 45 минут. Периоды в показателях сна –около 1,5–2,0 часов; Периоды в скорости синтеза белка; периоды в изменении размеров клеток –около 60 минут, около 2 часов | Как правило, ритмы – эндогенные, часто связаны непосредственно с изменениями внешней среды. |
| Мезоритмы  | Более суток – несколько месяцев | Вариации физиологических функций организма человека: периоды 3,5 суток, около недели,  | Почти во всех случаях – ритмы эндогенные, синхронизованные с                                |

|            |                                  |   |   |
|------------|----------------------------------|---|---|
|            |                                  | около месяца – 26-35 суток.<br>Периодичность прироста<br>млекопитающих – 10–12 суток.   | периодическими<br>изменениями внешней<br>среды.   |
| Макроритмы | Более полугодия<br>– десятки лет | Творческая активность человека –<br>периоды 8 мес., 6 лет; периоды<br>протекания эпидемий – 3 года;<br>периоды «волн жизни» – 5 лет,<br>около 10 лет. Циклы прироста<br>деревьев – около 20 лет | Часто встречаются<br>экзогенные ритмы; во<br>многих случаях<br>происхождение<br>ритмичности неясно. |

В табл. 1. в последней колонке отмечено происхождение ритмов. Они делятся на эндогенные и экзогенные. Эндогенные ритмы представляют собой самовозбуждающиеся автоколебания. В биологических системах эти колебания контролируются специальными структурами. Важнейшим элементом в них является «водитель ритма» (пейсмейкер) – «задающий генератор», своими ритмическими сигналами упорядочивающий осцилляции данной подсистемы или органа. Для суточной ритмики организма человека роль пейсмейкера выполняет особый элемент промежуточного мозга – супрахиазматическое ядро (СХЯ). Поскольку в организме ритмов много, много независимых пейсмейкеров, необходима ещё особая система для согласования (координации) их работы. В деятельности этой управляющей системы более высокого ранга важная роль принадлежит так называемой шишковидной железе – эпифизу – верхнему придатку мозга. 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. В процессе такого сравнения – сильно напоминающего проверку обычных часов сигналами точного времени – ведущую роль выполняет уже упомянутый эпифиз.

Автоколебания возникают при определенных условиях и на уровне систем организмов. В самых общих чертах механизм возбуждения таких колебаний был выяснен при анализе обратных связей систем «хищник – жертва» и «паразит – хозяин». Внешним проявлением их являются биологические ритмы на «надорганизменном» уровне: периодические изменения численности популяций, эпидемии – эпизоотии, охватывающие обширные территории. Ритмика, обусловленная автоколебаниями на уровне систем организмов, занимает обычно диапазон макроритмов.

Но не во всех случаях биоритмы являются автоколебаниями. В некоторых ситуациях организм или биоценоз изменяют свои показатели просто в ответ на изменения определенных параметров внешней среды. При подобном «пассивном» следовании биологических показателей за изменениями внешней среды биоритмы возникают, если в самом влияющем факторе имеется выраженный период. Так, в береговой зоне периоды приливов – отливов определяют весь уклад жизни многих организмов в этой зоне. Такие экзогенные ритмы встречаются чаще в диапазоне макроритмов. Для того, чтобы определить относится тот или иной биоритм к классу эндогенных или экзогенных колебаний, необходимо провести экспериментальные наблюдения того же типа, что делал де-Меран: поместить организм в условия полной стабильности всех факторов внешней среды

и посмотреть сохраняется ли данный биологический ритм. У человека, например, суточная периодичность всех показателей жизнедеятельности сохраняется даже в условиях длительного пребывания в условиях пещер. Следовательно, это – автоколебания. Однако в условиях такой глубокой изоляции от привычной внешней среды "водитель ритма" не располагает необходимой информацией о временных поправках. Поэтому через определенное время период колебаний начинает возрастать и наступает расхождение между физиологическими показателями организма и чередованиями дня – ночи.

Установление соответствия между биологическими автоколебаниями и периодикой экологических факторов внешней среды происходит путем синхронизации. Ритмика внешней среды является для биологических осцилляций вынуждающей силой. Здесь сохраняет свое значение универсальные закономерности, в том числе возможность синхронизации сигналом с чрезвычайно малой амплитудой.

## **2. Ритмическая структура среды обитания**

На поставленные выше вопросы можно отчасти получить ответ из анализа вариаций космофизических индексов. Параметры ЭМП в среде обитания измеряются на небольшом числе обсерваторий и обычно не публикуются. Как уже отмечалось, данные о глобальных изменениях в ЭМП и характеризующие их индексы магнитной активности, доступны за многие десятилетия. Если в индексах  $A_p$  или  $a_a$  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 (Владимирский и др, 1995). На рис. 1 показан спектр мощности вариаций  $a_a$ -индекса за 115 лет. На этих неслаженных данных хорошо заметна важная особенность известной последовательности периодов (сутки) 27 – 14 – 9 – 7: каждый из этих периодов представлен не одним каким-либо фиксированным значением, но некоторым «семейством». Так получается потому, что в некоторый интервал времени обычно доминирует определенный член «семейства»; в следующий интервал времени это значение периода «исчезает», появляется какое-то иное, затем может появиться снова уже наблюдавшееся значение и т.д. Динамика подобных изменений хорошо видна на диаграммах спектрально-временного анализа, многочисленные примеры показаны в «Атласе временных вариаций ...» (Александрой, Гамбурцев, 1998). Для 27-дневного периода «тонкая структура» семейства подробно изучена для многих индексов (см. ниже).

Общая схема природной ритмики показана в Табл. 2. Подавляющее большинство природных ритмов имеет солнечное происхождение. В различных диапазонах периодов колебания имеют различную физическую природу. Так, для многодневных периодов Рис. 1. осцилляции чаще всего связывают с так называемыми инерционными собственными колебаниями Солнца ( $r$  – моды).

Общая схема природных ритмов

| Собственные колебания Солнца (периоды) |   |   |   |
|--|---|---|---|
|  | 350 лет   | 100 сут   | 1 сут   |
|  | Циклы солнечной активности  | г– моды (иннерционные)                              | g – моды (гравитационные)                                       |
| Связь с солнечной системой             | Орбитальные периоды планет и их комбинационные частоты; движение Луны |   | Гармоники спиновых периодов планет                              |
| Структурные особенности спектра        | Квазигармонические последовательности «семейств» периодов             | «Сходящиеся» серии периодов                         | Сплошной спектр, эквидистантные величины в шкале периодов       |
| Периоды в геофизике                    | Колебания в системе «атмосфера – океан», климатические циклы          | Чандлеровские колебания                             | Собственные колебания Земли; «полусуточные» колебания атмосферы |
| Биоритмы                               | Экзогенные циклы.   | Макроритмы, мезоритмы «волны жизни», «лунные ритмы» | Микроритмы, «ритм синтеза белка»                                |

Эти колебания, вполне аналогичные волнам Россби земной атмосферы, имеют наибольшую амплитуду в наружных областях Солнца. Благодаря их отражениям и интерференции образуется система стоячих волн. Получающийся «узор» медленно дрейфует в сторону, противоположную вращению газового шара. Присутствие этого «узора» оказывает влияние на пространственное распределение активных областей. Самый заметный элемент этой организации – солнечные «активные долготы», т.е. относительно узкие долготные зоны, где с повышенной вероятностью возникают активные области (пятна). При наблюдении с Земли в спектре вариаций гелиофизических показателей получают серии периодов, «сходящихся» к 27 суткам, например (сутки): 44→ 33→ 30 → 29 → 27.

Природные ритмы в широком диапазоне периодов (затабулированы для различных видов измерений (Владимирский и др. (1994, 1995)) обнаруживают также определенные черты общности. Планетные системы должны рассматриваться как совокупность слабо связанных нелинейных осцилляторов; длительная эволюция выводит подобные системы на особый кооперативный динамический режим. При этом различные моды колебаний центрального светила (Солнца) оказываются синхронизованными с движением планет, а эти самые параметры движения планет оказываются связанными многочисленными резонансными соотношениями. В установлении упомянутого кооперативного режима фундаментальную роль играет тот же процесс синхронизации колебаний, для реализации которого достаточно наличия очень слабых связей (Блехман, 1981). Один пример: фигурирующий в Табл. 1 период колебания полюса Земли весьма близок к величине  $433^d$ ,  $6934$ , но эта величина с точностью в десятые процента делится на целые числа синодических периодов вращения Солнца для ближайших четырех планет (за указанный интервал Солнце совершает ровно 12 оборотов, если наблюдать с Меркурия, 15– с Венеры, 16 – с Земли и 17 – с Юпитера (Панкратов и др., 1996).

По многим причинам периодические сигналы, посылаемые Солнцем на Землю не вполне регулярны, в них присутствует стохастическая составляющая. Эта картина, несомненно, существует по меньшей мере сотни млн. лет (весь фанерозой). Для изучения макроритмов в шкале тысячелетий особый интерес представляют эпохи крупномасштабных «сбоев» солнечных автоколебаний типа так

называемого *Маундеровского минимума*. В это время (1650-1715 гг.) амплитуда 11-летнего «классического» цикла солнечной активности была очень мала.

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. Этому соответствуют два основных класса космофизических индексов – числа Вольфа (или поток радиоизлучения на длине волны 10 см) и индексы магнитной активности  $A_p$  ( $aa$ ,  $D_{st}$  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  $7^\circ$ ).

Существует еще, наконец, и третий канал передачи ритмов космической погоды в среду обитания – локальный и наименее изученный: дело в том, что в вариациях метеорологических элементов (например, температуры) в каждом данном пункте также существует периодическая составляющая и в этих изменениях обычно представлены все периоды, о которых речь шла выше, в том числе, «околосесячные» (т.е. мультиплет 27-дневных солнечных циклов) и околоседелные (Иванов, 2002). Понятно, что амплитуды и фазы всех этих периодов изменяются от места к месту в широких пределах, но, вероятно, для некоторых регионов с таким феноменом в биоритмологии необходимо считаться: практически все погодные изменения сопровождаются комплексом электромагнитных вариаций (Степанюк, 2002).

Удивительное сходство набора космофизических периодов и биологических ритмов отмечалось многими авторами. В последние десятилетия были получены убедительные данные, свидетельствующие о неслучайном характере сходства спектров этих данных.

### **Околосесячная ритмика и цикл лунных фаз.**

Большинство исследователей полагает, что глобальная околосесячная ритмика обусловлена модуляцией экологических параметров Луной. Это мнение зиждется на том общеизвестном результате, что распределение различных биологических показателей в лунном календаре (синодический период  $29^d, 53$ ) неравномерно: экстремальные точки часто располагаются спустя 3-7 суток после новолуния. Однако это распределение обнаруживает высокую степень неустойчивости, что хорошо известно из статистики «селеномедицины» (Дубров, 1990). Сейчас ясно, что рассматриваемая ритмика является наложением цикла лунных фаз и семейства солнечных периодов около 27 суток с их сложной динамикой. Нет сомнений, что основной вклад в экологические изменения вносят именно солнечные периоды. Это видно, в частности, из отсутствия стабильного лунного периода в вариациях напряженности поля радиоволн сверхнизкой частоты (3 Гц, Ormenyi, 1990). Кроме того, для длительных рядов наблюдений среднее значение околосесячного ритма не

совпадает с указанным значением лунного цикла. Примером могут быть данные статистики психиатрии, где доминирующий период составляет около 28 суток (Самохвалов, 1990). В частоте встречаемости менструальных циклов лунный цикл, похоже, отсутствует, но представлены компоненты «тонкой структуры» солнечного «семейства» периодов (Тягун, 1995).

Самым убедительным аргументом в пользу представления о солнечной природе околосесячной ритмики являются данные о значимой кросс-корреляции биологических показателей с индексами магнитной активности и некоторыми космофизическими данными. Эта связь была первоначально обнаружена при анализе статистики психиатрической заболеваемости (Friedman et al., 1963). В последующем когерентность между биологическими показателями и различными космофизическими индексами изучалась целым рядом авторов. Замечательный пример – связь среднесуточных значений компоненты межпланетного магнитного поля, перпендикулярной плоскости эклиптики, с ежесуточными данными вызовов скорой помощи в Москве (1979-81 гг.) по поводу инфаркта миокарда (Бреус и др., 1995). Степень когерентности в данном случае достигает максимума для периода  $26^d,94$  ( $P < 0,05$ ). Это значение периода хорошо известно в гелиофизике, а связь изменений упомянутой компоненты с электромагнитными явлениями близ поверхности Земли описывается общепринятыми моделями магнитосферных явлений. Луна в этих процессах никак не участвует (данные наблюдений, между прочим, полностью исключают прежнюю гипотезу о возмущении Луной геомагнитосферного шлейфа). В общем, вклад Луны в циклические изменения экологических параметров в сфере обитания в глобальном масштабе очень мал. Околосесячная ритмика обусловлена солнечными причинами, а Луна выступает в роли маркера этих вариаций – из-за близости цикла лунных фаз с периодами солнечного вращения.

### **Околонедельная ритмика**

В литературе распространена точка зрения, согласно которой околонедельный период представляет собой гармонику 27-дневного ритма. Это определенно неверно, так как и для космофизических и для биологических показателей амплитуды этих осцилляций изменяются независимо. Поэтому упомянутые периоды являются кратными – также как двухнедельный цикл и период около 3,5 суток (половина недели).

Считается, что недельный цикл в биологических показателях был впервые обнаружен Н.Я. Пэрна при анализе самонаблюдений (Пэрна, 1925). Однако, он был известен, видимо, еще античным врачам (Корнелиссен и др., 1998). Долгое время считалось, что в медицинских показателях недельная ритмика присутствует по тривиальным календарным причинам. Поэтому первые наблюдения, указывающие на её связь с индексами магнитной активности были встречены с недоверием (Ковальчук, 1974). Конечно, и сейчас без трудоемкого специального анализа невозможно исключать присутствие вклада календарной недели в медицинскую статистику – например, наличие недельной ритмики в обострение психиатрических заболеваний (Самохвалов,



1989; Дмитриева и др., 2002). В дальнейшем, однако, были получены убедительные данные, свидетельствующие о реальном существовании околонедельных осцилляций – как эндогенных (автоколебательных), синхронизованных внешними датчиками, так и экзогенных. Во-первых, недельная ритмика была независимо обнаружена для многих организмов, определенно не имеющих какого-либо отношения к календарным системам. В этот пространственный список входят, в частности, наблюдения Broun, Chow (1973) над лабораторными растительными объектами, над водорослями и насекомыми (Halberg et al., 1985), дрожжевыми культурами (Кузнецов, 1992), животными (Halberg et al., 1985, Темурьянц и др., 1995), некоторыми регистрирующими структурами (Силина и др., 1976). Во-вторых, были подтверждены упомянутые выше данные о существовании сопряженности (кросскорреляции) между биологическими показателями и индексами магнитной активности либо другими космофизическими параметрами (Агулова и др., 1995; Бреус и др., 1995). При этом было обнаружено множество интересных деталей. Например, обнаружено, что у новорожденных (мониторинг гемодинамических показателей первые 1,5 месяца после рождения) сначала отсутствует суточный ритм, имеется только недельный, а все вариации регистрируемых показателей коррелируют с изменениями геомагнитного К-индекса (Бреус, 2002; Сюткина и др., 2002). Связь биологической недели с вариациями космофизических индексов и есть, разумеется, прямое указание на внешнюю синхронизацию этой ритмики со стороны ЭМП (Бреус, Конрадов, 2002). Интересно, что синхронизация может осуществляться как природными, так и техногенными ЭМП. В Санкт-Петербурге ЭМП индустриального происхождения имеют ясно выраженную календарную ритмику (Villoresi et al., 1994).

Лабораторное исследование биологической недели не оставляют сомнений в том, что эти осцилляции для млекопитающих являются автоколебаниями (см. в качестве обзора Шабатура, 1989). Параметры этих колебаний обнаруживают индивидуальную изменчивость и нестабильность во времени. Эти временные вариации включают в себя, как обычно, стохастическую составляющую, но одновременно могут быть проявлением влияния других периодов спектра биоритмов. Речь идет, в частности, о модуляции – частотной и амплитудной – недельного цикла периодами более продолжительными, год – 11-лет (Галицкий, 1990).

### **Внутрисуточная ритмика**

Спектр ритмов вариаций ЭМП среды обитания содержит много периодов короче суток (Владимирский и др., 1994). С другой стороны, имеются биологические микроритмы (соответствующие данные сведены, например, в монографии Бродского, Нечаевой (1996).

Имеется ли какая-нибудь связь между внешней средой и биологическими осцилляциями для этого участка спектра? На первый взгляд, ответ на этот вопрос определенно отрицательный. Однако, некоторые данные последних лет, возможно, содержат указания на внешнюю синхронизацию биологических автоколебаний с периодами менее суток. Эти данные в контексте

данного изложения представляют особый интерес вот по какой причине: если бы случаи принудительной синхронизации биологических микроритмов были бы надежно обнаружены, то датчиком времени могли бы выступать, прежде всего, именно ЭМП – в силу своих свойств, высокой чувствительности к ним биосистем и наличия в ЭМП среды обитания устойчивых периодов.

Можно указать – в связи с вышесказанным – на три интересных примера. Кузнецов в уже цитированной работе (Кузнецов, 1992) в своих обширных измерениях удельной скорости роста дрожжей *Candida utilis* ВСБ-651 убедительно показал реальность некоторых устойчивых периодов, в частности, 160 минут, причем ему удалось показать, что эти колебания не являются 9-й гармоникой суток и наблюдаются синхронно в двух независимых параллельных опытах. По всем признакам эти осцилляции являются экзогенными и связаны с соответствующим солнечным периодом (он найден в геомагнитном АЕ-индексе, который строится каждые пять минут). Удивительно, что именно этот период устойчиво наблюдался в спектре вариаций двигательной активности крыс (наряду с некоторыми другими периодами, известными в геофизике – 289, 145 и 80 минут; Мартынюк, 1998). Наконец, в универсальном эксперименте по самонаблюдению – регистрации отрезков сна на протяжении 10 лет – также найден практически тот же период  $158,0 \pm 0,7$  минут (Афанасьев, 2002). Понятно, что в обоих последних случаях речь должна идти, скорее всего, об эндогенных синхронизированных колебаниях. Наконец, можно упомянуть данные медицинских наблюдений Глыбина (1996), указывающих на наличие в физиологических процессах общего периода около 288 минут.

Описанные совпадения биологических ритмов с геофизическими переменными свидетельствуют о том, что датчиками времени в широком диапазоне периодов является ЭМП.

Важным доказательством этому положению является также высокая чувствительность биологических ритмов к геомагнитным возмущениям, а также к действию искусственных низкоинтенсивных ЭМП.

### 3. Влияние геомагнитных возмущений и слабых искусственных ЭМП на биологические ритмы.

В настоящее время получены данные о способности слабых ПеМП естественного и искусственного происхождения изменять параметры биологических ритмов.

Так, в систематических наблюдениях было найдено, что параметры суточной периодики в магнитно-возмущенные дни как у лиц с сердечно-сосудистой патологией, так и у здоровых молодых людей заметно различаются (Новикова, Толкачева, 1982; Черных и др., 1982; Рыжиков и др., 1982). Для высоких значений индексов геомагнитной активности характерно уменьшение суточных вариаций, для некоторых физиологических показателей одновременно наблюдается изменение фазы.

Клинические исследования показывают также, что при магнитных бурях в 2,5 раза чаще, чем при спокойном магнитном поле, возникают нарушения сердечного ритма (Драгун и др., 1982) и циркадианного ритма показателей гемодинамики у больных сердечно-сосудистыми заболеваниями (Черных и др., 1982). При повышенной геомагнитной активности обнаруживается ослабление синхронизма между дыханием и работой сердца (Кузьменко, 1982).

Установлено, что геомагнитные возмущения отражаются на временных характеристиках деятельности ЦНС. При естественных электромагнитных возмущениях (магнитные бури, повышение частоты следования солнечных хромосферных вспышек), когда ритмика внешней среды нарушается, заметно изменяются некоторые параметры ритмики сна (Моисеева, Сысуев, 1981) и рисунок биопотенциалов мозга человека (Серохвостов, Кузюта, 1991). С ритмическими изменениями гелиогеомагнитных факторов взаимосвязаны многолетние, сезонные и многодневные ритмы поведенческих реакций крыс в тесте «открытого поля» (Архангельская, 1992). Гелиогеомагнитные возмущения изменяют временную организацию условно-рефлекторной деятельности, что проявляется в снижении амплитуд ритмов, смещение их акрофаз, появлении новых корреляционных связей между показателями высшей нервной деятельности (Архангельская, 1992). Возмущение геомагнитного поля изменяли суточную ритмику двигательной активности рыб, при этом появлялись частотные и фазовые отклонения. Ночные пики двигательной активности рыб иногда на 1-2 порядка превышали средний дневной уровень. При определении уровня энергетического обмена отмечено отсутствие выраженной суточной ритмики потребления кислорода. Эти возмущения приводили к нарушению согласованности процессов возбуждения и торможения в ЦНС и уравновешенности обменных процессов (Александров, 1995).

Наиболее ярким примером десинхронизирующего действия геомагнитного возмущения являются исследования сердечно-сосудистой системы кроликов во время большой двойной магнитной бури в сентябре 1984 г. (Чибисов и др., 1992). В этих наблюдениях, проводившихся непрерывно в течение 3 суток, тщательные измерения многих показателей проводились каждые 3 часа. Данные сравнивались с результатами аналогичных измерений, проводившихся ранее в магнитоспокойных условиях. Обнаружено, что перед началом магнитной бури произошла жесткая синхронизация суточных колебаний показателей сократительной силы левого и правого желудочков сердца и артериального давления. По мере приближения магнитной бури возрастала десинхронизация изучаемых показателей. К началу магнитной бури число корреляционных связей между показателями гемодинамики уменьшилось почти в 10 раз. Интересно также, что магнитная буря привела к угасанию амплитуды суточной ритмики гемодинамических показателей. Особое значение имеет сопоставление динамики ритмов показателей сердечно-сосудистой системы у космонавтов в орбитальном полете с индексами геомагнитной активности (Бреус и др., 1998). Дело в том, что в кабине космического корабля оказываются исключенными некоторые физические агенты, сопутствующие геомагнитным бурям в обычной экологической ситуации – например,

микропульсации атмосферного давления и инфразвук. Зато изменения интенсивности низкочастотного ЭМП на высотах орбиты станции «Мир» от спокойных условий к возмущенным много больше, чем на поверхности Земли под ионосферой. Что касается лабораторных исследований, то эффекты двух последовательных сильных бурь в сентябре 1984 г. удалось детально изучить на кроликах с применением современных количественных методик (подробно см. Чибисов и др., 1998). Оказалось, что одно из основных следствий воздействия бурь состоит в нарушении всей временной организации работы сердца. Последующий подробный анализ всей совокупности накопленных данных (Бреус и др., 2002) позволил сделать и более общий вывод: геомагнитные бури вообще вызывают десинхроноз сердечно-сосудистой системы, аналогичный таковой, возникающей при нарушении циркадианной периодики после трансконтинентальных перелетов.

Одновременно с этим, установлено, что устойчивые вариации электромагнитного фона могут выступать в роли датчиков времени биологических ритмов. Так, например обнаружено, что биоэлектрическая система организма человека имеет сложную многоуровневую хроноструктуру, которая эффективно реагирует на изменения комической погоды и является одним из каналов связи организма с внешней средой. В ее интегральной ритмике обнаружен весь комплекс основных гелиобиологических явлений: корреляции биологических параметров с гелиофизическими индексами; 2-5 суточные сдвиги биологических реакций относительно локальных максимумов солнечной активности; наличие единого набора периодически составляющих для био- и гелиофизических процессов; индивидуальная реактивность организма; индивидуальная стратегия частотно-амплитудно-фазового согласования биоритмов организма с периодами внешней среды (Мартынюк, 1998; Мартынюк, Темуриянц, Московчук, 2001.). В лабораторных исследованиях найдено, что воздействие на протяжении нескольких часов слабым переменным магнитным полем на частоте 8 Гц (частоте ионосферного волновода) существенно влияют на параметры внутрисуточной и многодневной ритмики многих физиологических процессов у мышей и крыс (Темуриянц и др. 1995, 2001г; Мартынюк, 1992, 1998), а также в зависимости от физиологического состояния организма может оказывать синхронизирующее или десинхронизирующее действие (Григорьев, Мартынюк, Темуриянц, 2003).

Таким образом, геомагнитные возмущения приводят к изменению временной организации физиологических процессов. Особенно ярко эти изменения выражены при наличии патологии.

В лабораторных экспериментах также показано, что слабые ПемП способны изменять параметры биологических ритмов у лабораторных животных. Методика опытов, в которых изучают активное воздействие искусственным ЭМП в условиях лаборатории, в принципе очень проста. Биообъект помещается в кольца Гельмгольца (соленоид) при изучении действия МП, и в конденсатор – в случае воздействия электрическим полем. Кольца Гельмгольца (соленоид, конденсатор) питаются от генератора. Обычно используются либо синусоидальный сигнал

(определенной монохроматической частоты), либо импульсы с определенными параметрами. В последнем случае на организм воздействует некоторый спектр. Подопытный организм находится в ЭМП какое-то время, которое называется экспозицией. Иногда ее повторяют многократно с определенным интервалом. Измеряемые параметры фиксируют до начала экспозиции и после ее окончания. В контроле делают все то же, что и в опыте, но сигнал от генератора в соленоид (или конденсатор) не подают.

Для оценки роли ПемП в формировании ритмов жизнедеятельности организмов различной системы сложности важную роль приобретает изучение их влияния на ЦНС.

М.А. Persinger et al. (1974) впервые обнаружили признаки усвоения подаваемого ритма ПемП частотой 7 Гц гиппокампом макак резус. В опытах на крысах зарегистрировано нарушение тета-активности гиппокампа при действии ПемП частотой 32 Гц индукцией 209 мТл. Появление на ЭЭГ колебаний с частотой, близкой к частоте подаваемого поля для некоторых вариантов опытов наблюдали также А.М. Волынский (1973), Е. А. Войтинский и др., (1974). В опытах Е.Я. Войтинского (1974) использовалось магнитное поле относительно высокой напряженности 0,07 мТл при частоте 4,5 Гц. Им обнаружено усвоение ритма ретикулярной формацией мозга. Согласно данным В.Н. Михайловского с соавт. (1971), такая реакция гораздо лучше выражена у сенситивов. На ЭЭГ сенситивов более четко наблюдается захват частоты ритмов ЭЭГ переменным магнитным полем в пределах 7,8-13 Гц. Кроме того, обнаружена синхронизация ритмов электрической активности головного мозга с частотой, близкой или кратной частоте модуляций высокочастотного поля (несущая частота - 40 МГц, модуляция - 2 или 7 Гц; Судаков и др., 1976). Н. Ludwig (1987) считает, что при спектральном анализе ЭЭГ возможно обнаружить резонансные частоты для каждой структуры мозга с точностью до миллигерц. В частности, автором показано, что для гиппокампа такой частотой является 7,8 Гц, что полностью согласуется с вышеизложенными результатами.

Результаты экспериментов с использованием клеточно-тканевых моделей также свидетельствует о способности ПемП СНЧ изменять ритмику физиологических процессов. Так, в опытах А. В. Ли и И.Т. Власовой (1987) на клеточно-тканевой модели мозга (переживающие срезы мозжечка мышей) было показано, что ПемП в диапазоне короткопериодических пульсаций (0,05; 0,1; 0,25; 5 Гц) амплитудой 100 нТл способно не только плавно изменять параметры ритмической деятельности нейронов, но и приводить непрерывный тип активности в судорожный режим. После прекращения действия ПемП судороги продолжают довольно длительное время. Х.М.Р. Дельгадо (1987) в изолированных рецепторах рака обнаружена синхронизация спонтанной импульсной активности с частотой воздействующего ПемП 4; 8; 12 Гц (индукция ПемП в этих экспериментах равнялась 100 мТ). Для ПемП частотой 16; 20; 24; 28 Гц эффекта синхронизации не наблюдалось. Принципиально сходные результаты о способности ПемП играть роль запускающего фактора получены и в других исследованиях. Так, в опытах К.К. Садаускаса, Ж.П. Шурановой

(1982) показано, что импульсное МП при воздействии на изолированную брюшную нервную цепочку речного рака повышает уровень электрической активности, а в ряде случаев вызывает появление залповых импульсов.

Так, для частоты ПеМП 0,1 Гц (индукция 200 нТл) найдено изменение внутрисуточной ритмики содержания неорганических компонентов в миокарде (Ли, 1990). Изменения внутрисуточной ритмики под влияние ПеМП обнаружено и В.С. Мартынюком (1992), который изучал процессы перекисного окисления липидов в различных тканях. Автор не только выявил изменения параметров биологических ритмов под влиянием ПеМП, но и описал зависимость выраженности этих изменений от частоты ПеМП.

В исследованиях последних лет выявлены и изменения мезоритмов условно-рефлекторной деятельности (Архангельская, 1992), активности симпатoadреналовой системы, (Темурьянц, 1989), функциональной активности нейтрофилов и лимфоцитов крови крыс (Шехоткин, 1989) под влиянием ПеМП частотой 8 Гц. Оказалось также, что характер влияния ПеМП на биологическую ритмику существенно зависит от исходного состояния организма. Если ПеМП действует на животных, у которых имеет место десинхроноз любого генеза, наблюдается восстановление исходной временной организации системы. Так, у крыс с гипокинетическим стрессом, сопровождающимся развитием десинхроноза, нормализация инфрадианной ритмики симпатoadреналовой системы наблюдалась уже после однократных воздействий ПеМП частотой 8 Гц (Темурьянц, 1992). Такие же результаты получены при исследовании влияния ПеМП на эпифизэктомированных крыс (Шехоткин, 1996).

Важным аргументом в пользу развиваемых представлений о влиянии ПеМП на биологические ритмы являются данные экспериментов с электромагнитной депривацией.

Для экранирования на экстремально низких частотах необходимы магнитостатические экраны с применением таких материалов как *пермаллой* или мю-металл. Подробное обсуждение всех этих вопросов содержится в монографии Владимирского, Темурьянц (2000) (см. также Копанев, Шакула, 1985; Казначеев, Михайлова, 1985). Основной вывод из анализа данных по экранированию, важный для настоящего изложения, состоит в следующем: экранирование в различных частотных полосах приводит не только к достоверным сдвигам различных физиологических показателей, но и к изменению параметров временной организации любых биологических систем. Известные результаты наблюдений над суточной периодикой людей, находящихся длительное время в одиночестве в пещерах, являются частным случаем этих закономерностей. Так, R. Wever (1973) исследовал циркадианную ритмику различных показателей функционального состояния испытуемых, находившихся в течение нескольких недель в подземном бункере с дополнительной электромагнитной изоляцией. В этих опытах также было констатировано развитие десинхроноза, удлинение околосуточного периода. Но различия в ритмике изолированных и контрольных

испытуемых исчезало, если в бункере включалось слабое (2,5 В/м) электрическое поле частотой 10 Гц.

Таким образом, данные экспериментальных исследований и клинических наблюдений свидетельствуют о способности ПеМП изменять ритмические процессы.

В настоящее время накоплены убедительные данные, позволяющие объяснить механизмы такого влияния. Оказалось, что к действию ПеМП различных характеристик чувствителен эпифиз.

Известно, что эпифиз вовлекается в регуляцию разнообразных физиологических процессов, играет важную роль в организации ритмической деятельности организма. При этом он выполняет не столько пейсмекерную, сколько ритмоорганизующую функцию. Установлено, что ПеМП различных характеристик ингибирует секрецию основного его гормона – мелатонина (см. обзор Темурьянц и др., 1999). Более детальные исследования позволили установить, что ПеМП не столько снижает уровень мелатонина в железе, сколько сдвигает фазу циркадианного ритма его секреции, которая может задерживаться на 2-3 часа или, наоборот, продвигается к более поздним часам, что зависит от времени воздействия ПеМП. Таким образом, ПеМП влияет и на циркадианную ритмику секреции мелатонина.

Столь значительный сдвиг акрофазы влечет за собой изменение функционального состояния многих физиологических систем. Обнаружено также, что под влиянием ПеМП изменяется функциональное состояние основного пейсмекера – СХЯ. Обнаружено запаздывание циркадианного ритма миграции гена C-FOS на 0,5 часа и при действии импульсного ЭМП частотой 50 Гц напряженностью 9 В/м, длительностью импульса 0,07 мс (Yokoi et al, 2003). Hiwaki (2003) также обнаружил смещение вперед акрофазы циркадианного ритма локомоторной активности крыс при действии ЭМП частотой 50 Гц индукцией 30 мТл. Степень смещения фазы зависит от направления вектора МП.

Однако, как показали проведенные исследования, влияние ПеМП может осуществляться и в отсутствие эпифиза (Шехоткин, 1996), что свидетельствует о том, что кроме эпифиза существуют и другие магниторецепторные структуры.

С точки зрения мультиосцилляторной теории биоритмов, ритмическая деятельность сложных организмов основана на согласованной работе многих вторичных осцилляторов (Ашофф, 1994). По-видимому, не только СХЯ и эпифиз являются пейсмекерами. По-видимому, клеточными осцилляторами могут быть многочисленные клетки, составляющие нейроэндокринную APUD-систему, способные синтезировать мелатонин и серотонин. Эти клетки могут осуществлять и магниторецепторную функцию. (Темурьянц и др., 1998). Это предположение подтверждают результаты изучения влияния на инфрадианную ритмику физиологических процессов низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты. Известно, что это излучение полностью поглощается в коже, в которой расположены многочисленные элементы APUD-системы. Под влиянием ЭМИ КВЧ обнаружены изменения ритмики лишь отдельных

показателей, и только в 1-2 периодах. Однако при нарушении ритмики, вызванной стресс-реакцией, ЭМИ КВЧ нормализует её (Темурьянц и др., 2003).

Таким образом, ПеМП различных характеристик изменяет временную организацию физиологических систем. Важно подчеркнуть, что в настоящее время получены убедительные данные о биологической активности ПеМП очень низкой длительности (порядка  $10^{-10}$ – $10^{-12}$  Тл, Белова и др., 2003). В настоящее время существует удовлетворительное объяснение этому феномену.

Имеющиеся литературные данные, часть которых была рассмотрена выше, позволяют сделать вывод, имеющий для биоритмологии важное значение: динамика биологических систем характеризуется спектром периодов.

Этот спектр обнаруживает значительное сходство со спектрами периодов, найденных в независимых космофизических исследованиях. Этот изоморфизм спектров может быть истолкован как согласование биологических ритмов с временной структурой внешней среды.

Такое согласование во многих случаях можно было бы предположительно истолковать как синхронизацию биологических автоколебаний внешними датчиками времени. Синхронизирующий сигнал, вероятно, является электромагнитным по следующим причинам:

- 1) организмы, как сейчас установлено лабораторными экспериментами, чувствительны к вариациям слабых внешних ЭМП;
- 2) ЭМП среды обитания в области низких – сверх низких частот содержат весь набор космических периодов;
- 3) Спорадические возмущения ЭМП в естественных условиях влияют на ритмику организмов (приводя к десинхронозу).

Сформулированные положения представляются сейчас весьма обоснованными и правдоподобными (см., однако, некоторые соображения Агуловой (1995)), но нуждаются в дополнительном экспериментальном подтверждении.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Агулова Л.П. Синхронизирующая роль электромагнитных полей в биосфере: аргументы против // Биофизика. 1995ю Т. 40, № 4. – С. 929-935.
2. Агулова Л.П., Голованова И.С., Байко И.Ю. Связь многодневных ритмов некоторых показателей системной и мозговой гемодинамики и вегетатики с космофизическими ритмами у больных эссенциальной гипертензией // Биофизика. – 1995. – Т. 40, № 4. – С. 848-855.
3. Александров В.В. Электрокинетические поля гидробионтов. Биоритмы локомоторной активности. Связь с геомагнетизмом // Биофизика. 1995. – Т.40, № 4 – С.771-777.
4. Александров С.И., Гамбурцев А.Г. Атлас временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов. – М.: Научный мир, 1998. – 428 с.
5. Архангельская Е.В. Динамика высшей нервной деятельности крыс на фоне гелиогеофизических флуктуаций: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – Симферополь, 1992. – 19 с.
6. Афанасьев С.Л. Вариации длительности сна по собственным наблюдениям // Атлас временных вариаций природных антропогенных и социальных процессов. М.: «Янус-К» – Т. 1, 2002. – С. 566-568.
7. Ашофф Ю. (ред.) Биологические ритмы. – М.: Мир, 1984. – Т. 1. – 414 с.; Т.2 – 260 с.



8. Белова Н.А., Сребницкая Л.К., Леднев В.В. Влияние крайне слабых переменных магнитных полей на свойства некоторых водных систем // Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и излучения в биологии и медицине. – Материалы III Международного конгресса.– Санкт-Петербург, 2003. – С. 5-6.
9. Блехман И.И. Синхронизация в природе и технике. М.: Наука, 1981. – 121 с.
10. Бобова В.П., Б.М. Владимирский Поиск эффектов инерционных колебаний Солнца в геомагнитном индексе // Известия Крымской астрофизической обсерватории. – 1996. – Т. 93. – С. 31-38.
11. Браун Ф. Биологические ритмы // В кн. Сравнительная физиология животных. – М.: Мир, 1977.– Т. 2. – С. 210-260.
12. Бреус Т.К. Влияние солнечной активности на биологические объекты: Автореф. дисс. ... докт. ф.-м. наук. – М.; ИКИ. – 2003 – 31 с.
13. Бреус Т.К., Халберг Ф., Корнелиссен С.Ж. Влияние солнечной активности на физиологические ритмы биологических систем // Биофизика.– 1995. – Т.40, № 4. – С. 737 – 747.
14. Бреус Т.К., Баевский Р.М., Никулина Г.А., Чибисов С.М., Черникова А.Г., Пухляк М.Е., Ораевский В.Н., Халберг Ф., Корнелиссен С.Ж. Петров В.Ш. Воздействие геомагнитной активности на организм человека, находящегося в экстремальных условиях // Биофизика. – 1998. – Т.43, № 5 – С. 811-818.
15. Бреус Т.К., Чибисов С.М., Баевский Р.М., Шебзухов К.В. Хроноструктура биоритмов сердца и факторы внешней среды. Монография. – М.: изд-во Российского университета дружбы народов; изд-во Полиграф сервис, 2002. – 232 с.
16. Бреус Т.К., Конрадов А.А. Эффекты ритмов солнечной активности // Атлас временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов. – М.: «Янус –К», 2002. – Т.3. – С. 516-524.
17. Бродский В.Я., Нечаева Н.В. Ритмы жизни человеческого общества. Владивосток: Дальнаука, 1996. – 154 с.
18. Бурлакова Б.Б., 1999. Особенности действия сверхмалых доз биологически активных веществ и физических факторов низкой интенсивности, Российский химический журнал. 43:3-11.
19. Владимирский Б.М., Темурьянц Н.А. Влияние солнечной активности на биосферу – ноосферу (Гелиобиология от А.Л. Чижевского до наших дней). – М.: Изд-во МНЭПУ, 2000. – 374 с.
20. Владимирский Б.М., Нарманский В.Я., Темурьянц Н.А. Космические ритмы. – Симферополь.– 1994.– 173 с.
21. 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.
22. Владимирский Б.М., Сидякин В.Г., Темурьянц Н.А. и др. Космос и биологические ритмы. Симферополь. – 1995. – 206 с.
23. Войтинский Е.Я., Гендельс Б.С., Гольцман В.И. и др. О влиянии слабого магнитного поля на электрическую активность мозга // Магнитное поле в медицине: Материалы симпозиума. По влиянию искусственных магнитных полей на биол. объекты. – Фрунзе: Киргиз. Мед. ин-т. – 1974. – С. 20-21.
24. Волынский А.М. Изменение нервной и сердечной деятельности у животных разного возраста при воздействии электромагнитными полями низкой частоты и малой напряженности // Проблемы космической биологии. – 1982. – Т.43. – С. 98-100.
25. Галицкий А.К. Влияние гелиофизических факторов на циклические изменения параметров физиологических ритмов у детей // Кибернетика и вычислительная техника. – Киев. – 1990. – С.21-29.
26. Глыбин Л.Я. Ритм жизни человеческого общества. Владивосток: Дальнаука, 1996. – 154 с.
27. Григорьев П.Е., Мартынюк В.С., Темурьянц Н.А. Влияние переменного магнитного поля сверхнизкочастотного магнитного поля на синхронизацию ритмики физиологических процессов с электромагнитным фоном // Таврический медико-биологический вестник. – 2003. – Т. 7. - № 1. – С. 154 – 158.
28. Гульельми А.В., Троицкая В.А. Геомагнитные пульсации и диагностика магнитосферы. М.: Наука, 1973. – 208 с.
29. Дмитриева Т.Б., Чуркин А.А., Мартюшов А. Н. И др. Спектрально-временная структура числа случаев экстренной госпитализации в психиатрические стационары Москвы в 1984-97 гг. // Атлас временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов. – М.: «Янус –К», 2002. – Т.3. – С. 465-472.
30. Дубров А.П. Лунные ритмы человека. – М.: Медицина, 1990. – 160 с.
31. Иванов В.В. Периодические колебания погоды и климата // Успехи физических наук.– 2002. – Т.172, № 7.– С.777-811.
32. Казначеев В.П., Михайлова Л.П. Биоинформационная функция естественных электромагнитных полей. – Новосибирск, Наука. – 1985. – 181 с.
33. Ковальчук А.В. Космически обусловленные многодневные ритмы физиологических процессов// В кн. Космос и эволюция организмов. М.: Наука, 1974. – С. 133-149.
34. Копанев В.П., Шакула А.В. Влияние гипомагнитного поля на биологические объекты. Л. Наука. – 1985. – 72 с.

35. Корнелиссен Ж., Халберг Ф., Бреус Т.К. и др. О происхождении биологической недели по данным о вариациях ритма частоты сердечных сокращений ...// Биофизика.– 1998. – Т. 43, № 4. – С. 666-669.
36. Кузнецов А.Е. Синхронизация биосинтетической активности микробных продуцентов ритмики космофизического происхождения // Биофизика. – 1992.– Т.37, № 4. – С. 772-784.
37. Кузьменко В.А., Гуменюк В.А., Раевская О.С. и др. Соотношение между ритмами сердцебиения и дыхания в зависимости от состояния геомагнитного поля // Физиология человека. – 1982. №8. – С. 199-202.
38. Ли А.В. Влияние сверхслабых магнитных полей на устойчивость организма к гипоксии и на макро-микрорезультативный состав сердечной мышцы: Автореф. дис. ... канд.биол.наук. – М., 1990. – 16 с.
- 39.
40. Мартынюк В.С. Внутрисуточные гео- и гелиофизически значимые периоды в интегральном ритме двигательной активности животных // Биофизика. 1998, Т.43, № 5. – С.789-796.
41. Мартынюк В.С., Темурьянц Н.А., Московчук О.Б. Корреляции биофизических параметров биологически активных точек и вариаций гелиогеофизических факторов // Биофизика. – 2001. – Т. 46. – В. 5. – С. 905-909.
42. Михайловский В.М., Красногорский М.М., Войчишин К.С. и др. Про сприймання людьми слабих магнітних полів // Доповіди УССР. – 1969. Т. 106, № 10. – С. 929-934.
43. Моисеева Н.И., Сысуев В.М. Временная среда и биологические ритмы. – Л.: Наука, 1981. – 128 с.
44. Новикова К.Ф., Толкачева Н.П. Влияние геомагнитных возмущений на суточную периодику некоторых функций сердечно-сосудистой системы больных ишемией // Вопросы климатофизиологии, климатотерапия и климатопатология. – Ялта, 1982. – 94 с.
45. Панкратов А.К., Нарманский В.Я., Черных Н.С. и др. Космос и биологические ритмы. Симферополь. – 1995. – 206 с.
46. Пресман А.С. Электромагнитные поля и живая природа. – М.: Наука, 1968.– 288 с.
47. Пудовкин М.И., Распопов О.М., Клейменова Н.Г. Возмущения электромагнитного поля Земли. Л.: Изд. ЛГУ, Т.2, 1975. – 270 с.
48. Пэрна Н.Я. Ритмы жизни и творчества. Петроград, 1925. – 143 с.
49. Рыжиков Г.В., Балугев А.Д., Кузьменко В.А. Влияние возмущений геомагнитного поля на суточную ритмику физиологических функций // Физиология человека. – 1982. Т. 8. № 2. – С. 192-197.
50. Садаускас К.К., Шуранова Ж.П. Изменение фоновой активности нейронов под влиянием низкочастотного магнитного поля // Биологическое действие электромагнитных полей: Тез. докл. на Всесоюзн. симпоз. – Пушкино-на-Оке, 1982. – С. 58-59.
51. Самохвалов В.П. Эффекты космофизических флуктуаций при психических заболеваниях // Проблемы космической биологии. Наука, 1989. – Т.65. – С. 65-80.
52. Серохвостов А.П., Кузюта Э.И. Ритмы под солнечным ветром. - Фрунзе: Кыргызстан, 1991. - 108 с.
53. Силина А.В., Краснов Е.В., Явнов С.В. Периодичность роста некоторых видов двусторчатых моллюсков дальневосточных морей // Биология моря. 1976. Т.4. – С. 32-37.
54. Степанюк И.А. Электромагнитные поля при аэро- и гидрофизических процессах. СПб: Росс.гос. гидрометеорологический У-т, 2002. – 214 с.
55. Судаков К.В., Антимоний Г.Д. Центральные механизмы действия электромагнитных полей // Успехи физиол. наук. – 1973. – 4, № 1. – С. 101-116.
56. Сюткина Е.В., Яцык Г.В., Масалов А.В. и др. Созревание ритмической структуры показателей артериального давления и частоты сердечных сокращений у новорожденных детей и вариации геомагнитного поля // Атлас временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов. – М.: «Янус-К», 2002. – Т.3. – С. 549-555.
57. Темурьянц Н.А., Макеев В.Б., Малыгина В.И. Влияние слабых ПемП СНЧ на инфранианную ритмику активности симпатoadренальной системы крыс // Биофизика. 1992. – Т.37, вып. 4. – С. 653-655.
58. Темурьянц Н.А., Чуян Е.Н., Шехоткин А.В. Инфранианная ритмика функционального состояния нейтрофилов и лимфоцитов крови крыс с различными индивидуальными особенностями // Биофизика. 1995. Т. 40., № 5. – С.1121-1125.
59. Темурьянц Н.А., Шехоткин А.В., Насилевич В.А. Магниточувствительность эпифиза // Биофизика. – 1998. – Т.43, № 5 – С. 761-765.
60. Темурьянц Н.А., Чуян Е.Н., Московчук О.Б., Шишко Е.Ю., Минко В.А. Влияние низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты на инфранианную ритмику дегидрогеназной активности лейкоцитов крои крыс // Ученые записки ТНУ, 2003. – Т. 16(55), № 1. – С. 3-11.
61. Тягун НФ. Общие периодичности вращения солнечной атмосферы и функционирования человеческого организма //Биофизика. – 1995. – Т.40., № 4. – С. 822-824.

62. Чернух А.М., Виноградов Л.И., Гехт Б.М. и др. Влияние геомагнитной возмущенности на биоритмы человека // Проблемы космической биологии. М.: Наука, 1982. Т. 43. – С. 47-50.
63. Чибисов С.М., Овчинникова Л.К., Бреус Т.К. Биологические ритмы сердца и «внешний» стресс. – М. Изд. Росс. У-та дружбы народов, 1998. – 285 с.
64. Чибисов С.М., Бреус Т.К., Левитин А.Е., Дрогова Г.М. Биологические эффекты планетарной магнитной бури // Биофизика. – 1995. Т.40, №5. – С. 959-968.
65. Шабатура Н.Н. Механизм происхождения инфраничных биологических ритмов // Успехи физиологических наук. – 1989. – Т. 20, № 3. – С. 86-103.
66. Шехоткин А.В. Влияние переменного магнитного поля сверхнизкой частоты на инфраничную ритмику количественных и функциональных характеристик лейкоцитов крови у интактных и эпифизэктомированных крыс: Автореф. дисс. ... канд.биол.наук. - Симферополь, 1995. - 25 с.
67. Broun F.A., Chow C.S. Lunar correlated variations in water uptake by bean seeds // *Biology Bull.* – 1973. V. 145. – P. 265-266.
68. Delgado J.R.M. Biological effects of extremely low frequency electromagnetic fields // *Biomagnetism: Application and Theory.* N.-Y.: Pergamon Press. – 1985. – P. 443-445.
69. Friedman H., Becker R.O., Bachman Ch. H., Geomagnetic parameters and psychiatric hospital admissions // *Nature*, 1963. V. 200, N 1907. – P. 626-628.
70. Halberg F., Halberg E., Halberg P. et al. Circa Septau and circa Semiseptau rhythms. 2 Examples from botany, zoology and medicine // *Biologic.* 1986. v. 41, N 3. – P. 233-252.
71. Jacobson J. I PT– pineal–hypofh Panminerve Med., 1994.– 36, N 4.– P. 201-205.
72. Ludwig H.W. Electromagnetic multiresonance – the base of homeopathy and biophysical therapy // *Proc. 42nd Congr. Int. Homeopathic Med. – League, 29 March – 2 April, 1987. – Arlington, 1987.– P. 74-79.*
73. Ormenyi I, Links between Moon phases and ELF Atmospherics of 3Hz, in *Geo-cosmic relations; The earth and its macro – environment*, Pudoc: Wageningen, 1990. – P. 206-209.
74. Persinger M.A. (ed.) ELF and VLF electromagnetic field effects // N. –Y.: Plenum Press, 1974. – P. 5-317.
75. Sollberger A. *Biological rhythm research*, Elsevier, Amsterdam, 1965.–315 p.
76. Villoresi G., Kopytenko Y.A., Ptitsyna N.G. et al. and man –made magnetic field disturbances on the incidence of myocardial infarction in St. Petersburg // *Phygica Medica.* 1994. V. 10. – P. 107-117.
77. Yokoi S., Ikede M., Yagi T., Nadai K. et al. Disturbed circadian rhythm of mouse before earthquake by expose to electromagnetic pulses // *Abstract book 25 annual meeting BSMS. – 2003, Mam – P. 174.*
78. Wever R.A. Human circadian rhythms ubder the influence of weak electric fields and the different aspects of these studies // *Int. J. Biometeorol.* – 1973. – Vol. 17, N 3. – P. 227 – 232.