

УДК 57.045

Тужилкин Дмитрий Алексеевич, магистрант кафедры космической физики и экологии радиофизического факультета Томского государственного университета.
E-mail: dmitry-88@mail.ru
Область научных интересов: электромагнитная экология.

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЧИВОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВИСЦЕРАЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ В НОРМЕ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ КОМПЛЕКСА ФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Д.А. Тужилкин

Томский государственный университет
E-mail: dmitry-88@mail.ru

Развитие технического прогресса привело к значительному модифицированию окружающих физических полей, что не могло не отразиться на состоянии живых организмов, находящихся под их постоянным воздействием. В связи с этим целью данной работы было исследование активности сердечно-сосудистой системы человека под действием комплекса региональных физических факторов окружающей среды. Исследование проведено на репрезентативной однородной выборке (44 человека в возрасте от 19 до 22 лет) посредством синхронного мониторинга электрокардиограммы и естественных физических полей в г. Томске (геомагнитное поле, параметры шумановского резонатора, инфразвук и т. д.). В результате было показано, что среди совокупности параметров физических полей окружающей среды присутствуют поля, способные находить отклик в функционировании организма человека. Наибольшая связь обнаружена с вариациями восточной компоненты магнитного поля.

Ключевые слова:

Электромагнитное поле, инфразвук, геомагнитное поле, шумановский резонатор, сердечно-сосудистая система.

Введение

Организм человека, являясь сложной открытой нелинейной системой, очень чутко реагирует на условия окружающей его среды обитания. Как и каждое существо, он должен воспринимать сигналы внешней среды, обрабатывать их и правильно на них реагировать. Необходимая в данном случае согласованность всех органов и систем органов организма человека обеспечивается нейрогуморальной регуляцией его физиологических функций. Среди основных экологических факторов окружающей среды, традиционно рассматриваемых в контексте проблемы влияния на человека, значительно в меньшей мере исследовано влияние электромагнитных полей. Помимо возрастающего антропогенного электромагнитного загрязнения, большой интерес для исследований с точки зрения обнаружения механизмов воздействия представляют естественные электромагнитные поля как постоянно действующий на человека в процессе его эволюции фактор.

Накопленные к настоящему моменту времени данные свидетельствуют об информационной функции естественных электромагнитных полей [1]. Так, было показано, что наиболее агрессивное воздействие на биологические объекты оказывают резко меняющиеся по частоте электромагнитные поля, которые приводят к десинхронизации собственных электромагнитных сигналов в живом организме. Подобная же картина наблюдается и во время нестабильной гелиогеомагнитной обстановки, когда резкие вариации глобальных и региональных параметров окружающей среды находят отклик в работе различных систем организма [2]. Кроме того, даже недолгое пребывание человека в местах с аномальным значением естественного электромагнитного фона способно отразиться на функциональном состоянии организма [3].

С точки зрения информационной функции естественных электромагнитных полей можно объяснить и тот факт, что наиболее чувствительными системами в организме человека к изменению окружающей электромагнитной обстановки являются нервная и сердечно-сосудистая

системы, так как собственные частоты данных систем организма наиболее близки частотам рассматриваемых физических полей.

Тем не менее проблема оценки комплекса параметров естественных физических полей окружающей среды, в том числе естественных электромагнитных полей, как комплементарного экологического фактора влияния на человека на настоящий момент не решена. В связи с этим в данной работе проведено исследование зависимости между вариациями периода сердечных сокращений человека и изменениями параметров региональных физических полей окружающей среды.

Методика исследований

В ходе работы была набрана база данных круглосуточного мониторинга состояния сердечно-сосудистой системы 44 человек без нозологических отклонений в возрасте от 19 до 22 лет за период времени с 7 апреля по 11 июня 2009 года. Проводилась непрерывная регистрация электрокардиограммы в трех грудных отведениях методом холтеровского мониторинга в условиях обычной активности волонтеров. Далее проводилась обработка данных, в результате которой считались главные моменты вариаций RR-интервалов синусового ритма – показатель mRR (среднее значение RR-интервала) и SDNN (стандартное отклонение от среднего значения) на последовательных трехминутных интервалах, а также PNN50 (пропорция интервалов между смежными RR-интервалами, превосходящими 50 мс) – показатель, отражающий быстрые высокочастотные колебания в структуре variability сердечного ритма [4].

Этим рядам данных были поставлены во временное соответствие данные по параметрам физических полей окружающей среды, непрерывный круглосуточный мониторинг которых осуществляется в Томском государственном университете на сертифицированном оборудовании научно-образовательного центра «Физика ионосферы и электромагнитная экология» сотрудниками кафедры космической физики и экологии. В качестве параметров проанализированы региональное геомагнитное поле (амплитуда северной, восточной и вертикальной компонент, соответственно X, Y и Z), метеорологические параметры (температура T, давление P, влажность U, скорость приземного ветра S), инфразвуковые вариации давления в диапазоне от 0,01 до 32 Гц [5], разделенные на 6 октавных полос, основные параметры шумановского резонатора (ШР) – амплитуда A, частота F и добротность Q первых четырех мод в диапазоне от 6 до 32 Гц [6]. Каждый параметр физических полей предварительно был профильтрован трехчасовым фильтром Хэмминга.

Для исключения влияния неоднородности состава группы волонтеров на результаты их сравнения предварительно проведена стандартизация по суточным данным рассматриваемых показателей активности сердечно-сосудистой системы для каждого волонтера.

Результаты и их обсуждение

На первом этапе исследования построены временные зависимости показателей активности сердечно-сосудистой системы, сопряженные с параметрами естественных физических полей окружающей среды.

На рис. 1 представлен выборочный фрагмент временной зависимости показателей активности сердечно-сосудистой системы mRR и SDNN и восточной компоненты регионального геомагнитного поля Y. Как видно из графиков, показатели должны обнаруживать высокую степень корреляции, что и было подтверждено впоследствии в ходе корреляционного анализа. Кроме того, наряду с известной в литературе согласованностью сердечного ритма с метеопараметрами обнаружилось хорошее соответствие временной динамики сердечного ритма и частоты первой моды ШР (рис. 2). Наблюдаемый результат представляет интерес, так как данная частота (7,8 Гц) близка диапазону собственных частот головного мозга человека, и флуктуации данной частоты могут находить отклик в функционировании всего организма.

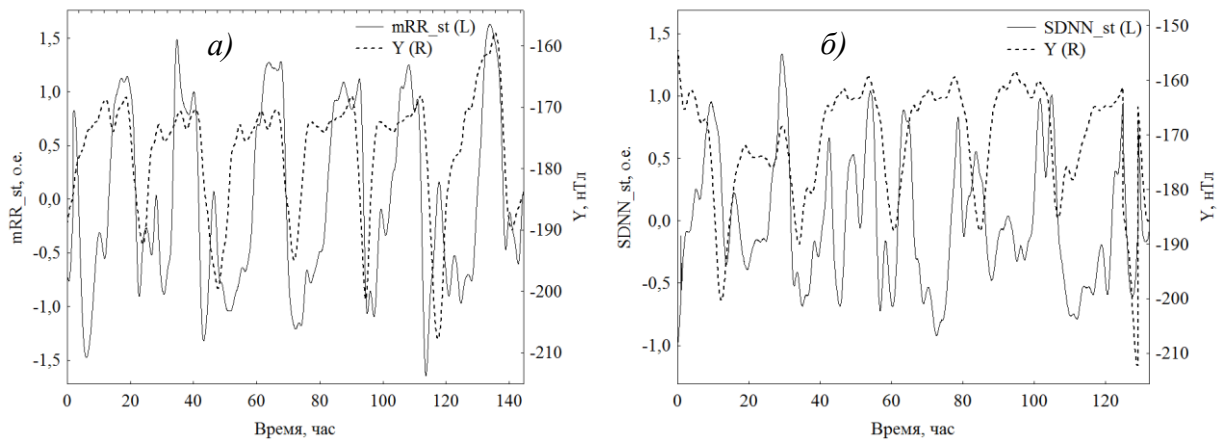


Рис. 1. Сопряженная временная динамика показателей активности сердечно-сосудистой системы mRR (а) и SDNN (б) и восточной компоненты Y геомагнитного поля

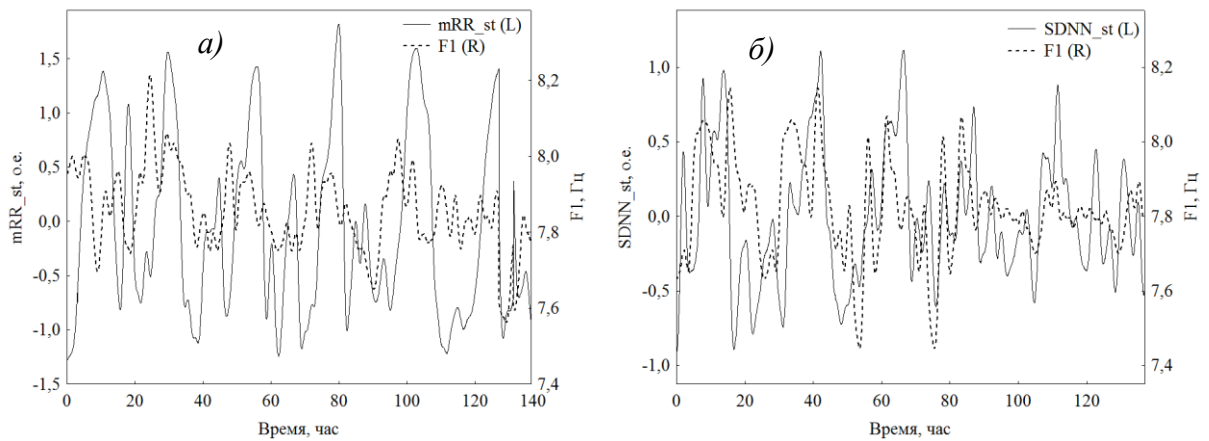


Рис. 2. Сопряженная временная динамика показателей активности сердечно-сосудистой системы mRR (а) и SDNN (б) и частоты первой моды шумановского резонатора F1

Показатель pNN50, отражающий процентную представленность кардиоциклов, превышающих предыдущий R-R интервал на 50 мс и ответственный за парасимпатический контроль, также обнаруживает высокую согласованность с данными факторами внешней среды (рис. 3).

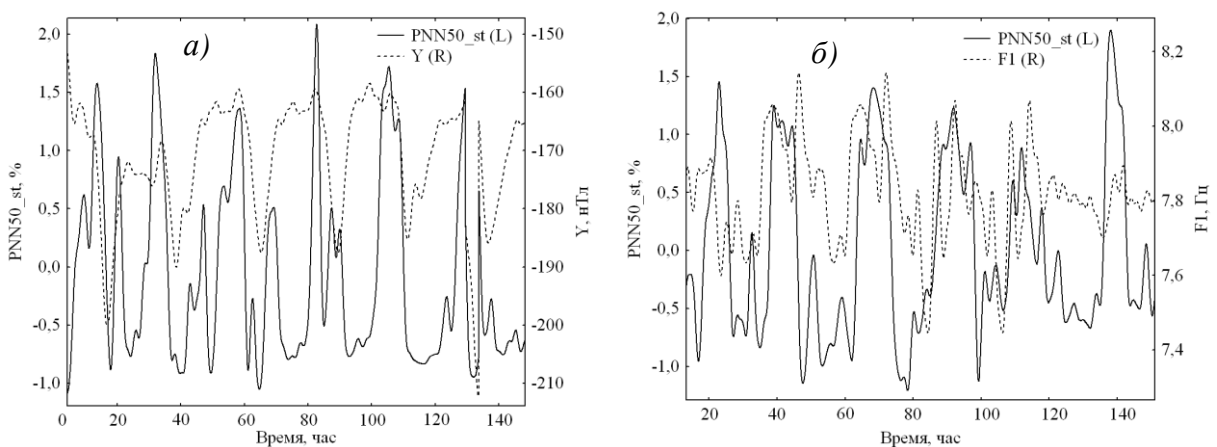


Рис. 3. Фрагмент сопряженной временной динамики стандартизованного показателя активности сердечно-сосудистой системы PNN50_st с восточной компонентой геомагнитного поля Y (а) и частотой первой моды шумановского резонатора F1 (б)

Кроме того, показатели активности сердечно-сосудистой системы обнаружили хорошо известную согласованность с метеорологическими параметрами окружающей среды. Так, на рис. 4 представлен фрагмент сопряженной динамики показателя PNN50 и одной из наиболее существенных характеристик погоды и климата – относительной влажности воздуха.

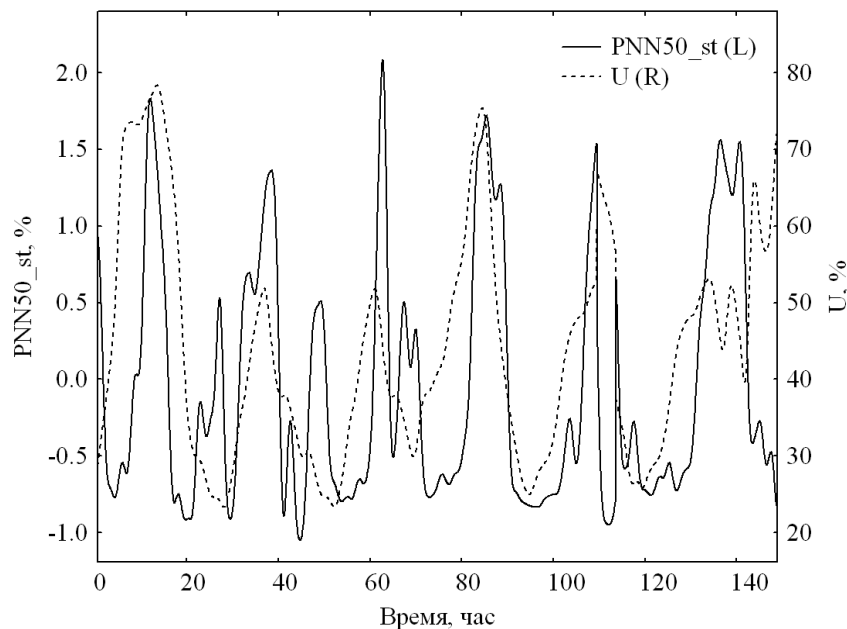


Рис. 4. Сопряженная временная динамика стандартизованного показателя активности сердечно-сосудистой системы PNN60_st и относительной влажности воздуха U

Для анализа связи между несколькими независимыми переменными (предикторами) и зависимой переменной оптимальным является множественный регрессионный анализ. В нашем случае в качестве зависимых переменных выступают показатели активности сердечно-сосудистой системы, а в качестве предикторов – параметры физических полей окружающей среды. В результате проведенного регрессионного анализа для каждой зависимой переменной были определены весовые коэффициенты влияния независимых переменных и их статистическая достоверность.

Парциальная, или частная, корреляция – это корреляция между двумя переменными при «фиксированном» влиянии остальных переменных, включенных в анализ. Важность её использования вытекает из того, что, как правило, одновременно несколько причин взаимодействуют и оказывают совместное влияние на исследуемый признак. Если определять корреляцию между причиной и следствием по отдельности, то влияние остальных переменных будет сказываться на степени связности выделенных переменных, что может привести к ошибочным заключениям. Рассчитанные коэффициенты парциальной корреляции и коэффициенты регрессии показали, что среди рассматриваемых физических параметров окружающей среды существуют параметры, имеющие довольно существенную корреляцию с показателями функционирования сердечно-сосудистой системы. В то же время имеются параметры, степень коррелированности которых с обозначенными показателями пренебрежимо мала по сравнению с другими параметрами. По этому признаку все показатели условно можно разделить на две группы: со значительной и незначительной степенью корреляции. В первую группу с уверенностью можно отнести Y – восточную компоненту регионального геомагнитного поля, а также температуру T , влажность U , давление P , частоту $F1$ и амплитуду $A1$ первой моды шумановского резонатора, инфразвуковые вариации давления в первой октавной полосе Π , что соответствует диапазону частот от 0,01 до 1 Гц (табл. 1, 2). Все остальные рассматриваемые параметры имеют малые значения корреляции и их можно отнести ко второй группе. При этом для показателя mRR общий коэффициент детерминации составил 0,56, для SDNN 0,26.

Таблица 1. Результаты регрессионного анализа зависимости mRR от параметров физических полей окружающей среды

	B	Std.Err.	Partial Cor.
Intercept	-19,1240	1,088799	
Y	0,0246	0,000390	0,404458
T	-0,0342	0,001186	-0,198916
U	0,0123	0,000487	0,174797
P	0,0222	0,001073	0,143696
F1	0,3227	0,038158	0,059326
A1	0,0071	0,000760	0,065557
I1	-0,7543	0,056444	-0,093499

Таблица 2. Результаты регрессионного анализа зависимости SDNN от параметров физических полей окружающей среды

	B	Std.Err.	Partial Cor.
Intercept	-14,0535	0,733400	
Y	0,0046	0,000263	0,121441
T	0,0046	0,000799	0,040385
U	0,0081	0,000328	0,171565
P	0,0152	0,000723	0,145926
F1	-0,0832	0,025702	-0,022729
A1	-0,0027	0,000512	-0,037030
I1	0,2421	0,038020	0,044701

Примечание: B – коэффициент регрессии, Std.Err. – ошибка коэффициента регрессии, Partial Cor. – коэффициент парциальной корреляции, Intercept – постоянная составляющая.

Кроме того, в результате проведенного кросскорреляционного анализа выяснено, что максимальная корреляция исследуемых параметров наблюдается при отрицательном значении лага. Полученный результат говорит о том, что сначала происходит изменение параметров внешней среды, а уже затем изменение вариабельности ритма сердца, т. е. с физической точки зрения всё согласовано.

Заключение

Таким образом, полученные во время исследования результаты демонстрируют, что искомая зависимость между вариациями периода сердечных сокращений в качестве показателя висцеральных функций организма и изменениями параметров физических полей достаточно значительна, и в случае каждого из параметров она различна. Наибольшая связь обнаружена с вариациями восточной компоненты магнитного поля – коэффициент парциальной корреляции составил $R = 0,4$. Этот результат согласуется с литературными данными и позволяет говорить о том, что вариации естественного регионального геомагнитного поля способны находить отклик в функционировании сердечно-сосудистой системы человека. Высокая корреляция обнаруженных зависимостей, а также общий коэффициент детерминации, равный 0,56 для показателя mRR, отвечающего за общий уровень функционирования сердечно-сосудистой системы, говорит о том, что исследованные естественные физические поля окружающей среды следует рассматривать как комплементарный экологический фактор, способный находить существенный отклик в функционировании организма человека.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чибисов С.М., Катинас Г.С., Рагульская М.В. Биоритмы и Космос: мониторинг космобиосферных связей. – М.: Капитал Принт, 2013. – 442 с.
2. Колесник А.Г., Бородин А.С., Колесник С.А., Побаченко С.В. Резонансный механизм солнечно-земных связей // Изв. вузов. Физика. – 2003. – № 8. – С. 23–30.
3. Шитов А.В., Бородин А.С., Тужилкин Д.А., Апраткина М.Л. Влияние физических полей активных геологических разломов на сердечно-сосудистую деятельность человека // Геофизические процессы и биосфера. – 2013. – Т. 12, № 3. – С. 56–77.
4. Дабровски А., Дабровски Б., Пиотрович Р. Суточное мониторирование ЭКГ. – М.: Мед-практика, 1998. – 204 с.
5. Провоторов Д.С., Соловьев А.В. Сезонно-суточные изменения инфразвуковых колебаний давления в частотном диапазоне от 0.01 до 32 Гц // Контроль окружающей среды и климата: мат-лы VII Всероссийского симпозиума. – Томск: Аграф-Пресс, 2010. – С. 237–238.
6. Деревянных А.А., Колесник А.Г., Колесник С.А. Эмпирическая модель резонатора шумановских резонансов // Изв. вузов. Физика. – 2010. – № 9/3. – С. 266–267.

Поступила 21.05.2015 г.