

**ЭФФЕКТЫ ГЕОМАГНИТНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ В ПРИЗЕМНОЙ
АТМОСФЕРЕ И ВОЗМОЖНЫЙ БИОФИЗИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ ИХ ВЛИЯНИЯ НА
СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТУЮ СИСТЕМУ ЧЕЛОВЕКА**
**EFFECTS OF GEOMAGNETIC DISTURBANCES IN THE NEAR GROUND ATMOSPHERE
AND POSSIBLE BIOPHYSICAL MECHANISM OF THEIR INFLUENCE ON THE HUMAN
CARDIOVASCULAR SYSTEM**

Г.А. Михайлова¹, С.Э. Смирнов²

¹ Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н. В. Пушкова
РАН. yumikh@izmiran.ru

² Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН.
sergey@ikir.kamchatka.ru

Experimental results cited in the literature about the geomagnetic disturbances influences on the human cardiovascular system and on the habitat (atmospheric pressure, temperature, quasi-static electric and geomagnetic fields) briefly are examined. The possible biophysical mechanism of coupling of the human cardiovascular system with the geomagnetic activity is proposed through the resonance interaction with the habitat. At a period of the high geomagnetic activity its property (atmospheric pressure and temperature) changed through the increase of the atmospheric transparency as a result of the Forbush decrease of the flux cosmic rays in the evolution of the geomagnetic disturbances.

Многочисленные медицинские исследования показали периодическое влияние солнечной активности на деятельность сердечно-сосудистой системы человека. Со временем основной акцент исследований сместился на изучение эффектов геомагнитных возмущений. С другой стороны, известно, что люди с заболеваниями сердечно - сосудистой системы чувствительны к изменению метеорологических параметров окружающей среды (давление, температура, облачность, осадки, ветер). Это навело на мысль, что, возможно, связь состояния здоровья человека с геомагнитной активностью осуществляется через вариации метеорологических параметров, т.е. через изменение его среды обитания во время геомагнитных возмущений.

Обзор современного состояния исследований в области гелиомедицины, включая результаты работ соотечественников, представлен в обзорах [1,2]. На достаточно большом объеме статистически достоверных данных показано влияние магнитных бурь на деятельность сердечно-сосудистой системы, роста числа заболеваний и числа смертности от болезней сердечно-сосудистой системы, изменений частоты сердечного ритма, состояния иммунной системы и других заболеваний. В дополнение к ним кратко рассмотрим некоторые экспериментальные результаты, имеющие отношение к данной проблеме. Так, увеличение количества ежесуточных обращений с ростом геомагнитной активности показано, например, в работе [3]. Выполнен одновременный спектральный анализа количества вызовов скорой медицинской помощи и трехчасовых значений K_p -индекса [4-6]. Обнаружены одинаковые ритмы с периодами 29-32; 13,5; 6,9; 5,8 - 4,5 суток, которые близко совпадают со средним периодом и гармониками собственного вращения Солнца. В амплитудных спектрах частоты сердечных сокращений и артериального давления выделены устойчивые колебания с периодами $T = 24, 12, 8$ ч и нерегулярные колебания с $T \sim 5$ и 7 суток [7]. В период высокой геомагнитной активности наблюдались нарушения суточного ритма сердца [6-9].

В среде обитания были выполнены исследования вариаций атмосферного давления в зависимости от геомагнитной активности [10,11]. Показано, во-первых, что геомагнитные бури приводят к изменению барической структуры в северном полушарии таким образом, что в одних местах давление возрастает, в других, наоборот, падает [12,13]. Во - вторых, была обнаружена волновая структура термобарического поля с периодами волн планетарного масштаба, а в спектрах приземного давления были выделены колебания с периодом ~ 27 суток [14]. Эффекты геомагнитных возмущений в спектрах напряженности квазистатического электрического и геомагнитного полей, составляющих также среду обитания человека, проявляются следующим образом [15,16]:

1) В спокойных геомагнитных условиях в спектрах мощности квазистатического электрического поля и горизонтальной компоненты геомагнитного поля присутствуют компоненты, периоды которых совпадают с периодами атмосферных волн: тепловых приливных и волн планетарного масштаба, обусловленных волновым излучением Солнца.

2) При высокой геомагнитной активности под действием корпускулярных потоков от Солнца характер спектров этих параметров изменяется по-разному:

а) в спектрах мощности квазистатического электрического поля эффект проявляется в увеличении длительности периода колебаний с 12 до 14 ч синхронно с вариациями величины ΣK_p – индекса и в усилении интенсивности этих колебаний;

б) синхронно с вариациями ΣK_p – индекса усиливаются колебания в полосе периодов планетарных волн ($T \sim 48 - 288$ ч);

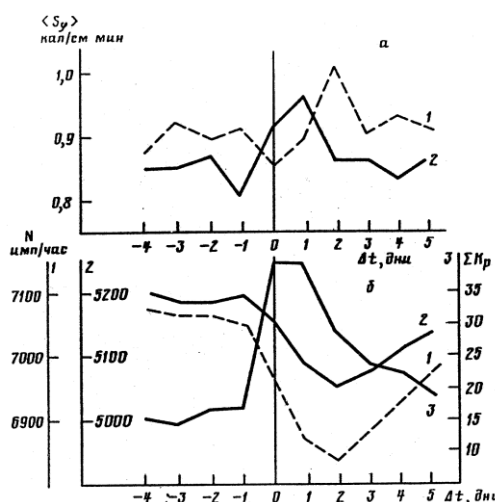
в) во время сильной магнитной бури эффект проявляется в резком увеличении длительности периодов с 12 до 14 и с 20 до 26 ч с одновременным усилением интенсивности этих колебаний;

г) в спектрах мощности горизонтальной компоненты геомагнитного поля эффект проявляется в изменении периодов колебаний в полосе 12 – 288 ч синхронно с изменением величины ΣK_p -индекса. Интенсивность колебаний с периодами 12 и 24 ч модулирована колебаниями с периодом порядка 15-20 суток, в то время как интенсивность колебаний с периодами выше 24 ч модулирована волной с периодом 10-12 суток, совпадающим с третьей резонансной гармоникой собственного вращения Солнца.

В предлагаемой модели взаимодействия человека с окружающей средой используется явление резонанса между колебательными системами «человек – среда обитания». Основанием для такого подхода служит факт наличия близко совпадающих по частоте выделенных ритмов в организме человека и в среде обитания. Это суточный ритм - 24 ч и его гармоники; биоритмы мозга: α - ритм – 8 – 13 Гц; β - ритм – 14 – 30 Гц; γ - ритм – более 30 Гц; θ - ритм – 4 – 7 Гц; δ - ритм – 1,5 – 3 Гц; сердечный ритм – ~ 1 Гц. В среде обитания также присутствуют эти ритмы. Суточный ритм связан с тепловым воздействием Солнца, которое вызывает тепловые приливные колебания давления и температуры в атмосфере с периодами $T = 24, 12, 8, 4$ ч. Ритмы с частотой ~ 1 Гц – это медленные, практически квазистатические колебания электрического и геомагнитного полей, вызванные колебаниями атмосферных параметров: температуры и давления. Эти колебания в среде обитания человека присутствуют постоянно, но интенсивность их и периодичность зависят от солнечной активности и, как следствие, от геомагнитной активности.

В соответствии с предлагаемой моделью резонансного взаимодействия в паре «человек – среда обитания» на частотах ниже 1 Гц, полученные в [15,16] спектральные особенности вариаций напряженности квазистатического электрического и геомагнитного полей следует рассматривать как условия в среде обитания человека. В спокойных геомагнитных условиях в их спектрах мощности выделяются колебания, определяемые собственными колебаниями атмосферы. ($T = 24, 12, 8$ ч). Это тепловые приливные волны, обусловленные поступлением в тропосферу прямой солнечной радиации. Они определяют устойчивые суточный и полусуточный ритмы среды обитания человека и проявляются также в спектрах колебаний сердечных сокращений и артериального давления [7]. Во время геомагнитных возмущений обнаружено изменение периодов колебаний атмосферных волн на $T \sim 12$ и 24 ч с одновременным усилением их интенсивностей, а также усиление интенсивности колебаний планетарных волн в полосе периодов $T \sim 48 - 288$ ч, синхронно с вариациями ΣK_p – индекса. Подобные эффекты проявляются и в деятельности сердечно-сосудистой системы человека. Так, в спектрах числа вызовов скорой помощи к больным с сердечно-сосудистыми заболеваниями и вариациях K_p – индекса выделены интенсивные колебания на периодах $T \sim 13.5; 6.9; 4.5 - 5.5$ суток [4-6]. Нарушение частоты сердечных сокращений под влиянием геомагнитной активности обнаружено в ряде работ [6,7,9]. При рассмотрении этой модели взаимодействия «человек-среда обитания» естественно возникает вопрос, каким образом под влиянием геомагнитной активности изменяется среда обитания, т. е. давление, температура и связанные с ними вариации напряженности электрического поля и горизонтальной компоненты геомагнитного поля. Ранее в работах Э.Р. Мустеля и его коллег (см. ссылки), изучающих солнечно-атмосферные связи, было показано, что магнитные бури приводят к изменению термобарической структуры тропосферы, и предположено, что этот эффект должен быть связан с поступлением в тропосферу дополнительных потоков прямой солнечной радиации. Позже серия экспериментальных работ, выполненных группой М.И. Пудовкина [17], позволила установить, что эти дополнительные потоки обусловлены увеличением прозрачности атмосферы во время Форбуш-понижений интенсивности галактических космических лучей (ГКЛ), сопровождающих геомагнитные возмущения.

На рисунке [17] показано возрастание прямой солнечной радиации после начала интенсивного геомагнитного возмущения вместе с изменением К_p-индекса.



а - средние значения потоков прямой солнечной радиации относительно нулевых моментов t_0 начала интенсивных геомагнитных возмущений для станций, расположенных в авроральной (1) и в субавроральной зонах (2); б - средний временной ход K_p -индекса (3) и скоростей счета нейтронных мониторов в обс. Апатиты (1) и обс. Красная Пахра (2)

Наибольшие возрастания потока имеют место на авроральных и субавроральных широтах и более слабые - на средних широтах. Это приводит к поступлению в атмосферу дополнительной солнечной радиации (по оценкам авторов $\sim 40\%$). Изменение прозрачности атмосферы и связанные с ней изменения атмосферного давления и температуры вызывают усиление интенсивности планетарных волн. Этот эффект отчетливо проявляется в спектрах мощности напряженности электрического и геомагнитного полей на периодах 48 – 288 ч [16]. Кроме того, согласно модели [17], интенсивность поступающей прямой солнечной радиации модулируется средним периодом (или его гармониками) собственного вращения Солнца, источника корпускулярных потоков во время геомагнитных возмущений. Этот эффект также обнаружен в изменении интенсивности приливных колебаний с периодами $T \sim 13$ -14 суток как в спектрах E_z – компоненты электрического поля, так и H_r - компоненты геомагнитного поля [16]. Периодичность спектров с периодами $T \sim 27$ суток была выделена также в частоте обращения за медицинской помощью больных с сердечно-сосудистыми заболеваниями [14]. Таким образом,

определяющим фактором влияния геомагнитной активности на метеорологические параметры нижней атмосферы, является изменение ее прозрачности под воздействием космических лучей.

В рамках резонансного взаимодействия «человек – среда обитания», предложенного в настоящей работе, изменение параметров среды обитания в процессе развития геомагнитных возмущений приводит к нарушению этой связи и, следовательно, к нарушению физиологических функций людей, чувствительных к вариациям метеорологических параметров атмосферы.

Литература

1. Cornelissen G., Halberg F., Breus T., Syutkina E., Baevsky R., Weydahl A., Watanabe Y., Otsuka K., Siegelova J., Fiser B., Bakken E.E. Non-photic solar associations of heart rate variability and myocardial infarction // J. Atmos and Sol-Terr. Phys. 2002. T.64. P.707-720.
2. Palmer S.J., Rycroft M.J., Cermack M. Solar and geomagnetic activity, extremely low frequency magnetic and electric fields and human health at the Earth's surface // Surv. Geophys. 2006.Vol. 27. P. 557-595. DOI 10.1007/s10712 – 006 –9010 –7.
3. Виллорези Дж., Бреус Т.К., Дорман Л.И., Ючи Н., Рапопорт С.И. Влияние межпланетных и геомагнитных возмущений на возрастание числа клинически тяжелых медицинских патологий (инфарктов миокарда и инсультов) // Биофизика. 1995. Т. 40. Вып. 5. С. 983 – 990.
4. Вершинина Н.И., Петроченко Н.А., Шумилов Ю.С. Влияние возмущенности геомагнитного поля на обострение гипертонической болезни // Геофизические процессы в околоземном пространстве / Ред. Г.И. Дружин. Владивосток: Дальнаука, 2000. С. 86-90.
5. Самсонов С.Н., Соколов В.Д., Стрекаловская А.А., Петрова Г.Г. Гелиогеофизическая возмущенность и обострение сердечно-сосудистых заболеваний // Междисциплинарный семинар «Биологические эффекты солнечной активности», 6-9. 04. 2004 г. Пушино –на-Оке. Тез. докл. С. 48.
6. Черноус С.А. Особенности вариабельности сердечного ритма в период геомагнитных возмущений в полярной области // Междисциплинарный семинар «Биологические эффекты солнечной активности», 6-9.04.2004 г. Пушино –на-Оке. Тез. докл. С. 17-18.
7. Гамбурцев А.Г., Чибисов С.М., Стрелков Д.Г. Вариации артериального давления и частоты сердечных сокращений по данным многосуточного мониторинга и их вероятная связь с внешними воздействиями // Геофизические процессы и биосфера. 2008. Т. 7. № 2. С. 53-66.
8. Чибисов С.М., Бреус Т.К., Левитин А.Е., Дрогова Г.М. Биологические эффекты планетарной магнитной бури //Биофизика. 1995. Т.40. Вып.5. С.959-968.

9. Гурфинкель Ю.И., Парфенова Л.М. Влияние геомагнитных возмущений на ритм сердца и его эктологическую активность // Междисциплинарный семинар «Биологические эффекты солнечной активности», 6-9.04.2004 г. Пущино –на-Оке. Тез. докл. С. 20.
10. Смирнов Р.В. Эффекты солнечной активности в преобразованиях циркуляционных форм в атмосфере// Биофизика. 1995. Т. 40. Вып. 5. С. 1068-1075.
11. Смирнов Р.В., Кононович Э.В. Проявление гелиогеомагнитной активности в преобразованиях циркуляционных форм в тропосфере // Изв. вузов. Радиофизика. 1996. Т. 39. № 10. С. 1335 –1340.
12. Мустель Э.Р. Солнечно-атмосферные связи в теории климата и прогноза погоды. Л.: Гидрометеиздат, 1974. 79 с.
13. Мустель Э.Р., Чертопруд В.Е., Хведелиане В.А. Сравнение изменений поля приземного атмосферного давления в периоды высокой и низкой геомагнитной активности // Астрон. журн. 1977. Т. 54. Вып. 2. С. 682-697
14. Смирнов Р.В., Кононович Э.В. Пространственные и частотные закономерности проявления солнечной активности в атмосфере // Биофизика. 1995. Т. 40. Вып. 5. С. 1076-1081.
15. Михайлова Г.А., Михайлов Ю.М., Капустина О.В., Смирнов С.Э. Эффекты геомагнитных возмущений в спектрах мощности атмосферных волн в динамо-области ионосферы // Геомагнетизм и аэрономия. 2009. Т. 49. № 2. С. 262-266.
16. Михайлова Г.А., Михайлов Ю.М., Капустина О.В., Дружин Г.И., Смирнов С.Э. Спектры мощности тепловых приливных и планетарных волн в приземной атмосфере и в D – области ионосферы на Камчатке // Геомагнетизм и аэрономия. 2009. Т. 49. № 5. С. 639-653.
17. Пудовкин М.И., Распопов О.М. Механизм воздействия солнечной активности на состояние нижней атмосферы и метеопараметры // Геомагнетизм и аэрономия. 1992. Т. 32. № 5. С. 1-22.