

Связь динамики электрических характеристик организма человека с вариациями космической погоды

© 2005 г. **В.С. Мартынюк**

Крымский научный центр Национальной академии наук Украины и Министерства образования и науки Украины, mavis@science-center.net

Проведено экспериментальное исследование, целью которого был анализ сезонной динамики связи электропроводности биологически активных точек (БАТ) человека с космической погодой. Показано, что БАТ организма человека эффективно реагируют на изменения космической погоды, что отражается на структуре биоритмов организма. Во временной организации БАТ обнаруживается комплекс основных гелиобиологических явлений: сезонные вариации связи биологических параметров с индексами космической погоды, 2-5 суточные сдвиги биологических реакций относительно максимумов солнечной активности, наличие единого набора периодических составляющих для био-, гео- и космофизических процессов, "мигание" периодов вследствие "перекачки мощности" колебаний с одних периодов на другие, индивидуальная адаптивная стратегия избирательного частотно-амплитудно-фазового согласования собственных биоритмов организма с периодическими вариациями факторов внешней среды.

Введение

В настоящее время накоплен определенный массив данных по сопоставлению биологической ритмики у организмов, находящихся в разных эволюционных нишах, с геофизическими и космическими ритмами и установлено сходство в спектре основных периодов в динамике биологических и гео- и космофизических процессов [Владимирский и Темурьянц, 2000, Владимирский и др., 2004]. На основе современных представлений о природе биологических ритмов [Деряпа и др., 1985] и выявленных закономерностей исследователями разрабатывается концепция синхронизации биологических ритмов вариациями космической погоды, контролируемой солнечной активностью [Владимирский и др., 2004, Темурьянц и др., 1992]. В последнее время термин "космическая погода" трактуют как совокупность сложных динамических космофизических процессов, имеющих место в околоземном пространстве и связанных, в первую очередь, с процессами, протекающими на ближайшей к нам звезде – Солнце. Однако по-прежнему плохо изучен вопрос о том, какие факторы среды обитания, связанные с космической погодой, являются наиболее биологически значимыми, и каковы биологические системы и механизмы, обеспечивающие реакцию живого организма на действие указанных факторов, которые по своей интенсивности являются крайне слабыми.

В настоящее время концептуально и экспериментально наиболее обоснованным является предположение о том, что вариации естественного электромагнитного фона, индуцированные солнечной активностью, являются основным посредником в солнечно-биосферных связях [Сидякин и др., 1985; Степанюк, 2002; Темурьянц и др., 1992]. Установлено, что низкочастотные переменные магнитные поля, близкие по своим частотным и амплитудным характеристикам к природным, являются биологически активными и способны изменять функциональное состояние центральной нервной [Темурьянц и др., 1992а; Холодов, 1982], иммунной [Темурьянц и др., 1995] и сердечно-сосудистой [Птицына и др., 1998; Чибисов и др., 1998] систем. Рядом авторов высказано предположение о том, что системные электрохимические процессы в организме животных и человека, состояние которых отражается на электрических свойствах БАТ, являются наиболее чувствительными к действию сверхслабых электромагнитных полей [Вельховер и Никифоров, 1984; Девятков и др., 2000]. В связи с этим были предприняты исследования по поиску корреляционных связей биофизических характеристик БАТ с вариациями геомагнитного поля и индексами солнечной активности [Дмитриева и др., 1998; Мартынюк и др., 2001]. Использование метода наложения эпох позволило установить связь электропроводности БАТ с уровнем геомагнитной возмущенности [Дмитриева и др., 1998]. Однако, многие вопросы,

касающиеся сезонной и годовой динамики этих связей, остаются неясными. В связи с этим целью данной работы, которая является логическим продолжением ранее проведенных исследований [Мартынюк и др., 2001], было изучение сезонной динамики связи электропроводности БАТ с космической погодой.

Материалы и методы

Измерение электрических параметров 20-ти контрольных измерительных БАТ рук, используемых для диагностики [Вельховер и Никифоров, 1984], проводили ежедневно у двадцати практически здоровых мужчин (7 чел.) и женщин (13 чел.) в возрасте 20-40 лет в период с июня по ноябрь 2000 г. Все испытуемые прошли психофизиологическое тестирование, которое включало в себя определение уровня нейротизма, который характеризует уровень эмоциональной неустойчивости и рассчитывается на основе результатов опроса испытуемых (тест Айзенка), и ситуативной тревожности, определяемой по комбинации цветовых предпочтений (цветовой тест Люшера) [Практикум по психологии, 2000]. Длительные исследования электрических характеристик БАТ проводили в период с августа 2000 г по сентябрь 2001 г.

Измерение электропроводности БАТ осуществляли с помощью специализированной диагностической системы «Рамед-эксперт», разработанной в Центре радиофизических методов диагностики и терапии Института технической механики Национального космического агентства НАН Украины. Данная система, используя опорный (зондирующий) электрический сигнал частотой 1 кГц и амплитудой 100 мВ, позволяет отдельно регистрировать активную и реактивную компоненты комплексной электропроводности. Результаты измерений выражаются в условных единицах, принятых в электропунктурной диагностической системе.

Электропроводность БАТ измеряли согласно общепринятым правилам электропунктурной диагностики [Вельховер и Никифоров, 1984; Девятков и др., 2000; Самосюк и др., 1994]. Измерительная система была заземлена, а испытуемые и оператор – нет. Электрический контакт между испытуемым и оператором был исключен. В связи с тем, что в изучаемых БАТ зоны максимальной электропроводности мигрировали в пределах анатомического расположения точек, их поиск осуществляли электродом посредством сканирующих движений.

Измерение биофизических характеристик БАТ проводили ежедневно у каждого испытуемого в одно и то же время, соответствующее максимальному уровню значений электропроводности исследуемых БАТ в суточном ритме. В настоящей работе использовали данные только по активной составляющей электропроводности.

Индексы солнечной активности были взяты из базы данных, размещенной на web-странице www.dxlc.com/solar/indices.html. Использовали следующие показатели: числа Вольфа, планетарный *Ap*-индекс, интенсивность солнечного радиоизлучения (на частоте 2.8 ГГц).

Обработку полученных временных рядов биофизических параметров БАТ и индексов солнечной активности проводили с помощью корреляционного и спектрального анализа.

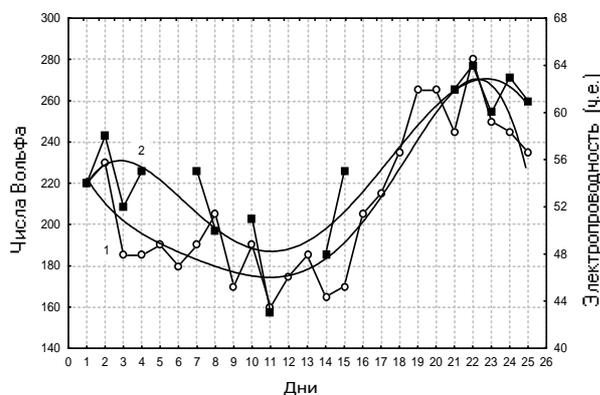


Рис. 1. Динамика чисел Вольфа (1) и электропроводности одной из контрольно-измерительных точек кисти руки у испытуемого с высоким уровнем нейротизма (2). Плавные линии – интерполяция данных полиномом 5-й степени

Результаты и обсуждение

Анализ динамики электропроводности БАТ на коротких временных интервалах показал, что всегда в той или иной степени в группе испытуемых имеет место корреляционная связь биофизических индексов БАТ с индексами космической погоды. Пример такой связи показан на рис. 1, где хорошо виден сходный характер изменений электропроводности одной из контрольно-измерительных точек у испытуемой с высоким уровнем нейротизма и чисел Вольфа.

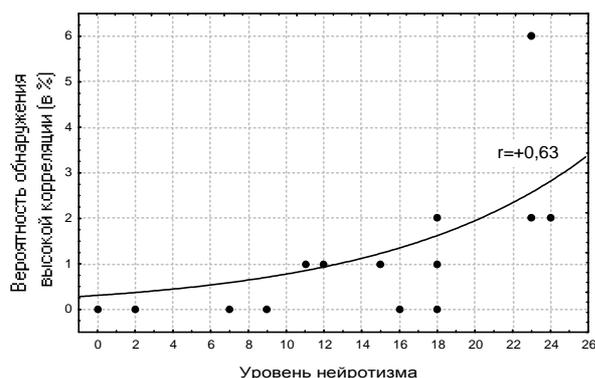


Рис. 2. Зависимость вероятности выявления высоких достоверных корреляций ($|r| \geq 0.5$) между величинами электропроводности БАТ и индексами космической погоды у человека от его уровня нейротизма

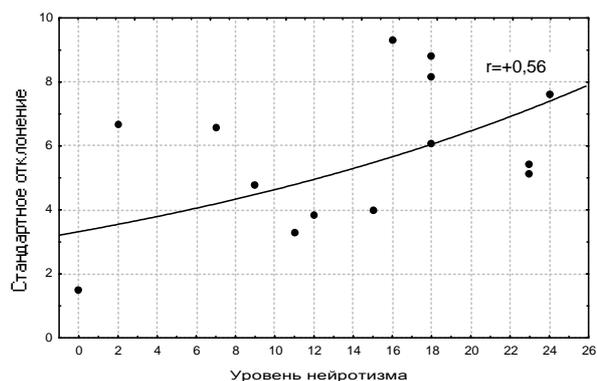


Рис. 3. Зависимость индивидуальной вариабельности амплитуды колебаний электропроводности БАТ относительно среднего значения у человека от его уровня нейротизма

Результаты психологического тестирования показали, что в исследуемой группе испытуемых имел место широкий спектр индивидуально-типологических психологических особенностей, что позволило провести дифференциальный анализ индивидуальной реактивности организма на изменение геогелиофизической обстановки. Оказалось, что наиболее высокая вероятность выявления достоверных корреляций между электропроводностью БАТ и индексами космической погоды имела место у испытуемых с высоким уровнем нейротизма (рис. 2). Эти же испытуемые характеризовались более высокими амплитудами колебаний электропроводности исследуемых контрольно-измерительных БАТ, что, вероятно, связано с общей генетически детерминированной высокой реактивностью организма на воздействие различных факторов. При статистическом анализе средних величин электропроводности БАТ это выражалось в повышенных в 2-4 раза значениях дисперсии по сравнению с испытуемыми с низким уровнем нейротизма (рис. 3). Следует отметить, что широко известен факт прямой зависимости электропроводности кожи человека, и в особенности в области БАТ, от уровня адреналина в крови. Уровень данного гормона в организме человека и животных контролируется симпатoadrenalовой и гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системами, активность которых напрямую зависит от конституциональных особенностей организма и его текущего психофизиологического состояния. В работах ряда авторов показана активация указанных регуляторных систем организма при геомагнитных возмущениях [Бреус и др., 2002; Мороз, 1984; Темурьянц и др., 1995].

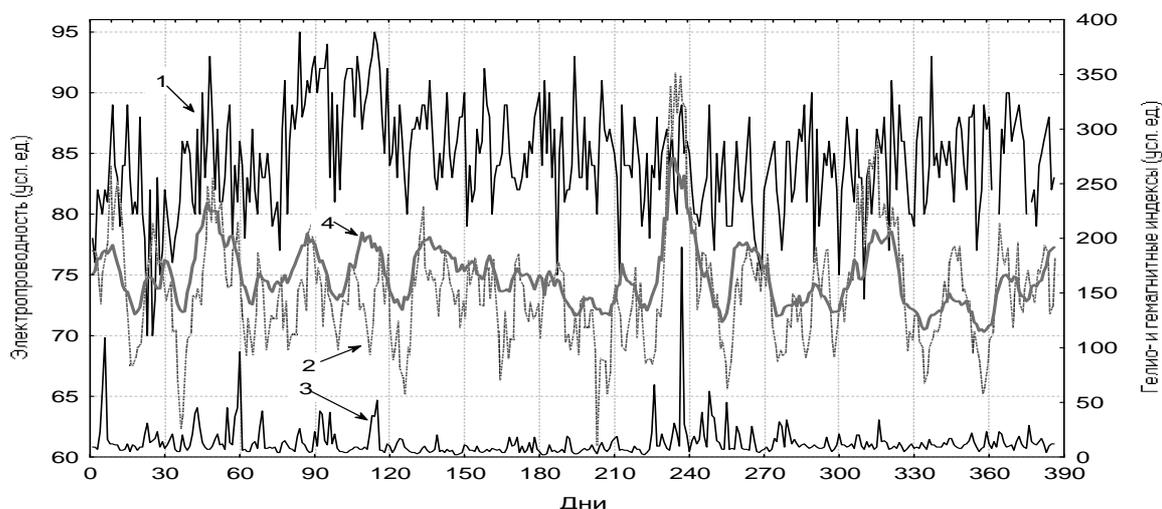


Рис. 4. Динамика электропроводности контрольно-измерительной биологически активной точки A14(Ib) (1) у одного из испытуемых в период с августа 2000 г по август 2001 г и индексов космической погоды – числа Вольфа (2), Ар-индекс (3), поток радиоизлучения (4)

Таким образом, результаты данного исследования свидетельствуют о разной индивидуальной чувствительности организма к слабым экологическим факторам. При этом в популяции, по-видимому, всегда можно выделить группу организмов-сенситивов, которая будет характеризоваться повышенной чувствительностью и реактивностью на вариации космической погоды. Такие индивидуальные особенности реактивности в ответ на действие слабых экологически значимых факторов не являются особым признаком человеческой популяции. Подобное явление имеет место и у животных [Темурьянц и др., 1995] и является, по сути, проявлением одной из общих неспецифических адаптационных стратегий на популяционном уровне.

Длительная регистрация электропроводности БАТ позволила, с одной стороны, более детально исследовать временную организацию отдельных биофизических параметров организма человека, а с другой – провести сравнительный анализ связи электрических свойств БАТ с вариациями космической погоды и оценить ее устойчивость. Для примера на рис. 4 представлена годовая динамика электропроводности одной из контрольно-измерительных БАТ и наиболее широко используемых индексов космической погоды – чисел Вольфа, потока радиоизлучения и среднесуточной геомагнитной возмущенности *Ap*.

Следует отметить, что анализ временных рядов на предмет совпадения периодов инфрадианной ритмики электрических характеристик БАТ с периодами гео- и гелиофизических индексов был проведен ранее в работе [Мартынюк и др., 2001], где отмечается, что периоды в интегральном ритме электропроводности БАТ могут быть очень близкими или практически совпадать с периодами вариаций солнечных и геомагнитных данных. При этом в интегральном ритме электропроводности БАТ могут одновременно иметь место периоды, которые обнаруживаются в динамике одних геогелиофизических процессов, и отсутствуют в других. Высказано предположение о том, что организм использует многоканальную систему рецепции экологических факторов для организации своих биоритмов, что повышает пластичность и, одновременно с этим, надежность работы его адаптивных систем. Основываясь на факте близости набора периодов в интегральном ритме БАТ, определяемого в основном динамикой глобальных космофизических факторов, а также на данных о широком спектре индивидуальных различий в уровнях корреляционных связей, было сделано заключение, что в условиях конкрет-

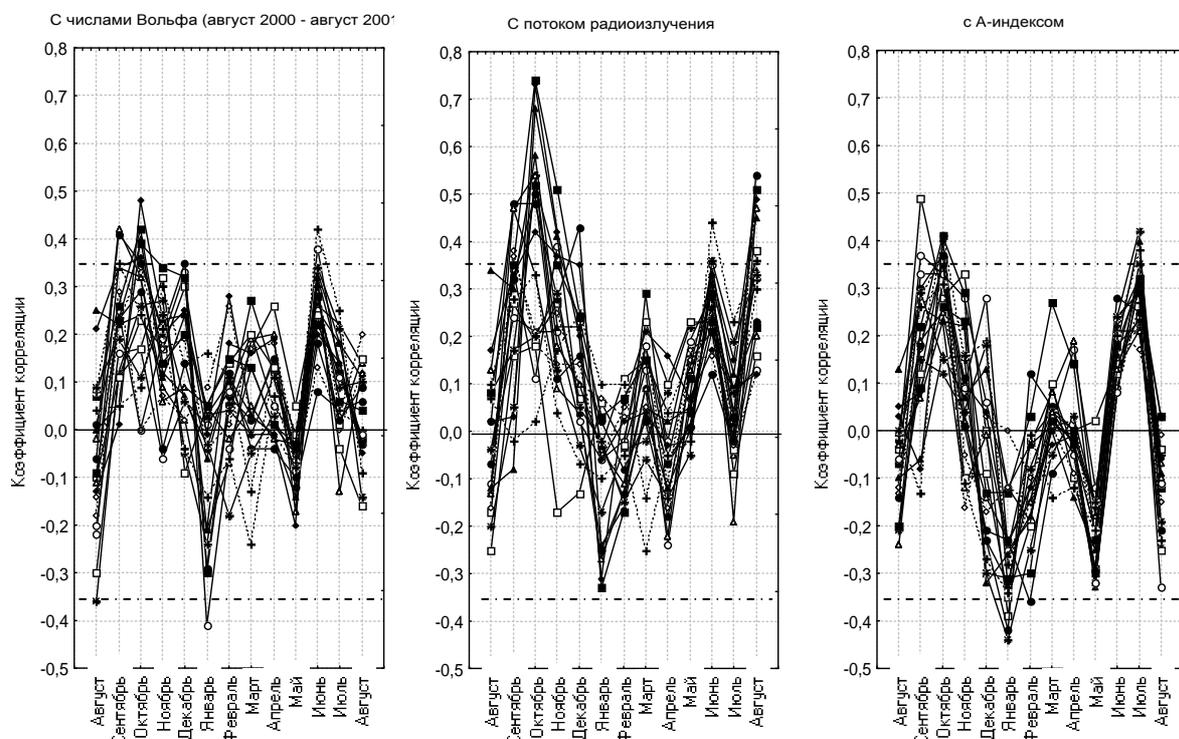


Рис. 5. Годовая динамика линейной корреляционной связи между электропроводностью 20 контрольно-измерительных БАТ и индексами «космической погоды». Пунктирными горизонтальными линиями показаны значения корреляций при уровне значимости ($p < 0.05$).

ной геогелиофизической обстановки каждый организм, в зависимости от его конституциональных особенностей и физиологического состояния, избирает собственную стратегию амплитудно-частотно-фазового согласования работы функциональных систем. Такая пестрая картина создает впечатление хаотичной динамики физиологических процессов и затрудняет наше понимание механизмов ее формирования.

Есть еще одно обстоятельство, которое усложняет понимание механизмов связи биологических процессов с вариациями слабых экологических факторов. Это связано с сезонной динамикой адаптационных стратегий организма, чувствительности и реактивности его физиологических систем. В связи с этим представляет интерес анализ сезонной динамики корреляционных связей между электрическими характеристиками БАТ и индексами космической погоды. Как видно из рис. 4, в определенные сезоны года (например, в осенний период) наблюдается достоверная связь электрических характеристик БАТ с вариациями индексов космической погоды, тогда как в другие временные интервалы такая связь не просматривается. Корреляционный анализ данных, соответствующих отдельным месяцам года, дает более детальное представление о динамичности связи электрических параметров разных БАТ организма человека с вариациями «космической погоды» (рис. 5). Как видно, отдельные периоды года, характеризующиеся высокими положительными корреляционными связями изучаемых процессов, сменяются периодами, для которых характерны отрицательные связи или их полное отсутствие. При этом для разных индексов «космической погоды» имеет место некоторая синхронность в динамике таких связей.

Согласно полученным данным, максимальные положительные корреляционные связи имеют место в период с сентября по ноябрь, тогда как с февраля по апрель вероятность выявления достоверных корреляций электрических характеристик БАТ с индексами солнечной активности минимальна (рис. 5). Спектральный анализ показывает, что в сезоны, характеризующейся низкой корреляцией, в ритмах электропроводности БАТ доминируют короткопериодические составляющие (2.5-9 сут), а в сезоны с высокой корреляцией – 13-29-суточные периоды. Таким образом, в течение длительного интервала наблюдений отдельные периоды в интегральном ритме исчезают, а затем вновь появляются. Такая динамичность спектра периодов некоторых физиологических процессов установлена и у животных [Мартынюк, 1998]. В связи с этим понятны причины неудач некоторых исследований, посвященных поиску линейно-корреляционных связей отдельных биологических процессов с солнечной активностью [Knox et al, 1979; Lipa et al, 1979].

В современной литературе продолжается дискуссия о том, какие космо- и геофизические факторы, контролируемые солнечной активностью, являются наиболее биологически значимыми. Анализ современного состояния проблемы солнечно-земных связей позволяет выделить несколько основных каналов воздействия космофизических факторов на биосферу (рис. 6).

Первый канал воздействия реализуется через поток солнечного коротковолнового излучения, которое воздействует на токовую систему ионосферы Земли. В данном случае воздействие суммируется по всем активным областям солнечного диска. Второй канал

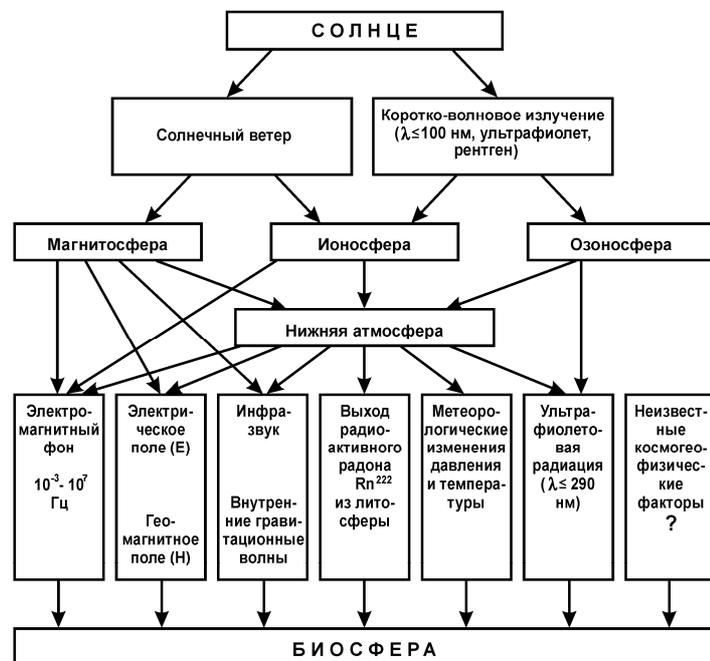


Рис. 6. Влияние солнечной активности на биосферу, опосредованное через модуляцию основных факторов космической погоды - потоков солнечного ветра и коротковолнового излучения, воздействующих соответственно на магнитосферу и ионосферу Земли [Владимирский и др., 2004].

связи – через солнечный ветер, который изменяет состояние магнитосферы Земли. В этом случае влияние ограничивается активными областями в узкой зональной области солнечного полушария с запаздыванием на 3-5 сут. В результате сложной цепи геофизических процессов на живые организмы действует комплекс факторов, дополнительно зависящий от географических и климатических особенностей того или иного региона планеты. Неоспорима биологическая активность радиоактивных элементов, инфразвука и других экологических факторов. Однако считается, что из всех перечисленных на рис.6 факторов, контролируемых солнечной активностью, наиболее значимыми являются электромагнитные возмущения, амплитуда которых может быть на несколько порядков выше фоновых значений [Владимирский и др., 2004]. Одним из подтверждений этого является отсроченная реакция электрической системы организма человека на изменение солнечной активности [Мартынюк и др., 2001], указывая на магнитосферный канал воздействия. Одновременно с этим спектральный анализ показывает наибольшую близость спектров мощности интегральной ритмики БАТ со спектрами вариаций геомагнитного индекса A_p (рис. 7).

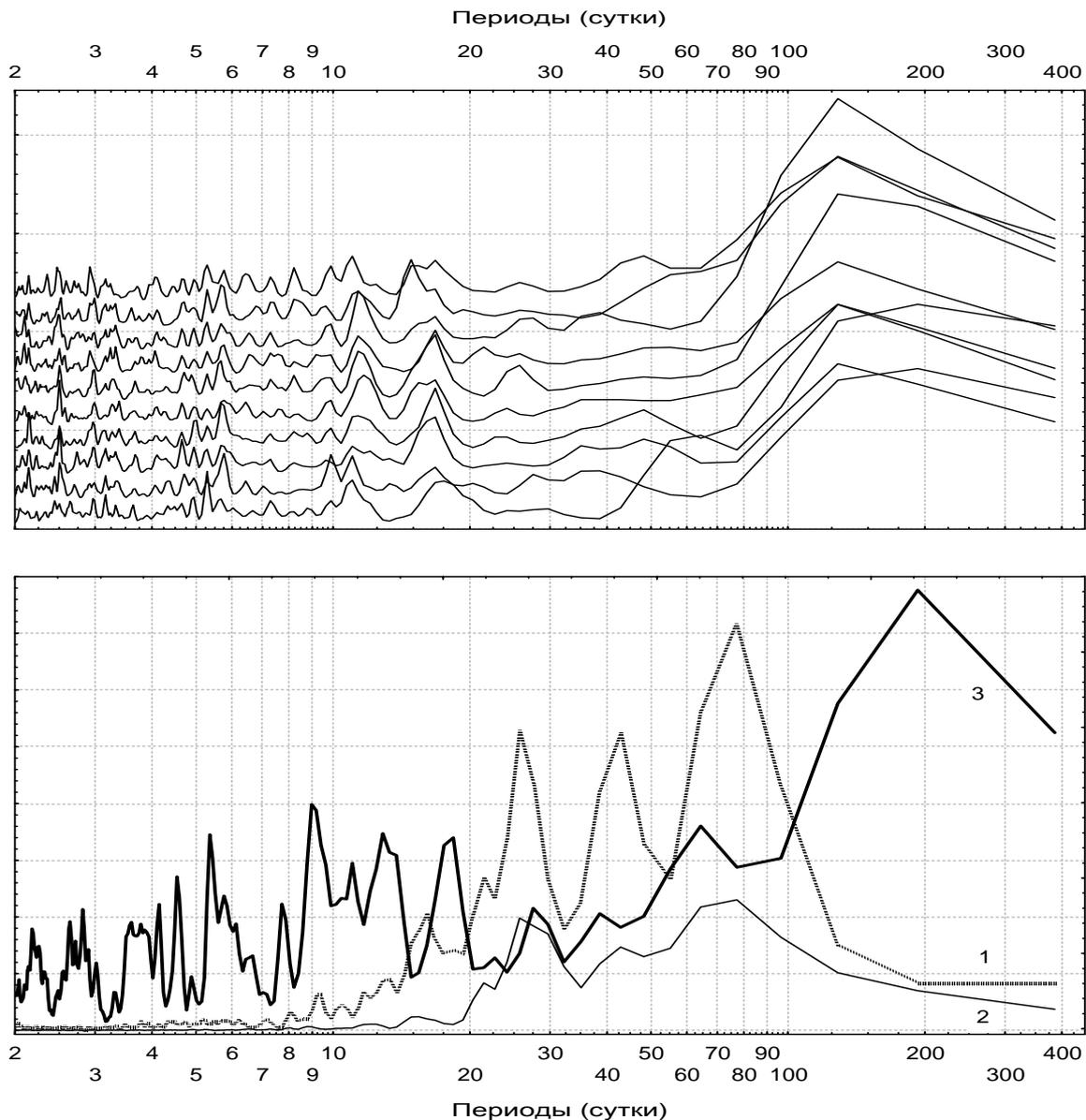


Рис. 7. Спектры мощности интегральной ритмики электропроводности контрольно-измерительных точек руки БАТ у одного из испытуемых (верхний график) и вариаций индексов космической погоды (1 – числа Вольфа, 2 – поток радиоизлучения, 3 – A_p -индекс)

Более точную количественную оценку близости спектров дает корреляционный анализ, результаты которого представлены в табл. 1. Как видно, наибольшие значения коэффициентов корреляции характерны для спектров вариаций геомагнитного индекса A_p и потока радиоизлучения. Это еще раз доказывает экологическую значимость электромагнитных вариаций в реализации солнечно-биосферных связей.

Таблица 1. Корреляции между спектрами вариаций гелио- и геофизических индексов и электропроводности биологически активных точек

Контрольно-измерительная биологически активная точка	Корреляция спектра мощности ритмов электропроводности биологически активных точек		
	с числами Вольфа	с планетарным геомагнитным А-индексом	с потоком радиоизлучения Солнца
Левая рука			
<i>Ly3(1.2)L</i>	0.33	0.72 *	0.40
<i>P3(10c)L</i>	0.36	0.64 *	0.42
<i>GI4(1b)l</i>	0.49 *	0.60 *	0.56 *
<i>Nd3(1b)L</i>	0.34	0.61 *	0.46 *
<i>MC4(8d)L</i>	0.21	0.62 *	0.30
<i>AI4(1b)L</i>	0.30	0.64 *	0.40
<i>Pd1(1b)L</i>	0.21	0.64 *	0.30
<i>Tr4(1b)L</i>	0.31	0.67 *	0.41
<i>C5(8s)L</i>	0.25	0.58 *	0.30
<i>IG4(1b)l</i>	0.32	0.66 *	0.41
Правая рука			
<i>Ly3(1.2)R</i>	0.23	0.59 *	0.31
<i>P3(10c)R</i>	0.18	0.56 *	0.24
<i>GI4(1b)r</i>	0.23	0.45 *	0.26
<i>Nd3(1b)R</i>	0.25	0.57 *	0.30
<i>MC4(8d)R</i>	0.34	0.55 *	0.37
<i>AI4(1b)R</i>	0.26	0.58 *	0.33
<i>Pd4(1b)R</i>	0.33	0.51 *	0.39
<i>Tr4(1b)R</i>	0.34	0.56 *	0.43
<i>C5(8s)R</i>	0.38	0.57 *	0.44
<i>IG4(1b)r</i>	0.38	0.54 *	0.42

* $p < 0.05$

Следует отметить, что вопрос о первичных механизмах биологической активности таких сверхслабых электромагнитных вариаций остается открытым. Лабораторные эксперименты показывают чувствительность живых организмов к действию магнитных полей крайне низких частот с характеристиками, близкими к тем, которые имеют место при геомагнитных возмущениях [Мороз, 1984; Пирузян и др., 1984; Степанюк, 2002; Темурьянц и др., 1992а]. В то же время исследованиями последних лет установлено, что пороговые значения интенсивности коротковолнового радиочастотного излучения, вызывающие ответ живых организмов, находятся в пределах менее 10^{-6} Вт/см² [Андреев и др., 1985]. Эти данные позволяют по-новому взглянуть на

экологическую значимость солнечного радиоизлучения. Несмотря на то, что интенсивность солнечного электромагнитного излучения в радиочастотном диапазоне, достигающего поверхности Земли, крайне мала, в момент солнечных вспышек радиочастотный электромагнитный фон может увеличиваться в 100-1000 раз и достигать величин порядка 10^{-9} Вт/см² [Владимирский и Темурьянц, 2000]. Вследствие возмущений ионосферы Земли, вызванных процессами на Солнце, а также электрических процессов в атмосфере Земли и техногенной деятельности человека, радиочастотное излучение природного и искусственного происхождения, распространяющееся в ионосферном волноводе и воздействующее на биосферу, приобретает случайно-модулированный характер с частотами модуляции, лежащими в диапазоне крайне низких частот [Степанюк, 2002]. В этой связи важно отметить, что низкочастотная модуляция радиоизлучений существенно повышает их биологическую активность [Adey, 1989]. Таким образом, весьма вероятно, что биологические эффекты различных по частотным характеристикам типов электромагнитных возмущений, индуцируемых изменениями космической погоды, «интерферируют» в организме человека и животных и проявляются в виде генерализированных специфических и неспецифических реакций со стороны отдельных метаболических и физиологических систем организма.

Таким образом, результаты данного и ранее проведенных исследований позволяют сформулировать следующие выводы.

1. Биоэлектрическая система биологически активных точек организма человека эффективно реагирует на изменения космической погоды и является одним из информационных каналов электромагнитной природы, который осуществляет связь организма с внешней средой.
2. Анализ временной организации биологически активных точек обнаруживает комплекс основных гелиобиологических явлений: сезонные вариации связи биологических параметров с индексами космической погоды, 2-5 суточные сдвиги биологических реакций относительно максимумов солнечной активности, наличие единого набора периодических составляющих для био-, гео- и космофизических процессов, "мигание" периодов вследствие "перекачки мощности" колебаний с одних периодов на другие.
3. В реакциях организма на изменение космической погоды важную роль играет индивидуальная адаптивная стратегия избирательного частотно-амплитудно-фазового согласования собственных биоритмов с периодами вариаций факторов внешней среды, базирующаяся на генетически детерминированных особенностях чувствительности и реактивности организма.

Литература

- Андреев Е.А., Белый М.У., Ситько С.П., (1985), Реакция организма человека на электромагнитное излучение миллиметрового диапазона // Вестник Академии наук СССР, М.: Наука, № 1. С. 25-32.
- Бреус Т.К., Чибисов С.М., Баевский Р.М., Шебзухов К.В. (2002), Хроноструктура биоритмов сердца и факторы внешней среды. Монография. М.: Полиграф сервис, 232 с.
- Вельховер Е.С., Никифоров В.Г. (1984), Основы клинической рефлексологии. М.: Медицина, 224 с.
- Владимирский Б.М., Темурьянц Н.А., (2000), Влияние солнечной активности на биосферу-ноосферу. М.: МНЭПУ, 374 с.
- Владимирский Б.М., Темурьянц Н.А., Мартынюк В.С. (2004), Космическая погода и наша жизнь. Фрязино: Век-2, 220 с.
- Девятков Н.Д., Грачев В.И., Кислов В.В., Кислов В.Я., Колесов В.В., (2000), Методологические аспекты электропунктурной диагностики и пунктурной КВЧ-терапии // Биомедицинская радиоэлектроника. № 1. С. 3-12.
- Деряпа Н.Р., Мошкин М.П., Посный В.С. (1985), Проблемы медицинской биоритмологии. М.: Медицина, 208 с.
- Дмитриева И.В., Рагульская М.В., Хабарова О.В., Резников А.Е. (1998), Биоэффекты магнитных бурь и электропунктурная диагностика // Материалы VII Симпозиума по

- Солнечно-Земной физике России и стран СНГ (15-18 декабря 1998 г., ИЗМИРАН, Москва) М., С. 130-131.
- Мартынюк В.С., (1998), Внутрисуточные гео- и гелиофизически значимые периоды в интегральном ритме двигательной активности животных // Биофизика. Т. 43, № 5, С. 789-796.
- Мартынюк В.С., Темурьянц Н.А., Московчук О.Б. (2001), Корреляции биофизических параметров биологически активных точек и вариаций гелиофизических факторов // Биофизика. Т. 46, № 5, С. 905-909.
- Мороз В.В. (1984), Функциональное состояние гипофизарно-надпочечниковой системы при действии низкочастотного переменного поля // Биологические механизмы и феномены действия низкочастотных и статических электромагнитных полей на живые системы. Томск: Томский ун-т, С. 34-40.
- Пирузян Л.А., Лазарев А.В., Киуташивили Т.Ш., Ульянов Н.И., Кузнецов А.И. (1984), Воздействие низкочастотного магнитного поля на натриевый ток миокардиальных клеток // Докл. АН СССР, Т. 274, № 4, С. 952.
- Практикум по общей, экспериментальной и прикладной психологии. (2000), М.: МГУ, 230 с.
- Птицына Н.Г., Виллорези Дж., Дорман Л.И., Ючи Н., Тясто М.И. (1998), Естественные и техногенные низкочастотные магнитные поля как факторы, потенциально опасные для здоровья // Успехи физических наук. Т. 168, № 7, С. 767-791.
- Самосюк И.З., Лысенюк В.П., Лиманский Ю.П., Повжитков А.Н., Бойчук Р.Р., Антонченко В.Я. (1994), Нетрадиционные методы диагностики и терапии. Київ: Здоров'я, 238 с.
- Сидякин В.Г., Темурьянц Н.А., Макеев В.Б., Владимирский Б.М., (1985), Космическая экология. Киев: Наукова думка, 175 с.
- Степанюк И.А., (2002), Электромагнитные поля при аэро- и гидрофизических процессах. СПб: изд-во РГГМУ, 214 с.
- Темурьянц Н.А., Владимирский Б.М., Тишкин О.Г., (1992), Сверхнизкочастотные электромагнитные сигналы в биологическом мире. Киев: Наукова думка, 188 с.
- Темурьянц Н.А., Макеев В.Б., Малыгина В.И. (1992а), Влияние слабых ПемП СНЧ на инфранианную ритмику активности симпатoadренальной системы крыс // Биофизика. Т. 37, № 4, С. 653-655.
- Темурьянц Н.А., Чуян Е.Н., Шехоткин А.В., (1995), Инфранианная ритмика функционального состояния нейтрофилов и лимфоцитов крови крыс с различными индивидуальными особенностями // Биофизика. Т. 40, № 5, С. 1121-1125.
- Холодов Ю.А., (1982), Мозг в электромагнитных полях. М.: Наука, 123 с.
- Чибисов С.М., Овчинникова Л.К., Бреус Т.К., (1998), Биологические ритмы сердца и «внешний» стресс, М.: Университет дружбы народов, 285 с.
- Adey W.R., (1989), Electromagnetic interaction with biological systems / Ed. J.C.Lin. N.Y. Plenum Publ. Corp., P. 109-140.
- Knox E.G., Armstrong E., Lancashire R. et al. (1979), Heart attacks and geomagnetic activity // Nature, V. 281, P. 564-565.
- Lipa B.G., Sturrock P.A., Rogot G., (1979), Search for correlation between geomagnetic disturbances and mortality // Nature, V. 277, P. 646-648.