

ВЛИЯНИЕ МАГНИТНЫХ БУРЬ НА УПРАВЛЕНИЕ И ХРОНОСТРУКТУРУ БИОЛОГИЧЕСКИХ РИТМОВ СЕРДЦА

С.М. Чибисов

Кафедра общей патологии и патологической физиологии Российского университета дружбы народов, Москва, Медицинский факультет
e-mail: chibisov@med.rudn.ru

В настоящее время широко обсуждается влияние гелиогеомагнитных флуктуаций на биологические объекты. [1,2,3]. Организм упрощенно можно представить как набор функционально и пространственно выделенных связанных осцилляторов; частоты излучения и биоритмы являются собственными частотами системы. Есть основания считать, что высокочастотная область биоэффективных частот (~ГГц) обусловлена преимущественно вынужденным резонансом микромасштабных структур организма (ионы, аминокислоты, мембраны и т.п.), а низкочастотная (ОНЧ-УНЧ диапазон) – параметрическим резонансом крупномасштабных систем (сердце, мозг, кровеносная система и т.п.). Биоэффективные частоты определяются собственными частотами соответствующих систем организма и могут быть математически оценены по порядку величины при знании масштабных факторов и характерных скоростей в рассматриваемой системе [4]. Клеточный уровень биологических часов более стабилен и может использоваться живыми организмами в качестве собственных эталонных часов, слегка варьирующихся от организма к организму даже внутри одного биологического вида. Но проблема отсчета и квантования внутреннего времени не сводится только к созданию эталонных часов, но и к синхронизации различных ритмов между собой и окружающей средой. Если нет синхронизации, одни часы уйдут вперед, а другие отстанут. Приспосабливаясь к циклически изменяющейся среде, живые организмы эволюционно сформировали набор колебательных физико- химических процессов с разными периодами – своеобразную библиотеку программ поведения. Таким образом у живых организмов существует эволюционный механизм узнавания ситуаций, опирающийся на микро - изменения параметров на клеточном уровне, но запускающий извлекаемую из памяти макропрограмму принятия решений и дальнейшего стереотипного поведения, наилучшим образом отвечающая внешним обстоятельствам. В дальнейшем возник механизм объединения малых программ стереотипного поведения в блочно иерархически - организованные крупные и протяженные по времени программы, которые в свою очередь также становились стереотипными (Г.Р. Иваницкий [5]). Последовательность запуска стереотипных программ, начало и окончание действие каждой из них, фиксирование и исправление накапливающихся со временем ошибок, а также взаимодействие с параллельно реализуемыми программами неразрывно связаны с отсчетом эталонного внутреннего времени и синхронизацией различных временных ритмов организма между собой. Не менее важны процессы синхронизации и существования единых временных стандартов при построении взаимоотношений с другими биологическими особями. Синхронность часов в обществе проверяется по сигналам точного времени. Для биологических систем в качестве управляющего внешнего «сигнала точного времени» естественно было выбрать такой общепланетарный фактор внешней среды, как магнитные бури [6].

В связи с вышесказанным понятно, что прогноз магнитных бурь – важная задача физики солнечно-земных связей. Однако в настоящее время все геофизические методы исследования космической погоды и состояния околоземного пространства не могут дать гарантированного точного прогноза, за исключением повторяющихся каждый оборот Солнца вокруг своей оси рекуррентных бурь с периодом в 27 суток. О.В. Хабарова и Е.А. Рудечник (2004) отмечают, что оправдываемость среднесрочных прогнозов до сих пор остается неудовлетворительной, снижаясь до 30% в годы минимума 11-ти летнего цикла солнечной активности (для сравнение: как известно из теории вероятности, гадание подбрасыванием монетки с вопросом «Будет буря или нет?» даст вероятность правильного ответа 50% на 50 %). Отчасти это связано с тем, что на данный момент большинство методик среднесрочного прогноза ориентировано на анализ солнечных данных, слежение за активными областями и прогнозирование бурь, являющихся следствием активных процессов на Солнце. Но в годы минимума солнечной активности преобладают рекуррентные потоки и потоки смешанной природы, слежение за которыми затруднено. [7].

Но даже при наличии гарантированного 100% прогноза магнитных бурь, остается неясным физический механизм столь тотального воздействия относительно слабых вариаций магнитного поля Земли на биологические структуры вообще, и на человека – в частности. Частота является носителем информации, а виды колебаний в организме могут трансформироваться друг в друга. Поэтому можно полагать, что резонансный отклик организма возможен на одних и тех же частотах при различных типах воздействия на него (электромагнитных, акустических и т.п.). В книге Б.М. Владимирского, Н.А. Темурьянц, В.С. Мартынюка [2] указывается, что в списке полос внешних частот, к которым биологические организмы разной степени сложности организации особенно чувствительны, имеются не только частоты, характерные для геомагнитных пульсаций (например, около 0,01 Гц, сопоставимые с микропульсациями Рс 3), но и частоты около 8 Гц, сопоставимые с основной частотной полосой ионосферного волновода. В работах Ю.П. Горго отстаивается точка зрения, что основным непосредственным механизмом воздействия слабых внешних полей на биологические объекты являются околominутными микрофлуктуациями атмосферного давления, интенсивность которых напрямую варьируется в зависимости от изменений магнитного поля Земли. В качестве одного из возможных механизмов реакции биообъектов на магнитные бури может служить параметрический резонансный отклик важнейших органов и систем организма (мозга, сердечно-сосудистой и эндокринной системы) на усиление длиннопериодных колебаний магнитного поля Земли, как во время бурь, так и в некоторых случаях - до них [4]. Причиной появления предбуревых длиннопериодных (2-250 мин) осцилляций геомагнитного поля является смена осцилляторного режима солнечного ветра за несколько дней до прихода геоэффективных потоков солнечного ветра к Земле.

Однако, утверждение о том, что магнитные бури воздействуют только на избранных чувствительных или больных людей, является иллюзиями массовой пропаганды. Также неверным является утверждение об исключительно негативном воздействии резких вариаций магнитного поля Земли. В работе М.В. Рагульской [8] изложены результаты 7-летнего биогеофизического мониторинга 1998-2005 гг. по изучению пространственно-временных эффектов влияния космической погоды на постоянные группы функционально здоровых людей, одновременно в разноширотных географических пунктах. Общее число измерений – более **500 000**; за время измерений произошло более **350** магнитных бурь. Показано, что реакция на одиночные магнитные бури имеет 3- фазную форму (синхронизация, десинхроноз и фаза релаксации); наличие реакции не зависит от пола, состояния здоровья и возраста обследуемых. Индивидуальные особенности проявляются в соотношении амплитуд и длительностей отдельных фаз. Для здоровых людей характерно преобладание фазы синхронизации, для больных – десинхроноза. Выявлено существование следующих **пространственно-временных** эффектов космофизических факторов на организм человека: Широтный эффект. Одновременные эксперименты на различных широтах показали совпадение (в пределах суток) вариаций измеряемых физиологических параметров. При увеличении геофизической широты места проведения эксперимента возрастает процентное содержание обследуемых, реагирующих на резкие вариации космофизических факторов (от 50-60% в Одессе и Киеве до 90% в Санкт-Петербурге) и в 1,4 раза увеличивается амплитуда реакции. Триггерный эффект. Реакция организма человека при воздействии естественных внешних полей носит триггерный характер. При этом амплитуда физиологических реакций при резких изменениях геофизических полей практически не зависит от увеличения амплитуды внешних полей, а определяется внутренними характеристиками биосистемы. Временной эффект. При анализе длительных (годовых) рядов наблюдений выявлена тенденция увеличения среднемесячных значений индивидуальной физиологической нормы в период нарастания и максимума солнечной активности, и тенденция уменьшения среднемесячных значений индивидуальной нормы на фазе спада солнечной активности. Амплитудный эффект. Существует «коридор интенсивности» биоэффективности магнитных бурь. Существование «амплитудного» окна свидетельствует о реализации параметрических свойств рассматриваемой биосистемы при воздействии естественных внешних полей. Кумулятивный эффект. Влияние внешних факторов синергетически усиливается при их одновременном воздействии, оказываясь эффективным, даже если амплитуда каждого из внешних факторов по отдельности слишком мала для начала стресс-реакции организма.

При воздействии гелиогеомагнитных флуктуаций среди органов -мишеней наиболее часто называют сердце [9-11]. Обобщая результаты мониторингового эксперимента ИЗМИРАН за 2003

год, В.В. Вишнеvский, М.В. Рагульська, Л.С. Файнзильберг отмечают, что в магнитовозмущенные дни у большинства обследуемых наблюдается: аритмия; 2-3-кратное возрастание коэффициента симметрии Т-зубца после проведения стресс-теста; изменение динамики выхода из состояния недозированной физической нагрузки; централизация управления организмом. Наиболее подверженными влиянию магнитных бурь оказываются мужчины, женщины демонстрируют преобладание эндогенных ритмов. [12]

Для выявления особенностей динамики параметров крови и сердечной ритмики млекопитающих автором было проведено экспериментальное изучение морфофункциональных хронобиологических изменений сердечно-сосудистой системы кроликов во время магнитной бури.

Методика исследования.

Биологический эксперимент проводили на 240 кроликах-самцах породы "шиншилла" массой 2600-3500 г, содержащихся на стандартном рационе вивария, в магнитоспокойные сутки и в период фазы восстановления умеренной геомагнитной бури С1, в начальной фазе следующей за ней сильной бури А2, во время главной фазы большой планетарной бури В2 и в первые часы фазы восстановления С2 последней. Увеличение характеристик геомагнитного поля А2 было зарегистрировано в 20 часов через сутки после начала эксперимента, активный период этой сильной бури - в 13 часов следующего дня, а пик главной фазы В2 - в 17 часов. Данные о состоянии электромагнитного поля Земли получены по его измерениям в магнитной обсерватории ИЗМИРАН. В течение трех суток эксперимента с интервалом в 3 часа у животных (n=5), проводили исследование КОС крови и систолического (диастолического) артериального давления (САС и ДАД соответственно), в полости левого желудочка сердца после пятисекундной окклюзии аорты регистрировалось пиковое систолическое давление (SBR-LV). Тот же показатель, но с пережатием легочной артерии определялся для правого желудочка (SBR-RV), исследовали кардиомиоциты левого желудочка (ЛЖ) и правого желудочка (ПЖ), В течение трех суток эксперимента охватывающих все периоды магнитной бури, с интервалом в 3 часа проводили забор ткани миокарда у животных (n=5). Исследовали кардиомиоциты левого желудочка (ЛЖ) и правого желудочка (ПЖ) методом электронной трансмиссионной микроскопии на микроскопах "JEM-100C" при увеличении в 6000 и 20000 раз. Количественная оценка трансмиссионных электронограмм проводилась по методике Паукова В.А., Казанской Т.А. и Фролова В.А. Определяли коэффициент энергетической эффективности митохондрий (КЭЭМх); коэффициент энергетической эффективности митохондрий (Мх) электронограммы (КЭЭМ_{ЭГ}).

Результаты исследования. Сравнение спектров КОС в магнитоспокойные сутки показало высокое сходство ритмических структур АРН, АНСО₃, АТСО₂, АВЕЕ, АВЕИН, АВС, АНВ, VНСО₃, VТСО, VBЕЕ, VBEIN, VBC, VНВ, САС и ДАД. Все эти показатели имели основные максимумы от 03 до 06 ч в циркадианном диапазоне (длительность периода 22-24 ч.) Выявлены также периоды, близкие ко второй гармонике (10-11 ч). Для многих показателей максимумы спектров, найденные при линейном косинор-анализе, были подтверждены методом нелинейного косинора.

Спектры напряжения кислорода и углекислого газа в артериальной и венозной крови, а также артерио-венозной разности напряжения кислорода, помимо циркадианного пика, имели максимумы в области 16 часов, т.е. ультрадианный ритм.

В магнитоспокойные сутки спектральные характеристики систолического и диастолического артериального давления у кроликов практически совпадали. Они характеризовались четким суточным компонентом (период 24 ч) и значительно менее выраженными ультрадианными компонентами (12-13 ч в обоих спектрах и 8 ч в спектре САД)

Косинор-анализ выявил значительные различия суточных ритмов исследованных физиологических показателей в разные сезоны года. Как правило, в магнитоспокойные сутки ритмы были хорошо выражены, а в магнитовозмущенные они или отсутствовали, или были «сглажены», «размыты», что хорошо видно на приведенных ниже рисунках. Особенно ярко эти различия проявлялись у показателей АД (рис.1). В магнитовозмущенные сутки обнаружены похожие ритмические структуры для АНСО₃, АТСО₂, АВЕЕ, АВЕИН, АВС, VНСО₃, VТСО, VBЕЕ, VBEIN и VBC. В их спектрах обнаружено несколько максимумов в ультрадианном диапазоне (с периодами 7, 9, 12-13 и 16 ч). Циркадианная ритмичность была «размазана» отмечался широкий максимум спектральной плотности, который не укладывался в границы циркадианного диапазона. Согласно результатам нелинейного косинора, верхняя граница доверительного интервала

достигала 36-37 ч. Спектры напряжения кислорода и углекислого газа, а также РН в артериальной и венозной крови, значительно отличались от таковых в магнитоспокойные сутки. В них была максимально выражена ультрадианная составляющая. Ультрадианная ритмика характерна для показателей артериального давления.

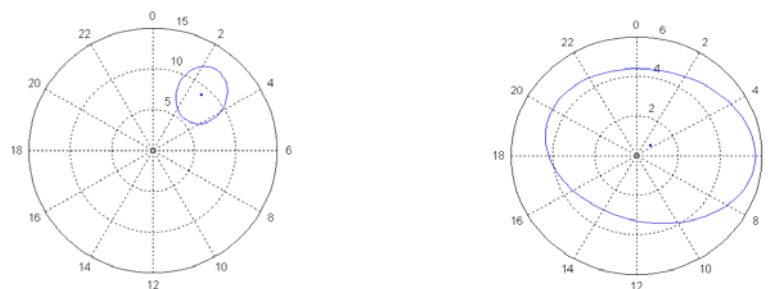


Рисунок 1. Результаты косинор-анализа 24-ч ритма САД в магнитоспокойные (а, в) и в магнитовозмущенные сутки (б, г)

Увеличение геомагнитной активности приводит к значительным изменениям ультраструктуры кардиомиоцитов. В начальной фазе бури (А2) были отмечены значительные изменения ультраструктуры миокарда. Клеточная мембрана кардиомиоцитов была разрыхлена, имелись явления нарушения целостности ее наружного листка. Появилось большое количество аркад, заполненных Мх. Выражены явления межклеточного отека. В эксперименте установлено, что амплитуда суточных колебаний сократительной силы сердца значительно ниже в период геомагнитных возмущений. Более детальный анализ амплитудных изменений в зависимости от фаз геомагнитной бури показал следующее. В период предшествующий большой планетарной магнитной буре отмечались наивысшие значения амплитуды циркадианного ритма сократительной силы сердца ($2A \pm SE$ для $SBP-LV=45.6 \pm 10.4$; для $SRV-RV=15.4 \pm 4.0$), которая прогрессивно снижалась по мере нарастания возмущенности магнитного поля Земли ($2A \pm SE$ для $SBP-LV=7.4 \pm 13.7$; для $SRV-RV=2.6 \pm 3.2$) (рис.2).

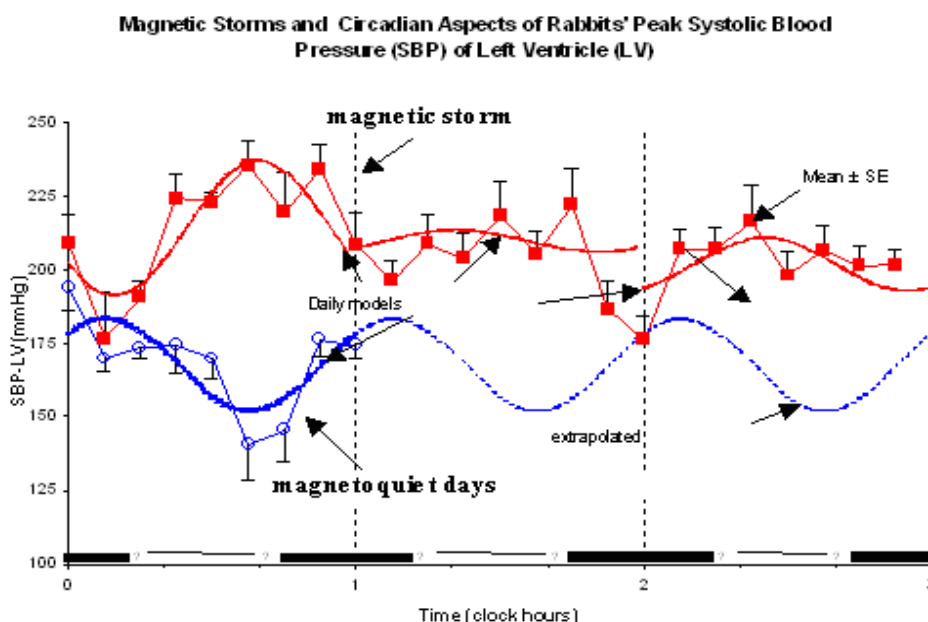


Рисунок 2. Циркадианные ритмы показателя пикового систолического давления (SVR) в левом (LV) желудочке сердца кроликов во время спокойных геомагнитных условий и во время геомагнитной бури

Заключение. Таким образом, в магнитоспокойные сутки в спектрах гемодинамических переменных, как и спектрах показателей КОС, доминировали циркадианные компоненты; наряду с

ними также выявлялись ультрадианные составляющие- близкие ко вторым гармоникам циркадианного ритма. Увеличение геомагнитной активности приводит к значительным изменениям хроноструктуры ритмов КОС. Выявлено, что в период магнитных бурь возникают явления десинхроноза. Косинор-анализ выявил значительные различия структуры циркадианных ритмов исследованных физиологических показателей при различной магнитной обстановке. При магнитоспокойной обстановке суточные ритмы хорошо выражены, а при магнитной буре они или отсутствовали, или были «сглажены», на первый план выступали ультрадианные составляющие, среди которых основное место занимали ритмы с периодами 15-16 часов. Особенно ярко эти различия проявились у показателей АД и PO_2 в венозной крови.

Выводы

1. Выявлено, что в период магнитных бурь возникают явления десинхроноза сердечно сосудистой системы, одним из первых признаков которого являются изменения амплитуды и периода биологических ритмов сократительной силы сердца. Имеет место феномен угасания амплитуды ритма при воздействии информационного стресс фактора, каким и является сверхнизко частотное магнитное излучение.
2. Не вызывает сомнения чувствительность живого организма к влиянию космических излучений, в частности солнечного ветра, и инициируемых им магнитных бурь в диапазоне самых различных частот, особенно сверхнизких.
3. Наиболее выраженные изменения морфофункционального состояния сердца наблюдаются во время главной фазы магнитной бури и проявляются в смене режимов управления. Таким образом, сердце не является первичной мишенью воздействия магнитной бури в информационном режиме, и первопричину запуска адаптационных механизмов следует искать на клеточном и внутриклеточном уровне организации организма.

Литература

1. Чибисов С.М., Бреус Т.К., Левитин А.Е., Дрогова Г.М. Биологические эффекты планетарной магнитной бури // Биофизика. РАН. – 1995. – Т.40. – Вып.5. – С. 959-960.
2. Б.М. Владимирский, Н.А. Темурыянец, В.С. Мартынюк. Космическая погода и наша жизнь. // Фрязино «Век-2», 2004.
3. Чибисов С.М., Овчинникова Л.К., Бреус Т.К. Биологические ритмы сердца и “внешний” стресс. – М., 1998. – 285 с.
4. Хабарова О.В. Параметрический резонанс как возможный механизм влияния космической погоды на биообъекты. Мат. Межд. семинара «Биологические эффекты солнечной активности» -Пушино-на- Оке.-2004.-С.14-15.
5. Иваницкий Г. Р. Мир глазами биофизика // М.,-Педагогика,1985.
6. Рагульская М.В.// Связь периодических процессов в организме человек, обусловленных ритмикой внешней среды, с вариациями магнитного поля Солнца. Биомедицинские технологии и радиоэлектроника, 2004, №1-2, стр.1-6.
7. Хабарова О.В., Руденчик Е.А. Основы новой методики среднесрочного прогноза магнитных бурь. Мат. Межд. семинара «Биологические эффекты солнечной активности» - Пушино-на- Оке.-2004.-С.10-1.
8. Рагульская М.В. Пространственно-временные закономерности влияния космофизических факторов на функционально-здоровых людей. // Конгресс слабых и сверхслабых взаимодействий, С.-Петербург, июль 2006.
9. Чибисов С.М., Бреус Т.К., Левитин А.Е. и др. Биологические эффекты планетарной магнитной бури // Биофизика. -1995.-№5, т.40.- С. 959-968.
10. Chibisov S., Cornelissen G., Halberg F. Chronomics: Circadian effects of magnetic storms in rabbits circulation and transannual variation // Материалы 2-го Международного Симпозиума «Проблемы ритмов в естествознании» -М., 1-3 марта 2004 г. - С.21-23.
11. Бреус Т.К., Чибисов С.М., Баевский Р.М. и др. Хроноструктура биоритмов сердца и факторы внешней среды // - Изд-во.Российского университета дружбы народов, Изд-во «Полиграф сервис»- М.-2002.
12. Вишневский В.В., Рагульская М.В., Файнзильберг Л.С. // Влияние солнечной активности на морфологические параметры ЭКГ сердца здорового человека. Биомедицинские технологии и радиоэлектроника, 2003, №3, стр. 3- 12.