

Космическая погода

«Кризис миновал...»

До недавнего времени ученые считали, что в иерархии биологических ритмов живых существ Земли именно суточные ритмы являются ведущими. Предполагалось, что возникли они на ранних стадиях существования организмов под влиянием суточных ритмов температуры и освещенности, связанных с вращением Земли, а затем закрепились эволюционно на всех уровнях сложных биологических систем — от клеточного до организменного.

Некоторые из них, к примеру, инфрадианные (протекающие с периодичностью меньше 28 дней и больше 28 часов; репродуктивный, или менструальный, цикл женщины, шестидневный цикл физической и умственной активности человека) были известны еще в античные времена как ритмы обострений различных заболеваний. На практике, эмпирически, с ними знакомы и современные врачи.

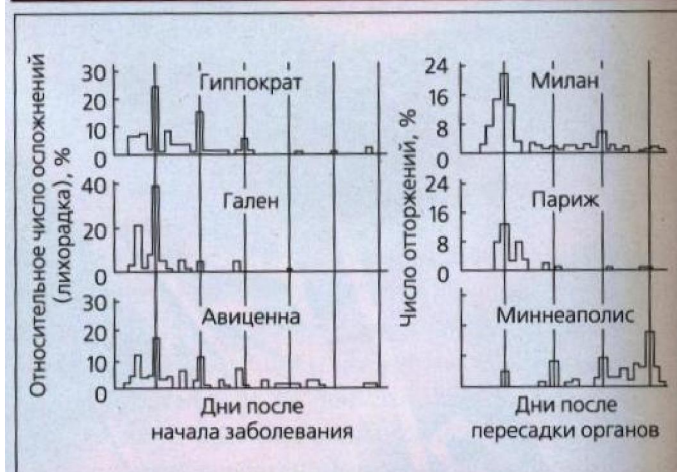
Практически до конца XX века среди специалистов бытовало мнение, что выявленные биологические ритмы «имеют социальное происхождение». Лишь немногие ученые сомневались в этой установке. Так, в 1965 г. впервые был отмечен эндогенный (внутреннего происхождения) характер околонеделных и полунедельных биологических ритмов. Ф.Халберг сообщил коллегам об обнаруженном им свободном течении биоритмов и о том, что их период несколько отличается от точного периода социальной недели — семи дней.

В самом деле, медикам известно, что у пациентов с тяжелыми заболеваниями (или, например, перенесших операцию по трансплантации органов) есть так называемые ритмы кризисных дней, свободно текущие, синхронизирующиеся не с социальной неделей, а с началом заболевания или днем проведения операции. Это и означает, что они встроены во временную структуру организма и являются эндогенными биологическими ритмами. Но если этот момент был очевиден, то вопрос «какой внешний фактор может задавать ритмы этих периодов?» оставался без ответа. Вот и

считали, что причиной существования биологической недели является прежде всего внутренняя эволюция, т. е. завершение за недельный период интеграции каких-то внутренних процессов, но не адаптацию к внешним ритмам.

Лишь в 1980-х годах было высказано предположение, что ритмы электромагнитных полей (ЭМП) в среде обитания биологических объектов могли быть таким внешним синхронизатором, сформировавшим эндогенную инфрадианную и ультрадианную ритмику (меньше 24 часов) биологических объектов.

Рис. 1. Спектры обострений после начала заболевания лихорадкой, построенные по записям врачей античного периода (слева) и отторжений трансплантатов после операций по пересадке почек и сердца, рассчитанные по протоколам клиник в Париже, Милане и Миннеаполисе (справа).



Примечание. В Миннеаполисе применялись специальные медикаменты, препятствующие отторжению, но их действие только изменило амплитуды, но не подавило соответствующую ритмику.

Справедливости ради следует отметить, что в формировании эндогенной ритмики с периодами около 27—28 дней и их гармониками могли играть важную роль и другие факторы, например, слабые гравитационные ритмы, порождаемые воздействием Луны (также имеют около двадцати семидневную периодичность). Эти стабильные «лунные» ритмы, интегрированные во временную структуру живых объектов, составили, по-видимому, фоновые эндогенные колебания, на которые накладывались ритмы естественных ЭМП сходных периодов. Однако

слабые естественные электромагнитные поля содержат более широкий спектр периодов. И живым организмам необходимо было адаптироваться к их воздействию, иначе десинхронозы (изменение различных физиологических и психических функций организма в результате нарушения ритмов его функциональных систем) — потенциальная опасность для выживания.

Временная структура биологических ритмов разнообразна. Помимо долгопериодических ритмов в спектрах колебаний ЭМП есть еще и очень низкочастотные компоненты. Они чрезвычайно близки к ритму сокращения сердечной мышцы или к различным ритмам мозга (таким как α -, β -, θ - ритмы). Гелиогеофизические ритмы таких частот возникают при взаимодействии солнечного ветра с магнитосферой Земли. Они существуют при определенных условиях во время геомагнитных возмущений, в том числе магнитных бурь, возникают вследствие захвата молниевых разрядов в волновод, образованный ионосферой и поверхностью Земли (шумановские резонансы).

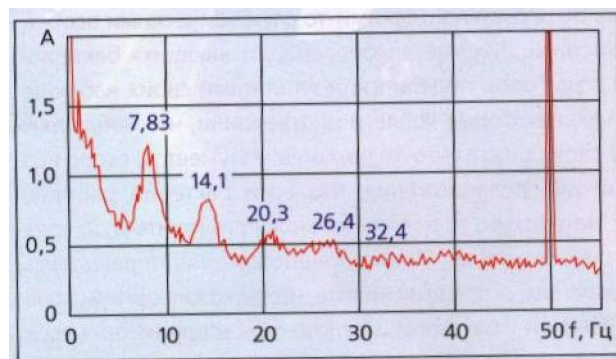
За последнее время было проведено множество исследований по выявлению биологических ритмов инфраничных периодов на всех уровнях биологических систем: от клетки до организменного уровня. Их данные показывают, что существование ритмов периодов, соответствующих периоду собственного вращения Солнца и его гармоник, — универсальный закон биологии.

В течение 26 месяцев у младенца наблюдали частоту сердечных сокращений, систолическое и диастолическое кровяное давление, ритм дыхания. Выяснилось, что в спектрах первых четырех месяцев жизни новорожденного присутствует весь набор ритмов с периодами, близкими к ритмам гелиогеомагнитных факторов. Лишь на пятом месяце исследования у малыша начинает проявляться суточный ритм и доминирует к годовалому возрасту.

Околонедельные ритмы существуют у новорожденных с первых дней их существования. В материнском организме наиболее мощным ритмом является, как известно, суточный ритм, и отличие ритмики

новорожденных от материнской в первые месяцы жизни позволяет заключить, что долгопериодические биологические ритмы, сформировавшиеся под влиянием гелиогеомагнитных ритмов, эволюционно присутствуют генетически в филогенезе (историческом развитии организмов), в то время как суточный ритм, связанный с волновым излучением Солнца, формируется в онтогенезе (индивидуальном развитии организма).

Резонанс Шумана - явление образования стоячих электромагнитных волн между поверхностью Земли и ионосферой в области низких и сверхнизких частот. Впервые эффект



стоячих волн такого типа был предсказан Никола Тесла. Спустя пять с лишним десятилетий предположение о существовании резонанса электромагнитных волн в пространстве Земля - ионосфера высказал профессор Мюнхенского университета ВО. Шуман в 1952 г., о чем и опубликовал три статьи. Ознакомившись с ними, врач Герберт Кёниг (Herbert Konig) обратил внимание на близость частоты волны, теоретически рассчитанной Шуманом, и α -волн человеческого мозга. Он связался с Шуманом, и они продолжили исследования. 8 том же 1952 г. они экспериментально подтвердили существование таких естественных резонансов.

На рисунке — типичный спектр колебаний с резонансами Шумана. Биоритмы мозга находятся в близком диапазоне частот, но избегают резонансов: α -ритм мозга (8-13 Гц) находится между двумя пиками резонансов Шумана, а основная область θ -ритма (4-8 Гц) - перед первым пиком.

Физика и биология эффектов ЭМП

На протяжении цикла солнечной активности происходит синхронное изменение амплитуды вариаций околонеделных гелиогеофизических и биологических ритмов. И синхронность вариаций в цикле солнечной активности — ключевой аргумент их связи.

Выдвинутая концепция адаптационных причин формирования биологической ритмики предполагает и существование «групп риска», в которых проявляется наибольшая чувствительность к возмущениям (сбоям ритмов) естественных ЭМП из-за неустойчивого состояния системы. В их создании исследователям помог опыт врачей скорой помощи. Ученые взяли данные банка вызовов скорой помощи Москвы за три года (1979-1981) по поводу 10 различных заболеваний и травм (всего 6 млн показателей). Оказалось, что одной из основных мишеней для гелиогеомагнитных возмущений является сердечнососудистая система. Достоверное возрастание числа вызовов скорой помощи во время сильных планетарных магнитных бурь (с индексом АА > 60) происходило как раз в группе больных инфарктом миокарда (рост на 13% в группе из 80 тыс. пациентов). Причем в этой главной группе риска во время геомагнитного возмущения у 85% больных, перенесших инфаркт миокарда и страдающих стенокардией (172 человека), наблюдались различные функциональные расстройства сердечного ритма, в то время как у 60% здоровых людей (5% человек) хоть и были отмечены функциональные расстройства сердечного ритма, но они были выражены существенно слабее, чем у больных, и не требовали специальной терапии.

Специалисты также отметили, что во время геомагнитного возмущения примерно у 80% больных и 30% здоровых людей возрастала вязкость крови, замедлялся капиллярный кровоток и наблюдалась агрегация эритроцитов. У здоровых людей и больных молодого возраста после солнечной бури эти эффекты быстро проходили.

Исследования также показали, что геомагнитные возмущения серьезно влияют на состояние нервной системы: меняется состояние симпатического отдела вегетативной нервной системы, основная функция которого

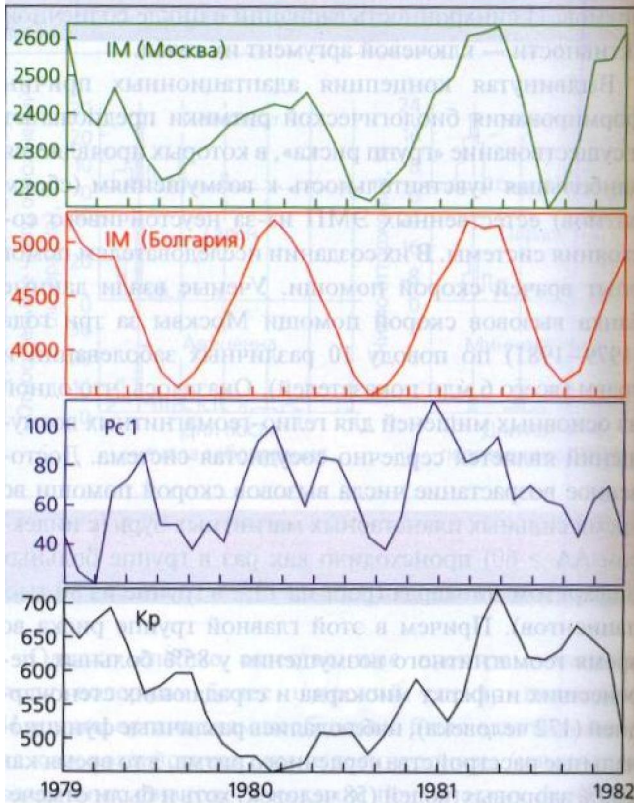
— приспособление к изменяющимся условиям внешней среды. Происходят изменения гормонального статуса организма, в частности, ученые отмечают, что как у здоровых, так и у больных людей в этот период заметно повышается уровень гормона стресса — кортизола, вырабатываемого корой надпочечников. Наблюдается повышение выброса адреналина (активация симпатoadреналовой системы обеспечивает быстрые адаптивные изменения в обмене веществ, направленные на мобилизацию энергии; обуславливает приспособительные реакции организма, особенно в экстремальных условиях нарушения гомеостаза). Ну и, конечно же, геомагнитные бури сказываются на выработке организмом гормона мелатонина — регулятора суточных ритмов и сна.

«Сердечные» эффекты магнитных бурь у пациентов с инфарктами достоверно наблюдались в НИИ клинической кардиологии им. А.Л.Мясникова. В другой, гораздо более здоровой «группе риска», у космонавтов (49 человек), адаптационная система которых перенапряжена действием иных факторов, связанных с полетом (например невесомости), во время геомагнитного возмущения также достоверно наблюдались реакции типа адаптационного синдрома. Изменялась частота сердечных сокращений, происходила опасная стабилизация сердечного ритма, возникала аритмия, изменялся сосудистый тонус, причем особенности этих реакций зависели от исходного состояния организма космонавтов — длительности полета и условий посадки на Землю.

Электрические цепи на «жгутиках» бактерий

Биологический усилитель может использовать самые разные механизмы. Не следует, видимо, исключать и самый обычный механизм — принцип усиления электрического сигнала, который, возможно, присутствует в электрических цепях, образованных... бактериями. Это недавно обнаруженное явление состоит в том, что бактерии способны собирать достаточно сложные электрические цепи.

Рис. 2. Вызовы скорой помощи по Москве по поводу инфарктов, смертность от инфаркта миокарда по Болгарии, Pс1 пульсации и индекс геомагнитной активности Kp



Все началось с исследований микробиолога Юрия Горби (Yuri Gorby) из американской Тихоокеанской северо-западной лаборатории (Pacific Northwest National Laboratory), который заметил, что микробы, перерабатывающие токсичные металлы, вытягивают с поверхности своей мембраны тонкие жгутики. Он подумал, что такая анатомическая странность должна быть связана с какими-то специфическими особенностями этих «металлоперерабатывающих» бактерий. Когда Горби поделился результатами своих наблюдений, некоторые коллеги подтвердили, что наблюдали в своих опытах что-то похожее. Разумеется, скоро возникли предположения, что если бактерии работают с металлами, то наверняка можно говорить и об электрическом токе. Позже предположения оправдались. Впрочем, скоро выяснилось, что похожие органы появлялись и у бактерий, вовлеченных в другие процессы, например, фотосинтеза и ферментации.

Возмущенное светило

Наше светило возмущается не одинаково. И у геомагнитных возмущений самые разнообразные характеристики: по интенсивности, спектральному составу и т. д. Какой же из факторов оказывает биологическое действие — становится биотропным агентом?

Чтобы установить действующий фактор, было проведено много исследований. Данные однозначно говорят о том, что у людей, находящихся в электромагнитных полях низкой и очень низкой частоты, изменяется частота сердечных сокращений, причем настолько, что может приводить к внезапной смерти от аритмии и к развитию инфаркта миокарда.

Исследователи, установив, что сердце является мишенью для воздействий ЭМП, высказали предположение, какие именно полосы частот могут быть биотропными агентами магнитных бурь. В их список попали геомагнитные пульсации Pс3 (частоты 0,5-2 Гц), совпадающие с основными ритмами сердца, а также полоса частот 6-16 Гц в диапазоне частот α - и β -ритмов головного мозга (шумановские резонансы) и, наконец, пульсации типа Pс3 с периодами 20-40 с (такие квазипериоды были также замечены в ритмах сердечной деятельности).

Первые исследования роли Pс1-пульсаций в качестве биотропного агента были проведены в конце 2004 г. К слову, пульсации типа Pс1 характерны для восстановительной и начальной фазы магнитной бури и могут одновременно охватывать многие географические долготы. Колебания имеют вид отдельных волновых пакетов длительностью 0,3-1,0 мин с повторением через 1-4 мин. Общая длительность серий от минуты до нескольких часов. Данные скорой помощи (по Москве и Болгарии) показывают очевидную высокую корреляцию ($R = 0,84$) между числом инфарктов миокарда в нашей столице и общей смертностью от инфаркта в Болгарии. Это может свидетельствовать о наличии глобального внешнего фактора, оказывающего негативное влияние на сердечнососудистую систему больных.

Установлено, что в 70% случаев дней с аномально большим числом инфарктов миокарда в Москве отмечалось появление геомагнитных пульсаций типа Pс1. Вероятность появления таких дней вдвое превышает вероятность их случайного совпадения.

Обнаружена корреляция сезонного хода смертности от инфаркта миокарда за 25 лет и длительности геомагнитных пульсаций типа P_{el}.

Чем ответить человеку?

Если существование биологических эффектов слабых переменных ЭМП в настоящее время уже не вызывает сомнения, то остается нерешенной основная проблема гелиобиологии и магнитобиологии: каков реальный физический механизм эффектов столь слабых полей, энергия которых на много порядков меньше, чем энергия собственных тепловых шумов биологических объектов?

В формировании магнитобиологического эффекта участвуют процессы разных уровней организации живых систем. Понятно, что и специалисты разных областей относятся к проблеме этого поиска по-разному. Медики ищут органы и физиологические процессы, чувствительные к электромагнитным полям, биологи исследуют клеточные и внутриклеточные структуры, формирующие отклик биологических систем на скрещенные постоянные и переменные электромагнитные поля, биохимики ищут биохимические реакции, которые могли бы зависеть от этих полей, биофизики пытаются выделить магниточувствительные молекулярные структуры.

Однако первичные процессы взаимодействия магнитного поля с электронами, атомами и молекулами биологических объектов — это прежде всего процессы физические. Заряженные частицы живой материи, участвующие в биофизических и биохимических процессах, являются, по-видимому, посредниками в передаче электромагнитных сигналов на следующий — биохимический уровень. Регуляция активности белков ферментов осуществляется биофизическим механизмом с участием ионов и молекул в процессах обмена веществ. Видимо, именно с этого уровня можно наблюдать действие магнитного поля по изменению концентрации продуктов метаболизма.

Какие же специализированные биологические магниторецепторы участвуют в этих процессах? Обнаружены биомангнетиты (кристаллы, способные намагничиваться) у некоторых бактерий, птиц, приматов и у

человека вблизи клиновидной кости в черепе и в надпочечниках.

Исторически первым предложенным механизмом биологических эффектов ЭМП был вращательный момент этих кристаллов в магнитном поле и связанное с ним давление на соседние ткани. Этот механизм, по-видимому, объясняет «хоминговые» эффекты, обнаруженные у некоторых птиц и позволяющие объяснить ориентацию по магнитному полю, но не решает нашей проблемы. Судите сами: одноклеточные организмы не содержат магнетитов, но при этом реагируют на электромагнитные поля, причем их реакция носит сложный нелинейный характер и зависит от параметров поля. Более того, биомангнетиты и клетки имеют различный масштаб, и нужен еще механизм, посредством которого энергия магнитной частицы большого масштаба может быть перенесена на молекулярный уровень.

(Окончание следует.)

Источник: Экология и жизнь.-2011.-№12.-
С.81-85.

Т.К. Бреус
ведущий научный сотрудник
Института космических наук
доктор физико-математических наук.
руководитель секции гелиобиологии
проблемного совета «Солнце — Земля» РАН