**Связь периодических процессов в организме человека, обусловленных ритмикой внешней среды, с вариациями магнитного поля солнца**

Рагульская Мария Валерьевна, научный сотрудник сектора гелио-экологии Института земного магнетизма и распространения радиоволн РАН (ИЗМИРАН),

Мониторинговыми одновременными экспериментами в различных городах показано, что экзогенная многосуточная ритмика организма человека определяется влиянием только естественных общепланетарных внешних факторов. Просматривается следующая цепочка: солнечная активность, обусловленная изменениями магнитного поля Солнца, влияет на ионосферу и динамику атмосферы, а также через низкочастотные магнитосферные осцилляции непосредственно на биологические объекты. Приведены периодограммы коллективной реакции групп обследуемых в гг. Санкт –Петербург, Москва, Одесса.

**Введение**

Функционирование биологических систем на всех уровнях организации носит квазипериодический колебательный характер. Подержание гомеостаза осуществляется через набор автоколебательных уровней, объединенных в единую иерархическую систему. Для каждого биологического осциллятора фаза в некоторых пределах постоянно флуктуирует, что позволяет организму проводить перманентную синхронизацию с ритмами внешней среды [1,2]. Такой стохастический колебательный режим является функциональной нормой и обеспечивает оптимальные условия адаптации.

Биосфера является целостной самоорганизующейся открытой системой, непрерывно и закономерно обменивающейся с веществом, энергией и информацией с внешней средой – верхними слоями атмосферы и космическим пространством , с одной стороны, и литосферой, с другой. Динамическая система взаимосвязей процессов всех оболочек Земли усложняет выявление какого-то одного агента, воздействующего на биологические агенты, из единого многопараметрического комплекса. Однако, к настоящему моменту понятно, что большинство ритмов оболочек Земли взаимосвязаны и модулируется ритмикой Солнца, которая, в свою очередь, определяется вариациями магнитного поля Солнца. В связи с иерархически – неиерархическим строением биосферы изучение спектров биологических явлений и выделение эндогенных (автоколебательных внутренних) и экзогенных (модулирующих внешних) ритмов, а также фрактального характера флуктуационных шумовых колебаний биологической системы, является эффективным методом и позволяет получить дополнительную информацию о механизмах воздействия внешней среды на организм человека.

**Методика и постановка эксперимента**

При изучении влияния внешних воздействий, в том числе – солнечной активности, на организм человека возможны три метода исследований:

Сбор данных медицинской статистики и сопоставление их с различными факторами внешней среды. Удобный метод при оценки процессов с характерными временами больше года. Недостаток - социальная зашумленность и сложность грамотной выборки первичных статистических рядов.

Биофизические исследования поведения клеточных структур при различных внешних воздействиях. Прекрасные результаты при исследовании процессов с характерными временами от микросекунд до нескольких десятков минут. Однако изъятая из живого организма клеточная структура теряет информацию о функционировании организма как целого.

Проведение модельных экспериментов и длительных мониторингов. Изучаются активно функционирующие живые организмы путем регистрации их параметров при изменении факторов внешней среды. К факторам внешней среды могут относиться как изменения естественных природных воздействий, так и изменение социальных условий, выполнение определенной физической работы или психологическое напряжение. Характерные времена – от нескольких минут до нескольких суток или лет.

Необходимость получения объективной экспериментальной информации о воздействии слабых внешних полей на организм человека назрела давно. Однако, к сожалению, традиционными в этой области является либо обработка статистических данных (вызовов скорой помощи, статистика автокатастроф и т. п.), либо изучение воздействия на клеточном уровне. Эксперименты на активно работающих здоровых людях затруднены по ряду причин, в частности из-за отсутствия неразрушающей методики экспресс- диагностики и сложности организации длительного исследования. Общим недостатком большинства подобных экспериментов является то, что происходит постоянная смена испытуемых, и при вполне убедительной численной статистике она оказывается набранной на различных людях. При этом все реакции на внешние воздействия оказываются усредненными, а поскольку у различных людей они могут быть разнонаправленными (например, артериальное давление во время магнитной бури может как повышаться, так и понижаться) и сдвинутыми во времени относительно друг друга, то такое усреднение означает фактическое обнуление реакции и кажущееся ее отсутствие. Отсюда вытекает невоспроизводимость результатов многих медицинских экспериментов и слабая корреляция данных медицинской статистики с изменениями внешних условий.

Оптимальным при изучении поведения организма человека, как единой системы, является проведение исследований по методике 3, что требует длительного мониторинга постоянной группы обследуемых, для снижения зашумленности данных посторонними факторами. Это накладывает дополнительные ограничения на выбор методик измерений и приборной базы, быстрых и неинвазионных. Однако в настоящее время практически не существует приборов, отвечающих требованиям длительных ежедневных экспериментов при одновременном обследовании большой группы людей. Особые требования предъявляются и к обработке данных: программное обеспечение должно быть построено так, чтобы выделить из шумов полезный сигнал и определить его спектральные характеристики (основные периоды и соотношение их амплитуд, динамику их поведения при смене внешних нагрузок). При этом должны быть учтены: длительность рядов, их возможная неполнота и массовость обследования. Конечной целью является определение инвариантов, позволяющих оценивать числом или функционалом такой расплывчатый показатель, как “здоровье - нездоровье” человека. Для качественного проведения эксперимента новые приборные и программные методики должны быть объединены в единый измерительный комплекс и проводиться на одинаковой аппаратуре и методике одновременно в различных по широте городах (для выявление планетарного характера эффектов и нивелирования местных особенностей). Все эти требования авторы старались учесть при проведении многолетнего мониторингового эксперимента по выявлению влияния внешних факторов на функциональные состояния организма человека. С 1998 года и по настоящее время ежедневные измерения параметров 1-го отведения электрокардиограммы, вариабельности сердечных сокращений, артериального давления и пульса, электрической проводимости биологически активных точек на коже человека, и оценки субъективного состояния проводятся на постоянной группе добровольцев. Комплексные методики исследования базировались на оригинальной приборной базе и проведении эксперимента одновременно в различных городах. Примененные оригинальные методики обработки данных позволили выявить как индивидуальные, так и коллективные эффекты. Для выявления планетарного характера наблюдаемых эффектов были проведены одновременные измерения в различных городах, расположенных в интервале 38° -60° с.ш. ( Москва, Санкт- Петербург, Киев, Симферополь, Одесса, Неаполь) и на антарктической станции “Академик Вернадский”.

В качестве характеристики, описывающей состояние одного испытуемого, кроме относительной амплитуды реакции использовалось отклонение:

Dn = d - Dср

(d – усредненное значение функционального параметра за день; Dср – среднее для данного человека значение этого параметра за весь период измерений).

Для характеристики “коллективной” реакции ежедневно тестируемой группы людей сформируем ряд D. Члены ряда обозначим как :

- среднее арифметическое проводимости за l-ый день по всем измеряемым биологически активным точкам кожи для n-го обследуемого;

- среднее арифметическое по всем измеренным точкам за все время измерений для n-го обследуемого;

- соответственно, ежедневное отклонение от среднего по всему времени измерений для n-го обследуемого;

– полное число обследуемых на l-ый день.

Будем называть средним отклонением за день по всей группе обследуемых. Использование позволяет сглаживать индивидуальные особенности реакции и флуктуации средних значений каждого обследуемого, выявляя при этом массовость наблюдаемых эффектов и коллективные закономерности. Проведенное таким образом усреднение (по времени измерения и всем объектам измерения) увеличить соотношение “сигнал –шум”, что приводит к более выраженному выделению именно коллективной реакции на вариации параметров внешней среды. Индивидуальное отклонение в норме флуктуирует в пределах 5-10% от амплитуды измеряемого параметра, коллективное – в пределах 2%. Дни, когда эти значения превышались более чем в 3 раза, были выделены и изучались особо. Построение спектров проводилось на каждой стадии эксперимента : для индивидуальных рядов данных, для коллективного параметра, для различных городов.

Подробное описание методики проведения эксперимента, приборной базы и обработки данных приведены в работах [3,4,5,6,8]. Полученные временные ряды сравнивались с ежедневными значениями атмосферного давления (Р), числами Вольфа (W) и индексов, характеризующего возмущенность геомагнитного поля (А) и космических лучей. За время эксперимента проведено более 50 000 измерений биологических параметров на фоне около 400 магнитных бурь.

**Результаты эксперимента**

Проведенный статистический анализ полученных данных показал [4] , что нулевая гипотеза о случайности совпадений резких изменений в состоянии здоровья большой группы людей с флуктуациями атмосферного давления, увеличением числа солнечных пятен, ростом геомагнитной активности может быть отвергнута на уровне статистической значимости 0,01 для длительных рядов наблюдения (более 2 лет).

Индивидуальная реакция состоит из трех последовательных фаз – фазы возбуждения и синхронизации всех внутренних органов и систем (длительность - около суток), фазы десинхроноза (2-4 суток), и фазы релаксации. Это показывает, что реакция организма человека на резкие изменения солнечной активности имеет форму и характерные фазы адаптационной стресс-реакции.

Изменения солнечной активности влекут за собой комплексное изменение параметров всех оболочек Земли (магнитосферы, ионосферы, атмосферы, литосферы). В зависимости от особенностей организма конкретного человека в различные моменты его существования предпочтительным действующим агентом внешней среды является какой-то один из перечисленного комплекса. Однако это “предпочтение” меняется в зависимости от текущего психофизиологического состояния человека и его адаптационных резервов. Так например, индивидуальные спектрограммы параметров здоровых людей, локального А-индекса и атмосферного давления совпадают практически полностью, (4, 6, 10.6, 13.6, 15.7, 18.6, 27.1, 148 суток). Чем хуже состояние здоровья обследуемого, тем ярче проявляется в его индивидуальной периодограмме 5-дневный период. При рассмотрении длительных временных периодов наблюдается возрастание средней амплитуды реакции по годам при нарастании солнечной активности к максимуму, и уменьшение – на спаде.

При проведении экспериментов по влиянию комплексных психофизиологических нагрузок на функциональное состояние организма человека обнаружено потенцирование действия сочетанных неблагоприятных факторов [5]. Для разделения влияния естественных и техногенных факторов было проведено картирование жилых и производственных помещений на предмет распределения наводок сети и статического электрического поля [6]. В процессе эксперимента выявлено индивидуальное возникновение аритмии и быстрой утомляемости у отдельных обследуемых в местах повышенной концентрации техногенных полей.

Коллективный реакция наблюдается в окрестности +-2 дня от начала магнитной бури. Реакция связана с изменением солнечной активности, т.к. примерно в 40% случаев начинается за 1-2 суток до начала магнитной бури. Таким образом, для объяснения наблюдаемых биологических эффектов необходимо рассмотрение процессов солнечной активности, обусловленных вариациями магнитного поля Солнца. В качестве механизма передачи возмущения от Солнца к оболочкам Земли можно предположить возникновение низкочастотных магнитосферных осцилляций, опережающий приход основной ударной волны солнечного ветра к земле на 1-2 суток. В работе Е.А. Руденчика и О. В. Хабаровой [7] показано, что предвестники представляют собой усиление амплитуды колебаний плотности солнечного ветра с квазиустойчивыми периодами 2-250 минут. Причиной колебаний-предвестников могут являться неустойчивости плазмы, колебания секторной границы и колебания в активных областях на Солнце, предваряющие развитие вспышечных процессов. После возникновения осцилляций-предвестников плотности колебания с теми же периодами обнаруживаются и в горизонтальных компонентах магнитного поля Земли в 65% случаев. Колебания магнитосферы являются вторичными и, по-видимому, резонансными. Условием передачи их магнитосфере является отрицательная направленность вертикальной величину производной плотности по времени (что соответствует приросту за 10 часов) в сочетании с ростом суммы квадратов амплитуд колебаний-предвестников плотности с гармониками от 10 до 100 мин компоненты межпланетного магнитного поля.

Для выявления планетарного характера наблюдаемых эффектов и нивелирования местных особенностей контрольные эксперименты проводились на одинаковой приборной базе одновременно в разных городах. Для исключение субъективного фактора обмен данными производился раз в 2 месяца. Исследования показали, что реакция на одиночные магнитные бури является коллективной, и в пределах суток одновременной в разных городах . На Рисунке 1 приведена текущая коллективная реакция групп обследуемых в городах Санкт-Петербург, Москва, Одесса (темным выделены магнитовозмущенные дни).

Анализ Dn для групп обследуемых в различных городах показал совпадение всех основных биологических периодов (см. Рис. 2а и 2б)

Рисунок 2а соответствует одновременным измерениям в Москве и Санкт-Петербурге на фазе роста солнечной активности в декабре 1999 – феврале 2000 года. Здесь выделенными являются около-3 ,5, 7, 9, 11,13 и 16 –дневные периоды, имеющие соответствующие аналоги в солнечной ритмике и вариациях магнитного поля Земли. Стоит обратить особое внимание на выраженность около-5-дневного (“патологического”) периода в обоих городах. На Рис. 2б представлены те же самые спектрограммы Dn , но для московской и одесской группы обследуемых в фазе вторичного максимума солнечной активности (январь – апрель 2002 года). Видно ослабление около-5-дневного периода и усиление недельной ритмики и 14, 28 и 36-дневной составляющей.

Совпадение всех основных периодов в спектрограммах “коллективного отклонения” функциональных параметров в различных городах означает, что именно общепланетарные внешние факторы являются управляющими экзогенными ритмами организма человека. Такими факторами могут служить только вариации естественных внешних полей (магнитосферы, ионосферы и атмосферы), вызванные в свою очередь в конечном итоге изменениями магнитного поля Солнца. Наиболее неожиданным и интересным результатом одновременных экспериментов в различных городах явилось то, что, как следует из рисунков 2а и 2б, техногенные поля, локальные по своей природе и уникальные в каждом городе, не вносят свой вклад в формирование спектра обобщенной коллективной реакции. Это может означать, что:

либо техногенные внешние поля оказывают разнонаправленное воздействие на различных людей, что при усреднении по всей группе дает обнуление эффекта их воздействия.

либо играют роль фактора, модулирующего амплитуду той или иной спектральной линии, но не меняющего общие частотные характеристики процесса.

**Заключение**

Полученные результаты свидетельствуют о планетарном внешнем агенте влияния на экзогенную ритмику человека, в качестве которого могут выступать только вариации естественных внешних полей. Просматривается следующая цепочка: солнечная активность, обусловленная изменениями магнитного поля Солнца, влияет на ионосферу и динамику атмосферы, а также через низкочастотные магнитосферные осцилляции непосредственно на биологические объекты. В зависимости от особенностей организма конкретного человека в различные моменты его существования предпочтительным действующим агентом внешней среды является какой-то один из перечисленного комплекса. Однако это “предпочтение” меняется в зависимости от текущего психофизиологического состояния человека и его адаптационных резервов. Проведенный многолетний мониторинг параметров функционального состояния постоянной группы обследуемых, а также разноширотные эксперименты выявили, что поддержание внутреннего гомеостаза организма и протекание процессов адаптации осуществляются путем внешней модуляции и синхронизации. Наиболее биологически активны около-5-7-14-28-36-дневные и полугодовые периоды внешней среды.

Хотелось бы отметить, что в силу междисциплинарности изучения воздействия слабых полей на биологические объекты, в настоящее время ни один из существующих научных институтов не обладает требуемым набором специалистов. Для эффективных исследований в данной области необходимо создание на базе государственной программы научной группы, состоящей из физиков, биофизиков, врачей, психологов и специалистов по математической обработке биологических сигналов и информационным технологиям. Поэтому автор с большим удовольствием выражает благодарность В. Н. Обридко и О. В. Хабаровой за многолетнее плодотворное сотрудничество, а В. В. Вишневскому, Ю. П. Горго, Е. А. Цирюльник, И. А. Мироновой и Н. В. Грабко - за разработку приборной базы исследований и помощь в проведении измерений в Санкт-Петербурге, Одессе, Киеве и Москве.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 03-02-16384 и Молодежного гранта РФФИ.

**Список литературы**

Владимирский Б.М., Сидякин В.Г., Темурьянц Н.А., Макеев. В.Б., Самохвалов В.П. // Космос и биологические ритмы. Симферополь, 1995

Агулова Л.П.// Биофизика 1998, Т.43, вып.4, с.571-574

М. В. Рагульская, О. В. Хабарова// Влияние солнечных возмущений на человеческий организм. Биомедицинская радиоэлектроника , 2001, №2, стр.5-15

О. В. Хабарова, Е. А. Руденчик// Биомедицинская радиоэлектроника , 2002, №10-11, стр.32-42

В. В. Вишневский, М. В. Рагульская, Л. С. Файнзильберг// Влияние солнечной активности на морфологические параметры ЭКГ сердца здорового человека. Биомедицинская радиоэлектроника , 2003, №3, с.3-13

Д. Г. Афонин, М. В. Рагульская// Особенности адаптации организма человека к техногенным факторам современного мегаполиса. Биомедицинские технологии и радиоэлектроника, 2003, №5, стр. 29- 41

Хабарова О. В., Руденчик Е. А.// Геоэффективность изменений плотности солнечного ветра. Основы новой методики прогноза магнитных бурь. Труды конференции стран СНГ и Прибалтики ”Актуальные проблемы физики солнечной и звездной активности”, Нижний Новгород, 2-7 июня 2003

М. В. Рагульская// Проблема изучения поведения организма человека под непороговыми внешними воздействиями с точки зрения синергетики// Биомедицинские технологии и радиоэлектроника ,2005,№1-2, стр.1-12

Dmitrieva I., Khabarova O., Obridko V., Ragoulskaya M., Reznikov A. //Experimental confirmation of bioeffective influence of magnetic storms Astronomical and Astrophysical Transactions, 2000. V.19, p.p.67-77