УДК 577.35: 612.017.2

АДАПТАЦИЯ ЧЕЛОВЕКА К ГЕЛИОГЕОФИЗИЧЕСКИМ ВОЗМУЩЕНИЯМ НА ФОНЕ ОТЯГЧАЮЩИХ ФАКТОРОВ

© 2013 г. **М. И. Бабаева, С. М. Рогачева, *В. В. Вишневский**

Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю. А., г. Саратов
*Институт проблем математических машин и систем НАН Украины,
г. Киев

Исследовано влияние табакокурения на способности организма человека адаптироваться к гелиогеофизическим возмущениям. Проведен мониторинг параметров ритмики сердца молодых здоровых мужчин и женщин, курящих и некурящих. Результаты мониторинга проанализированы с использованием метода автоматического поиска групповых эффектов. Обнаружено, что табакокурение усиливает чувствительность организма к воздействию гелиогеофизических факторов и мужчины обладают пониженной адаптационной способностью к гелиогеомагнитным возмущениям.

Ключевые слова:
гелиогеофизические факторы, сердечно-сосудистая система, биофизический мониторинг, табакокурение, артефакт, K_p-индекс

В рамках международного крупномасштабного научно-исследовательского проекта «Гелиомед» длительное время проводится мониторинг реакций живых систем на изменение космофизических факторов. Исследования осуществляются в нескольких научных центрах России и Украины, связанных телекоммуникационной сетью, на одинаковом оборудовании и по единому протоколу исследований с on-line регистрацией текущих данных на общем портальном сервере.

Изучения проводятся на трех уровнях организации биосферы: клеточном, организменном и популяционном. В частности, собран большой объем данных по состоянию сердечно-сосудистой системы (ССС) здоровых людей, проживающих в различных климатических зонах, на разных географических широтах, в зависимости от гелиогеомагнитной активности. Десятилетний мониторинг параметров ритмики сердца добровольцев позволил выявить особенности их индивидуальных гелиобиологических реакций в зависимости от сезона года и фазы цикла солнечной активности, доказать существование групповых и популяционных эффектов и универсальных программ адаптации человека к космогеофизическим факторам [3].

Но организм человека подвергается действию не только природных факторов. Антропогенные преобразования среды, происходившие по мере развития человеческого общества и появления новых технологий, значительно изменивших условия жизни, также требуют адаптации популяций на физиологическом и генетическом уровнях. Поэтому интересно проследить, какое влияние различные антропогенные факторы могут оказывать на способность человека адаптироваться к изменению солнечной активности.

Для ССС человека дополнительной антропогенной нагрузкой служит табакокурение, которое в настоящее время приняло характер эпидемии в России. При длительном курении отмечается хроническая гипоксемия, усиление атерогенеза в бассейне коронарных сосудов, увеличение адгезивности тромбоцитов, нарушение процессов фибринолиза крови [7]. Безусловно, вызванные табакокурением патологические изменения (заболевания) усиливают влияние на организм любых внешних факторов. Следовательно, определить степень воздействия табакокурения на адаптационные возможности человека можно, используя для мониторинга группы молодых функционально здоровых людей.

В связи с вышесказанным цель данной работы — исследовать действие солнечной активности на параметры ритмики сердца у функционально здоровых мужчин и женщин 20 лет, курящих и некурящих, и оценить степень влияния табакокурения на способность организма человека адаптироваться к гелиогеофизическим возмущениям.

Методы

Исследования проведены в Саратовском государственном техническом университете имени Гагарина Ю. А. В работе использован оригинальный датчик электрокардиограммы (ЭКГ) первого отведения, позволяющий снимать сигнал с кистей рук обследуемого. Результаты измерений обработаны централизованно в режиме on-line в Институте проблем математических машин и систем НАН Украины (г. Киев).

Предварительно по результатам психофизиологических тестов и ЭКГ первого отведения был проведен отбор студентов-добровольцев. Из 50 протестированных женщин были выбраны 12 с близкими параметрами ЭКГ и похожим психоэмоциональным статусом, из которых 6 являлись курящими. Подобным образом из 56 мужчин были выбраны 14, из которых 7 курили. Все участники были одного возраста (20 лет) и функционально здоровы.

В период с 10 марта по 23 апреля 2010 года в мониторинге участвовали женщины, с 11 марта по 28 апреля 2011 года — мужчины. В дни эксперимента обследуемые проходили четырехкратную регистрацию параметров ЭКГ первого отведения: в состоянии покоя, после стресс-теста, физической нагрузки и минутного отдыха. В качестве информативного показателя кардиосигнала использовался эвристический параметр «Симметрия Т-зубца» [2, 5]. Результаты оценивались с помощью метода обнаружения групповых эффектов путем анализа артефактов кардиосигналов (по форме траекторий четырех измерений) [3]. Основная идея метода состоит в поиске «неправильных» (непохожих, сильно отличающихся) траекторий сигнала всех четырех измерений состояния ССС члена мониторинговой группы. Такие траектории были названы артефактами.

Математически такая стратегия поиска артефактов может быть выражена формулой:

$$\left(\sum_{j=1,\, j\neq i}^{N}\left(R\left(V_i, V_j\right) \rangle B\right)\right) \leq \left(K * N\right) \Rightarrow V_i = \textit{артефакт},$$

где N — общее количество дней, в которые зарегистрированы данные для выбранного пациента; V_i — i-тая траектория; R (V_i, V_j) — функция корреляции; B — порог похожести: если значение функции корреляции между двумя траекториями превышает данный порог, то считается, что они имеют близкую форму; K — порог группы: если тестируемый вектор имеет количество векторов, на которые он похож, меньше заданного порога, то считается, что заданная траектория является артефактом.

Определив артефакты для всех пациентов группы, можно вычислить вероятность группового эффекта в конкретный день по формуле:

$$P_i^{group} = \frac{R_i}{n_i},$$

где P_i^{group} — вероятность группового эффекта; n — количество пациентов, принявших участие в эксперименте в данный день; R — количество артефактов; i — номер дня.

Изменение магнитной возмущенности определяли по суммарному за сутки значению K_p-индекса. Сведения о геомагнитной активности (К-индекс) были получены из наблюдений Института космофизических исследований и аэрономии им. Ю. Г. Шафера СО РАН г. Якутска.

Результаты

Эксперименты проводились весной 2010 и 2011 годов. Первый год характеризуется низкой солнечной активностью с максимальными всплесками весной (март — апрель) и осенью (октябрь — ноябрь). В марте 2011 года число пятен на Солнце резко возросло, таким большим оно не было с 2003 года. Наблюдались многочисленные солнечные вспышки низкой и средней мощности и две большие. В начале месяца была зарегистрирована малая геомагнитная буря, а в середине — умеренная. К концу марта геомагнитная обстановка стала спокойнее. В апреле 2011 года солнечная активность колебалась от низкой до умеренной, но также наблюдались периоды высокой активности. В целом за выбранный период времени геомагнитная обстановка в основном менялась от спокойной до слабовозмущенной.

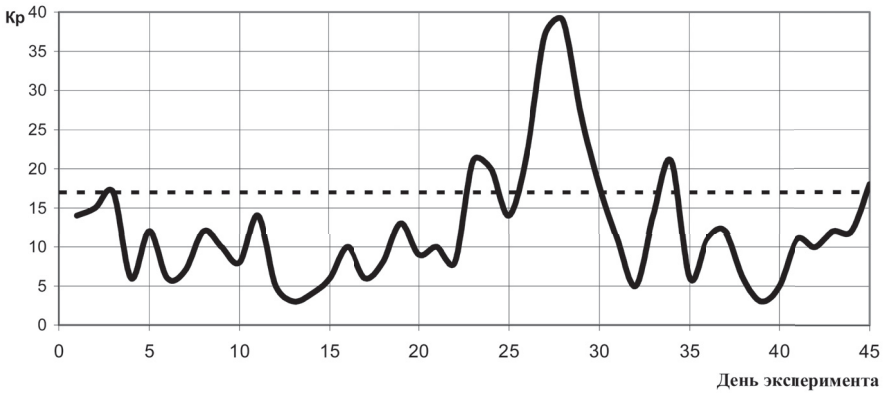
Изменение магнитной возмущенности, определенное по значению K_p-индекса, отображено на рис. 1А и 2А. Поскольку магнитно-возмущенным принято считать период с суммарным суточным K_p-индексом выше 16—18, анализ данных (см. рис. 1А) позволяет заключить, что с 1-го по 22-й и с 35-го по 45-й дни эксперимента геомагнитная обстановка была слабовозмущенной. В период со 2 по 23 апреля (23—34-й дни опыта) наблюдалось три всплеска геомагнитной возмущенности со значениями Кр-индекса 21, 39, 21.

С 4-го по 19-й и с 37-го по 50-й дни эксперимента геомагнитная обстановка колеблется в пределах нормы. В период с 20-го по 36-й (с 30 марта по 15 апреля) дни эксперимента наблюдалось два всплеска (23-й и 35-й дни эксперимента) геомагнитной возмущенности со значениями Кр-индекса 32 и 22 соответственно.

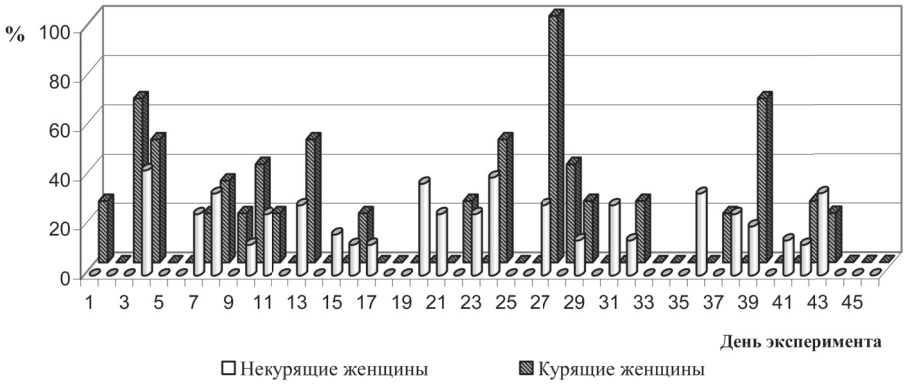
С 10 марта по 23 апреля 2010 года нами проводился биофизический мониторинг состояния ССС функционально здоровых женщин 20 лет. Получены показатели, характеризующие состояние сердечной ритмики каждой обследуемой. Параметры «Симметрия Т-зубца» были проанализированы методом групповых эффектов для групп курящих и некурящих женщин (рис. 1В).

Отмечено, что у некурящих женщин вероятность артефактов не превышает 50 %. У курящих на вторые сутки после всплесков магнитной возмущенности вероятность артефактов максимальная (68—100 %).

В период с 11 марта по 28 апреля 2011 года биофизический мониторинг был продолжен с участием функционально здоровых мужчин 20 лет, курящих и



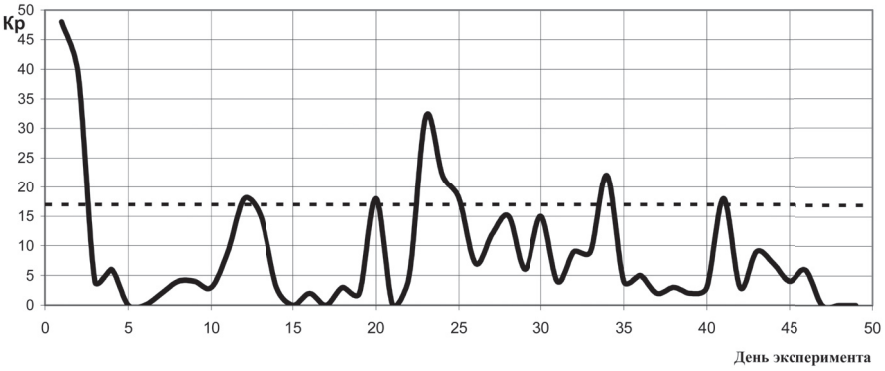
А



В

Рис. 1. Экспериментальные данные за период 10.03.10–23.04.10:

А – значения $К_р$-индекса (----- граница, выше которой наблюдается магнитно-возмущенный период); В – вероятность артефактов (%), рассчитанная с помощью автоматического алгоритма поиска групповых эффектов для групп курящих и некурящих женщин



А

В

Рис. 2. Экспериментальные данные за период 11.03.11–28.04.11:

А – значения $К_р$-индекса (----- граница, выше которой наблюдается магнитно-возмущенный период); В – вероятность артефактов (%), рассчитанная с помощью автоматического алгоритма поиска групповых эффектов для групп курящих и некурящих мужчин

некурящих (рис. 2В). У курящих мужчин по сравнению с некурящими наблюдается повышенный уровень чувствительности к колебаниям солнечной активности, наибольшая вероятность артефактов проявляется, как правило, в дни нестабильной гелиогеомагнитной активности и составляет 80–100 %.

Обсуждение результатов

В последние годы все чаще говорится о солнечной активности, магнитных бурях и их влиянии на биосистемы, в том числе и на людей. Особенно актуальной эта тема становится сейчас, в период резкого нарастания солнечной активности.

Спокойное Солнце (при отсутствии на его поверхности пятен, протуберанцев, вспышек) характеризуется постоянством во времени электромагнитного излучения во всем его спектральном диапазоне и так называемого солнечного ветра — слабого потока электронов, протонов, ядер гелия, представляющего собой радиальное истечение плазмы солнечной короны в межпланетное пространство. Периодически, приблизительно каждые 11 лет, происходит увеличение солнечной активности (возникают солнечные пятна, хромосферные вспышки, протуберанцы в короне Солнца). В это время усиливается волновое солнечное излучение на разных частотах, из солнечной атмосферы выбрасываются в межпланетное пространство потоки электронов, протонов, ядер гелия, энергия и скорость которых намного больше, чем у частиц солнечного ветра. Этот поток частиц распространяется в межпланетном пространстве и через определённое время (12—24 часа) достигает орбиты Земли. Под его давлением магнитосфера Земли на дневной стороне сжимается в 2 раза и более (с 10 радиусов Земли в норме до 3—4), что ведет к увеличению напряженности магнитного поля Земли. Так начинается мировая магнитная буря. Результаты научных наблюдений за солнечной активностью в течение последних 170 лет позволяют отнести максимум 11-летнего цикла в 2001 году к самому мощному за этот период. Он совпадает с вхождением в максимум 576-летнего цикла противостояния больших планет в 2000 году, что дает возможность ученым указывать на усиление психопатогенного космического воздействия на биосферу [6].

Известно, что вариации гелиогеофизических факторов воздействуют на живые системы всех уровней организации биосферы. На функциональные системы организма человека они оказывают в большей степени биоритмотропное, диссинхронизирующее влияние [3]. По мнению многих авторов, геомагнитные возмущения не вызывают специфических заболеваний, но из-за расбалансирования систем регуляции функций организма отягощают имеющиеся функциональные нарушения, особенно ССС [1]. Например, у больных с гипертонией и ишемической болезнью сердца в день развития гелиогеофизических возмущений, а также первые два дня после него регистрируется гиперкоагуляция и активизация фибринолиза крови. В работе С. Н. Самсонова [8] отмечено увеличение числа вызовов скорой помощи к больным с сердечно-сосудистыми заболеваниями в дни с нестабильной геомагнитной обстановкой.

На здоровый организм гелиогеомагнитное возмущение производит слабый, тренирующий адаптационный эффект и может вообще не наблюдаться самим человеком, так как не превышает адаптационных возможностей организма, или может стать лишь причиной кратковременных расстройств [3].

Выявить отклик ССС здорового человека на гелиогеофизические возмущения чрезвычайно сложно, поскольку он одновременно подвергается воздействию различных факторов окружающей среды. В рамках проекта «Гелиомед» были проведены длительные мониторинговые исследования состояния ССС работоспособных, функционально здоровых людей, проживающих в различных климатических зонах, на разных географических широтах, принадлежащих к разным этническим группам [3—5]. Полученные длинные ряды данных позволили выявить параметры ССС, наиболее показательные для оценки эффектов воздействия гелиогеомагнитных факторов на человека. Было установлено, что за день до главной фазы магнитной бури наблюдаются изменения этих параметров у людей в условиях дополнительной нагрузки (физической и психоэмоциональной). Если в магнитно-спокойные дни 10-минутного отдыха было достаточно, чтобы все показатели вернулись в норму, то в магнитно-возмущенные дни отмечался сдвиг коэффициента симметрии Т-зубца в сторону патологий. Причем у мужчин нарушение динамики выхода из состояния с недозируемой физической нагрузкой наблюдалось в большей степени, чем у женщин, что свидетельствует об их повышенной чувствительности к магнитным бурям [5].

В связи с этим нам было интересно изучить, влияет ли такой антропогенный фактор, как табакокурение, на адаптационные способности организма к гелиогеофизическим возмущениям. Для оценки был использован метод автоматического поиска групповых эффектов.

Ранее было установлено [3], что для каждого индивидуума существует стабильное соотношение (траектория) кардиосигналов, полученных под разными видами нагрузки. Такая траектория характеризует степень устойчивости организма и особенности индивидуальной адаптации. Статистически достоверное нетипичное отклонение метрики кардиосигнала от характерной траектории — артефакт — отражает отклик ССС на воздействие гелиогеофизических факторов. По количеству артефактов внутри мониторинговой группы, объединенной одним или несколькими признаками, можно определить групповой эффект воздействующего фактора. Сравнивая групповые эффекты, оценивают различия адаптационных возможностей мониторинговых групп.

Применение данного метода позволяет нам утверждать, что у табакозависимых людей снижается уровень адаптации к гелиогефизическим возмущениям. Вероятность наступления артефактов у курящих резко возрастает и носит флуктуационный характер. Поскольку вероятность более 30 % уже является значимой, риск возникновения сердечно-сосудистых патологий в магнитно-возмущенные дни у курящих людей значительно выше, чем у некурящих.

Сравнение экспериментальных данных, полученных для мужчин и женщин, свидетельствует о том, что вероятность наступления артефактов у первых значительно выше. На пике магнитной возмущенности, до и после ее всплеска (в 1, 6, 15 и 41-й дни

эксперимента) для курящих мужчин вероятность наступления артефактов составляет 100 %, в то время как у некурящих в эти дни она не превышает 50 %. Это указывает на нарушения в ритмике сердца и возможность развития у них сердечно-сосудистых патологий и снижение адаптационных резервов организма человека. У некурящих женщин вероятность наступления артефакта не превышает 40 %. У курящих женщин на пике магнитной возмущенности (27-й день) она составляет 100 %, в то время как у некурящих – 28 %. Что же касается мужчин, вероятность наступления артефактов у них колеблется в довольно широких пределах от 15 до 100 %, причем как у курящих, так и некурящих. Это свидетельствует о сниженной способности мужчин адаптироваться к гелиогеофизическим возмущениям.

На основании вышеизложенного можно заключить следующее:

1. С помощью метода групповых эффектов проанализировано влияние табакокурения на способность организма адаптироваться к гелиогеофизическим возмущениям.

2. Установлено, что табакокурение усиливает чувствительность организма к воздействию гелиогеофизических факторов.

3. Обнаружено, что мужчины обладают пониженной способностью адаптироваться к воздействию природных и антропогенных факторов, в связи с этим курящих мужчин можно отнести к группе риска по развитию патологий сердечно-сосудистой системы.

Список литературы

1. *Агаджанян Н. А., Ораевский В. Н., Макарова И. И., Канониди Х. Д.* Медико-биологические эффекты геомагнитных возмущений. М. : ИЗМИРАН, 2001. С. 47–50.

2. *Бабаева М. И., Рогачева С. М., Самсонов С. Н.* Анализ результатов биофизического мониторинга состояния сердечно-сосудистой системы человека с учетом дополнительной антропогенной нагрузки // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2010. Т. 12, № 1(8). С. 1917–1920.

3. Биотропное воздействие космической погоды (по материалам российско-украинского мониторинга «Гелиомед» 2003–2010) / под ред. М. В. Рагульской. М., Киев – СПб. : ВВМ, 2010. 312 с.

4. *Вишневский В. В., Рагульская М. В., Самсонов С. Н.* Телекоммуникационные технологии в выявлении закономерностей функционирования живых систем // Технологии живых систем. 2007. № 4. С. 55–62.

5. *Вишневский В. В., Файнзильберг Л. С., Рагульская М. В.* Влияние солнечной активности на морфологические параметры ЭКГ сердца здорового человека // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. 2003. № 3. С. 3–11.

6. *Владимирский Б. М., Темурьянц Н. А., Мартынюк В. С.* Космическая погода и наша жизнь. Фрязино : Век 2, 2004. 224 с.

7. *Радбиль О. С., Комаров Ю. М.* Курение. М. : Медицина, 1988. 160 с.

8. *Самсонов С. Н., Маныкина В. И., Скрябин Н. Г., Крымский Г. Ф., Петрова П. Г., Вишневский В. В., Григорьев П. Е., Подладчикова Т. Н., Рагульская М. В.* Влияние геомагнитной возмущенности на состояние сердечно-сосудистой системы человека // Вестник новых медицинских технологий. 2009, Т. 16, № 1. С. 246–248.

References

1. Agadzhanyan N. A., OraevskiyV. N., Makarova I. I., Kanonidi Kh. D. *Mediko-biologicheskie effekty geomagnitnykh vozmushchenii* [Medical-biological effects of geomagnetic disturbances]. Moscow, 2001, pp. 47-50. [in Russian]

2. Babaeva M. I., Rogacheva S. M., Samsonov S. N. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk* [Bulletin of Samara Research Center of Russian Academy of Sciences]. 2010, vol. 12, no. 1(8), pp. 1917-1920. [in Russian]

3. *Biotropnoe vozdeistvie kosmicheskoi pogody (po materialam rossiisko-ukrainskogo monitoringa «Geliomed» 2003-2010)* [Biotropic effects of space weather (according to materials of Russian-Ukrainian monitoring "Geliomed" 2003-2010)], eds. M. V. Ragul'skaya. Moscow, Kiev , Saint Petersburg, 2010, 312 p. [in Russian]

4. Vishnevskey V. V., Ragul'skaya M. V., Samsonov S. N. *Tekhnologii zhivykh system* [Living systems technologies]. 2007, no. 4, pp. 55-62. [in Russian]

5. Vishnevskey V. V., Fainzil'berg L. S., Ragul'skaya M. V. *Biomeditsinskie tekhnologii i radioelektronika* [Biomedical technologies and radioelectronics]. 2003, no. 3, pp. 3-11. [in Russian]

6. Vladimirskiy B. M., Temur'yants N. A., Martynyuk V. S. *Kosmicheskaya pogoda i nasha zhizn'* [Space weather and our life]. Fryazino, 2004, 224 p. [in Russian]

7. Radbil' O. S., Komarov Yu. M. *Kurenie* [Smoking]. Moscow, 1988, 160 p. [in Russian]

8. Samsonov S. N., Manykina V. I., Skryabin N. G., Krymskii G. F., Petrova P. G., Vishnevskii V. V., Grigor'ev P. E., Podladchikova T. N., Ragul'skaya M. V. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii* [Bulletin of New Medical Technologies`]. 2009, vol. 16, no. 1, pp. 246-248. [in Russian]

HUMAN ADAPTATION TO HELIOGEOPHYSICAL DISTURBANCES AGAINST THE BACKGROUND OF PRECIPITATING FACTORS

M. Babaeva, S. Rogacheva, *V. Vishnevskey

Saratov State Technical University, Saratov, Russia
**Institute of Mathematical Machines and Systems Problems of NAS, Kiev, Ukraine*

The effect of smoking on the capacity of an organism to adapt to heliogeophysical perturbations was studied. Monitoring data were analyzed using the automatic search of group effects. It has been shown that the cardiovascular system of smoking men was more reactive than the same system of smoking women, and men possessed lower abilities to adapt to the natural and anthropogenic factors effects.

Keywords: heliogeophysical factors, cardiovascular system, biophysical monitoring, smoking, the coefficient of T-wave symmetry, the Kp-index

Контактная информация:

Бабаева Милена Искендеровна – аспирант кафедры природной и техносферной безопасности ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А.»

Адрес: 410054, г. Саратов, ул. Политехническая, д. 77

E-mail: risavalasava@yandex.ru, smro13@land.ru