

О КОСМОФИЗИЧЕСКОЙ ОБУСЛОВЛЕННОСТИ ФЛУКТУАЦИЙ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ ЗАПОЛЯРЬЯ

В.В. Иванов, Э.С. Горшков (Санкт-Петербургский филиал Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн РАН, Санкт-Петербург, Россия)

Аннотация. Проведен количественный анализ связи динамики основных физиологических и психофизических показателей с вариациями космофизических факторов (*КФФ*) за период 8.01-28.02.1995 г у восьми испытуемых в экстремальных условиях Заполярья. Установлены общность и различия ритмов флуктуаций исследуемых показателей с периодами вариаций космофизических факторов. Получены новые свидетельства влияния *КФФ* на адаптационные возможности организма человека. Выполнен анализ фазовых диаграмм различных пар функционально связанных физиологических показателей, построенных с учетом данных о секторной структуре межпланетного магнитного поля (*ММП*), свидетельствующий о топологической связности их фазовых траекторий.

1. Введение

Многочисленные исследования влияния космофизических возмущений на физиологическое состояние человека убедительно показали наличие биологических эффектов, связанных с изменением солнечной активности и частотой и напряженностью колебаний магнитного поля Земли (*МПЗ*). Однако причины снижения адаптационных способностей человека в условиях Заполярья продолжают оставаться не достаточно изученными. Это и обусловило проведение настоящего исследования.

Для определения путей подхода к решению данной проблемы в период с 8 января по 28 февраля 1995 г. на полярной станции "Колба" (Диксон, 73.5° с. ш., 81° в. д.) выполнены комплексные исследования динамики физиологических, психофизических и других показателей у восьми испытуемых, в процессе выполнения ими профессиональной деятельности. Для определения степени адаптации организма к новым условиям дополнительно выполнена регистрация отдельных показателей в С.-Петербурге в предшествующий и последующий (Диксону) периоды: ноябрь-декабрь 1994 г. и март-апрель 1995 г., соответственно.

Начало работы совпало с периодом полярной ночи. Первое появление Солнца над горизонтом ~ 2 февраля 1995 г.

2. Методика

Три раза в день (утром, днем и вечером) у испытуемых в состоянии покоя проводилось измерение (или определение расчетным путем) значений:

1. Физиологических параметров:

- частоты пульса (*ЧП*), пальпаторно, как число ударов в мин (1/мин);
- частоты дыхания (*ЧД*), как число циклов вдох-выдох в мин (цд/мин);
- артериального давления - систолического (*ДС*), диастолического (*ДД*) (мм. рт. ст);
- систолического объема крови [1]: $CO = 100 + 0.5 (ДС - ДД) - 0.66 (ДД - 34)$ (мл);
- минутного объема крови [1]: $МОК = CO * ЧП$. (мл/мин).

2. Психофизических параметров:

- тремора левой и правой рук (*ТЛ*, *ТП*) (у.е./мин);
- длительности "индивидуальной минуты" [2] (*ДИМ*) (с);
- показателя внимания (*ВН*) [1] (с);
- показателя мышления (*МЫШ*) [1] (с);
- показателя кратковременной памяти [1] (*ПАМ*).

3. Электрокожного сопротивления биологических активных точек (*БАТ*), располагаемых по меридианам пальцев рук и ног (с использованием метода Фолля [3]) (у.е.).

Ежедневно выполнялись биохимические исследования, связанные с определением времени полуокисления унитиола нитритным ионом (*ВПОУ*).

Одновременно велся контроль данных о ряде космофизических факторов: приращении горизонтальной составляющей *МПЗ* (*dH*), секторной структуре *ММП*, метеорологической обстановке и др.

Обработка информации проводилась с использованием статистических методов анализа (пакет программ STATISTICA 6.0). При исследовании аттракторных свойств *ТЛ* и *ТП* использован известный подход [4].

3. Результаты исследований и их обсуждение

Использование данных регистрации физиологических параметров *ЧП* и *ЧД* у одного из испытуемых, полученных в различные периоды и разных регионах: в СПб - ноябрь-декабрь 1994 г., на Диксоне - январь-февраль 1995 г. и по возвращении в СПб - март-апрель 1995 г., позволило убедиться в совпадении характера изменения исследуемых показателей с результатами выполненных ранее работ (например, [5]). В частности, - в наличии заметных сдвигов в изменениях показателей, связанных с учащением пульса и замедлением дыхания, а также в падении уровня корреляционной связи между *ЧП* и *ЧД* с 0.62 до 0.42, а по возвращении в СПб – до 0.39, что является одним из признаков десинхроноза.

Другой пример касается изменения тремора левой и правой рук у того же испытуемого и в те же периоды. Проведено сравнение аттракторов, построенных в соответствии с рекомендациями [4]. Аттрактор, характеризующий *ТЛ* и *ТП* в период пребывания на Диксоне, резко отличается от аналогичного аттрактора характеризующего предыдущий период не только большей вариабельностью, но и смещением центра притяжения в сторону больших значений *ТЛ-ТП* (правая асимметрия): от 77-83 до 93-100 у.е.

Следует отметить, что метод регистрации тонической мышечной активности и микродвижений (тремометрия) используется давно. В качестве датчика обычно применяется пластина с пьезоэлементом, на которой свободно располагается кисть руки испытуемого [6]. Нами использован другой принцип регистрации тремора рук, в основе которого излучение ультразвука в направлении кисти руки и прием отраженного сигнала с использованием однотипных пьезокерамических излучателей. Важность оценки мышечной активности, моторики при исследовании кровообращения вытекает из способности мышц нагнетать в капилляры кровь, как экстракардиального механизма геодинамики [7]. Это свидетельство теснейшей функциональной взаимосвязи моторики и кровообращения, из которой следует необходимость ее объективизации методом тремометрии. Кроме того, тремор, сам по себе, является чувствительным индикатором психофизиологического состояния человека.

Анализ показателей, регистрируемых у всех участников эксперимента, выявил следующее.

Наличие эффекта асимметрии показателей *ТЛ-ТП*: левой - у 4-х испытуемых, правой - у 3-х, отсутствие таковой - у одного.

Наличие адекватной корреляции *ЧП* с психофизическими показателями *ВН*, *МЫШ* (положительная), *ПАМ* (отрицательная) в течение всего периода исследования. Это означает не что иное, как ухудшение функционирования головного мозга с ростом *ЧП*, характерным для условий Заполярья. Ухудшение памяти (снижение уровня показателя *ПАМ*) коррелирует также и с ростом тремора правой руки *ТП*. Сопоставление *ПАМ* с длительностью “индивидуальной минуты” *ДИМ* выявило наличие прямой связи между усредненными за январь и февраль значениями показателей для каждого испытуемого (рис.1). Отметим, что корреляция между *ДИМ* и показателями электрокожного сопротивления *БАТ* носит обратный характер.

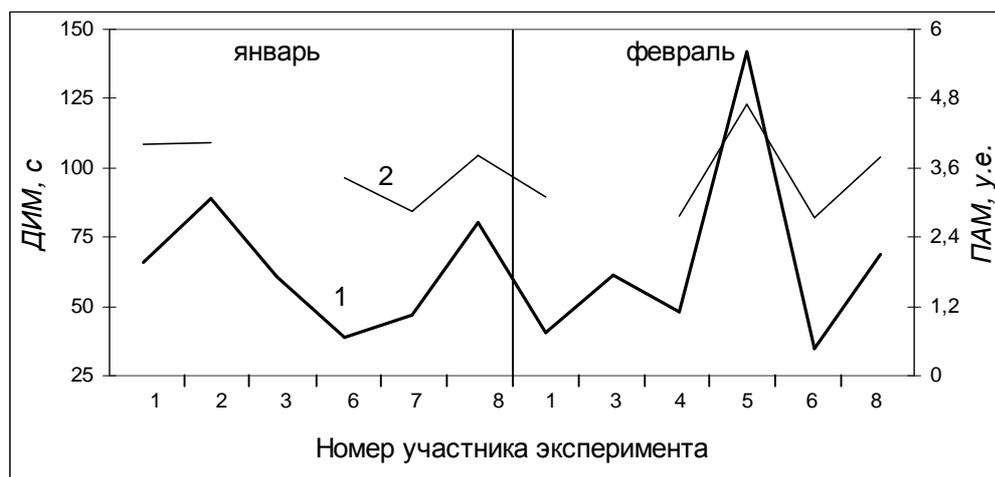


Рис. 1. Динамика среднемесячных показателей длительности “индивидуальной минуты” (кривая 1) и показателя кратковременной памяти – *ПАМ* (2) для всех участников эксперимента

Наличие положительной корреляции между *ЧП* и *ММП*, что означает достоверное приращение *ЧП* на интервале положительного сектора *ММП* (солнечный ветер – от Солнца).

Анализ фазовой плоскости двух параметров – приращения горизонтальной составляющей *МПЗ* (dH) и *ЧП*, построенной для каждого участника эксперимента, выявил характерные тенденции повышения *ЧП* до максимального значения на интервале dH от нуля до 100-120 нТл и последующего снижения *ЧП* при дальнейшем росте dH (рис. 2). Оказывается, что низкие значения магнитной активности характерны для

положительного сектора ММП и соответствуют максимальной вариабельности ЧП, а высокие значения – для отрицательного сектора. Изменения ЧП на всем интервале dH определяют нелинейность анализируемого процесса, при которой дальнейшее повышение уровня магнитной активности приводит к снижению значений ЧП.

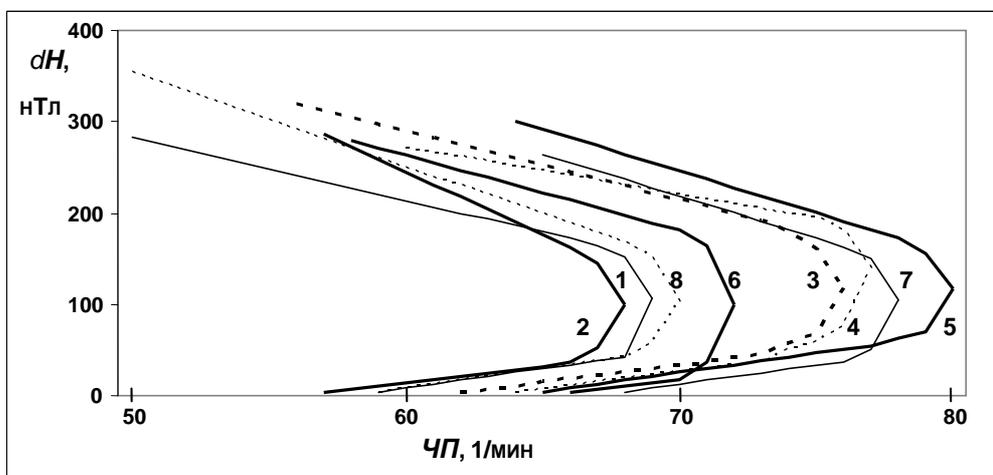


Рис. 2. Границы фазовых плоскостей вариаций магнитного поля и частоты пульса для всех испытуемых

Различный характер влияния отрицательной и положительной структуры ММП на физиологические параметры испытуемых выявлен при оценке знаковой корреляции текущих значений ЧП, ЧД, ДС, ДД и МОК за весь период исследований, в котором наблюдается чередование четырех пар положительных и отрицательных секторов. Рис. 3 иллюстрирует длительность плюсовых (+) и минусовых (-) секторов ММП (кривая 1), среднесуточную динамику магнитной активности (уровень dH (2)) и интервалы (дни) синфазных изменений физиологических параметров одновременно у всех испытуемых. Наиболее значимыми оказались параметры ЧП, ДД и МОК, поведение которых в отмеченные на рис. 4 дни, характеризовалось одновременным возрастанием и последующим снижением их уровней (отмечено стрелками).

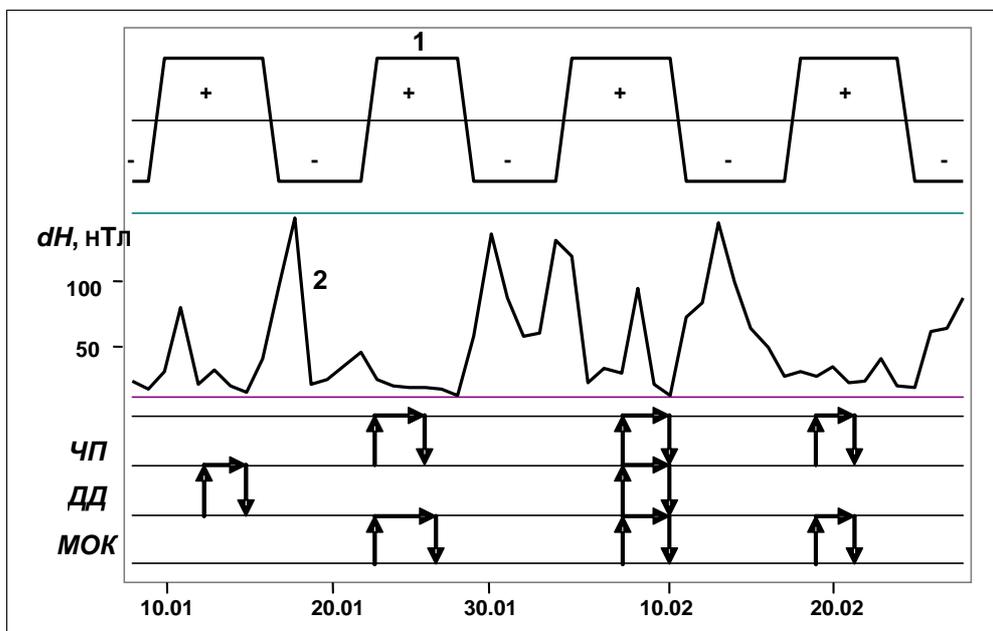


Рис. 3. Сопоставление длительностей плюсовых и минусовых секторов ММП (кривая 1), динамики магнитной активности (dH) и интервалов синфазных изменений ЧП, ДД и МОК

Как следует из рис. 2, 3, низкий уровень магнитной активности в период январь-февраль 1995 г. наблюдался при положительной структуре ММП, а высокий – при отрицательной. Эта тенденция возрастания магнитной активности при переходе от плюсового к минусовому сектору и убывания при

обратном переходе известна, например, из [8] и, следовательно, может рассматриваться в известном смысле как реальная закономерность, указывающая на различный характер взаимодействия между солнечным ветром и магнитосферой Земли при разных знаках секторной структуры *ММП*.

Выполнен анализ фазовых диаграмм функционально связанных пар физиологических показателей, построенных с учетом секторной структуры *ММП*. Полученные результаты свидетельствуют о топологической связности их фазовых траекторий, активно проявляющейся в условиях Заполярья и характеризующейся изменением направления обхода контура в предельном цикле во время пересечения Землей секторной границы [5]. В условиях же Санкт-Петербурга данный эффект практически не проявлен. Физическая интерпретация такого поведения предельных циклов заключается в следующем: при направлении обхода контура по часовой стрелке изменение функции происходит быстрее, чем аргумента (иначе – аргумент отстает от функции), против часовой стрелки – наоборот. Несложные расчеты позволяют оценить угол запаздывания (или опережения) функции, который применительно к рассматриваемым предельным циклам составляет 20-30°. Изменение же фазы является основным фундаментальным признаком нарушения гомеостаза организма человека.

Следует отметить, что при проведении в январе-феврале 1995 г. синхронных измерений *ВПОУ* в Санкт-Петербурге и на Диксоне наблюдаются существенные различия их средних значений. При этом заслуживает внимания тот факт, что во втором случае резкое снижение скорости окисления унитиола (почти в полтора раза) произошло на границе завершения полярной ночи и наступления полярного дня.

Таким образом, выполненные исследования позволили обнаружить (с учетом особенностей взаимодействия между солнечным ветром и магнитосферой Земли при разных знаках секторной структуры *ММП*) новые специфические связи между физиологическими, психофизическими показателями и отдельными космофизическими факторами и установить ряд возможных причин снижения адаптационных способностей человека в условиях Заполярья.

Список литературы

1. Дядичкин В.П. Психофизиологические резервы повышения работоспособности. Минск. Высшая школа. 1990. 119 с.
2. Моисеева Н.И., Любицкий Р.Е. Воздействие гелиогеофизических факторов на организм человека. – Л.: Наука, 1986. 136 с. (Проблемы косм. биологии. Т. 53).
3. Самосюк И.З., Лысенюк В.П., Лиманский Ю.П. и др. Нетрадиционные методы диагностики и терапии. – К.: Здоров'я, 1994. 240 с.
4. Иванов В.В., Костыгова К.Н., Кузнецова Т.Г., Шуваев В.Т. Сердечный ритм шимпанзе при различных эмоциональных состояниях в процессе целенаправленной деятельности /Рос. физиол. журн. им. И.М.Сеченова. Т.88. №9, с.1225-1229. 2002 г.
5. Биофизические и клинические аспекты гелиобиологии. Сборник научных трудов. – Л.: Наука, 1989. 229 с. (Проблемы косм. биологии. Т. 65).
6. Пульсовая диагностика тибетской медицины. Новосибирск: Наука, 1988. 136 с.
7. Аринчин Н.И., Недвецкая Г.Д. Внутримышечное периферическое сердце. Минск, 1974.
8. O.A.Troshichyev.,A.L.Kotikov.,B.D.Bolotinskaja.,V.A.Andrezen. Influenz of the IMF Asimuthal component on magnetospheric supstorm dynamics.