

**УДК 577.35**

## **ВЛИЯНИЕ ТАБАКОКУРЕНИЯ НА БИОЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ МИОКАРДА ПРАКТИЧЕСКИ ЗДОРОВЫХ ЛЮДЕЙ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УРОВНЯХ ГЕОМАГНИТНОЙ АКТИВНОСТИ**

*Отраднава М.И.<sup>1</sup>, Розачева С.М.<sup>1</sup>, Козлитин А.М.<sup>1</sup>, Вишневский В.В.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., Саратов, Россия*

<sup>2</sup>*Институт проблем математических машин и систем НАН Украины, Киев, Украина  
E-mail: smro13@land.ru*

Исследовано влияние табакокурения на биоэлектрическую активность миокарда практически здоровых людей в условиях нестабильной геомагнитной обстановки. Проведен мониторинг параметров ритмики сердца молодых, здоровых мужчин и женщин, курящих и некурящих. Обнаружено, что табакокурение усиливает чувствительность организма к воздействию гелиогеофизических факторов.

**Ключевые слова:** гелиогеофизические факторы, биофизический мониторинг, табакокурение, сердечно-сосудистая система, коэффициент симметрии Т-зубца,  $K_p$ -индекс.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В последние годы большое внимание уделяется изучению влияния солнечной активности и магнитных бурь на биосистемы. Особенно актуальной эта тема становится сейчас, в период резкого увеличения солнечной активности, которое происходит с ритмом приблизительно 11 лет [1]. Известно, что вариации гелиогеофизических факторов воздействуют на живые системы всех уровней организации. На функциональные системы организма человека они оказывают в большей степени биоритмотропные, диссинхронизирующие эффекты [2]. По мнению многих авторов, геомагнитные возмущения не вызывают специфических заболеваний, но из-за разбалансирования систем регуляции организма отягощают имеющиеся функциональные нарушения [3]. Для здорового человека гелиогеомагнитное воздействие несет слабый тренирующий адаптационный эффект и может вообще не ощущаться, так как не превышает адаптационных возможностей организма, или может стать лишь причиной кратковременных расстройств [2].

Основной мишенью воздействия гелиогеофизических факторов является ССС. Эта система, как наиболее реактивная, одна из первых включается в процесс адаптации к экстремальным условиям [3]. Кроме того, ритмика сердца является универсальным отражением реакции организма на любое воздействие со стороны внешней и внутренней среды; она содержит в себе информацию о функциональном состоянии всех звеньев регулирования жизнедеятельности человека, как в норме, так и при различных патологиях [4].

Выявить отклик ССС здорового человека на гелиогеофизические возмущения чрезвычайно сложно, поскольку одновременно человек подвергается воздействию различных факторов окружающей среды. В проекте «Гелиомед» были реализованы длительные мониторинговые исследования состояния ССС работоспособных, практически здоровых людей, проживающих в различных климатических зонах, на разных географических широтах, принадлежащих к разным этническим группам [2, 4]. Полученные длинные ряды данных позволили определить параметры состояния ССС наиболее показательные для оценки эффектов воздействия гелиогеомагнитных факторов на человека: зубцы T, R, комплекс QRS и сегмент ST-T [4].

Ранее нами была определена возможность применения методологии, отработанной в проекте «Гелиомед», для изучения сочетанного действия антропогенных и гелиогеофизических факторов на ССС человека. В качестве антропогенного фактора было выбрано курение, поскольку оно оказывает значительное влияние на функционирование ССС и является признаком, по которому можно легко различать группы людей.

Целью данной работы явилось провести мониторинг параметров ритмики сердца курящих и некурящих мужчин и женщин и выявить значимые отличия в отклике их ССС на изменение геомагнитной активности.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Биоэлектрическую активность миокарда человека регистрировали с помощью оригинального датчика электрокардиограммы (ЭКГ) первого отведения из семейства «Фазаграф», разработанного Л.С. Файнзильбергом и В.В. Вишневым, г. Киев, Украина ([www.fazagraf.com](http://www.fazagraf.com)). Обработка результатов измерений проводилась централизованно в режиме on-line в Институте проблем математических машин и систем НАН Украины ([www.geliomed.kiev.ua](http://www.geliomed.kiev.ua)).

Отбор добровольцев проводили по результатам психофизиологических тестов (опросник Русалова, опросник Менделеева-Яхина) и ЭКГ первого отведения. Из 50 протестированных женщин были выбраны 12, а из 56 мужчин - 14 с параметрами ЭКГ в пределах возрастной нормы и нормативов, отражающих средний или выше среднего уровни выраженности личностных свойств. Мужчины и женщины были разделены на 2 группы – курящих и некурящих - с равным количеством испытуемых.

Все участники проходили четырехкратную регистрацию параметров ЭКГ первого отведения: сидя в состоянии покоя (1 мин), после стресс-теста, который представляет собой игру в шарики, регулярно меняющие цвета и скорость падения (1 мин), после физической нагрузки в виде 30 приседаний в течение 1 мин и отдыха – 1 мин.

Состояние сердечно-сосудистой системы человека оценивали по коэффициенту симметрии T-зубца (T) на ЭКГ [4].

Производились расчеты среднего значения коэффициента симметрии T-зубца по каждой мониторинговой группе для каждого из состояний:

$$\bar{T}_{ср.} = \frac{\sum_{n=1}^6 T_m}{n}, \quad (1)$$

где  $\bar{T}$  - среднее значение коэффициента симметрии T-зубца;

$T_m$  - коэффициент симметрии Т-зубца кардиограммы человека в одном из состояний;  
 $n$  - количество человек в группе.

Так же были рассчитаны показатели  $\Delta\bar{T}_{\text{физ.}}$  и  $\Delta\bar{T}_{\text{эмоц.}}$  по формуле:

$$\Delta\bar{T} = \frac{\sum_{i=1}^n (T_i - T_k)}{n}, \quad (2)$$

где  $\Delta\bar{T}$  - среднее значение изменения коэффициента симметрии Т-зубца;

$T_k$  - коэффициент симметрии Т-зубца кардиограммы человека в состоянии покоя;

$T_i$  - коэффициент симметрии Т-зубца кардиограммы человека после физической нагрузки или после стресс-теста;

$n$  - количество человек в группе.

Уровень геомагнитной возмущенности оценивали по значениям  $K_p$ -индекса, полученного из Института космофизических исследований и аэронавтики им. Ю.Г. Шафера СО РАН г. Якутска. Геомагнитную активность принято считать нормальной при  $K_p < 16$ ; повышенной - при  $K_p \geq 16$  [2].

Статистический анализ выполнен в программах Excel 2003 и STATISTICA 6.0. Проверку гипотезы о нормальном распределении проводили по критерию Колмогорова-Смирнова. Уровни статистически значимой разницы между средними значениями выборок установлены с использованием t-критерия Стьюдента и F-критерия Фишера.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Биофизический мониторинг состояния сердечно-сосудистой системы практически здоровых мужчин и женщин, курящих и некурящих, проводился нами в период наибольшей солнечной активности (весна, осень, 2010-2011 гг.). За 2 года мониторинга создана экспериментальная база из ~5000 ежедневных измерений параметров ССС испытуемых. Определение уровня воздействия гелиогеофизических факторов на человека и группы людей, объединенных двумя признаками (пол и табакокурение), проводили по Т-зубцу на ЭКГ первого отведения, которую снимали ежедневно у каждого участника четыре раза: сидя в состоянии покоя, после стресс-теста, после физической нагрузки и минутного отдыха.

Известно, что Т-зубец характеризует процесс реполяризации миокарда, его изменение свидетельствует о нарушении процесса восстановления организма после нагрузки и сигнализирует о возможности развития патологии ССС. Обработка данного параметра в фазовом пространстве координат (коэффициент симметрии Т-зубца) позволила уйти от субъективизма при проведении длительных биофизических исследований [4].

Были построены временные зависимости  $\bar{T}$  для каждой из групп испытуемых, их соотнесли с уровнем геомагнитной активности, определенной по значению  $K_p$

индекса. Были обнаружены некоторые отличия в биоэлектрической активности миокарда у курящих и некурящих испытуемых, причем с различной степенью выраженности у женщин и мужчин, при физической и эмоциональной нагрузке.

Необходимо было определить, насколько полученные различия реакции ССС различных групп испытуемых статистически значимы. Поскольку изучаемая система является эргодической, нами была проведена статистическая обработка измерений по временным рядам, т.е. за весь срок эксперимента (95 суток для женщин и 50 суток для мужчин).

На рис. 1 представлены результаты статистической обработки среднего значения коэффициента симметрии Т-зубца на ЭКГ для групп курящих и некурящих женщин в состоянии покоя, после физической и эмоциональной нагрузок. Из графика (рис. 1А) видно, что в состоянии покоя показатель  $\bar{T}$  приблизительно одинаков для обеих исследуемых групп (среднее значение  $\bar{T}_{\text{пок}}$  для группы некурящих женщин составило 0,485, для курящих – 0,525), что вероятнее всего связано с участием в эксперименте молодых людей с небольшим стажем курения. Обнаружено достоверное увеличение ( $p < 0,05$ ) показателей  $\bar{T}_{\text{физ.}}$  и  $\bar{T}_{\text{эмоц.}}$  у курящих женщин относительно некурящих на 14% (рис. 1Б) и на 12% (рис. 1В), соответственно.

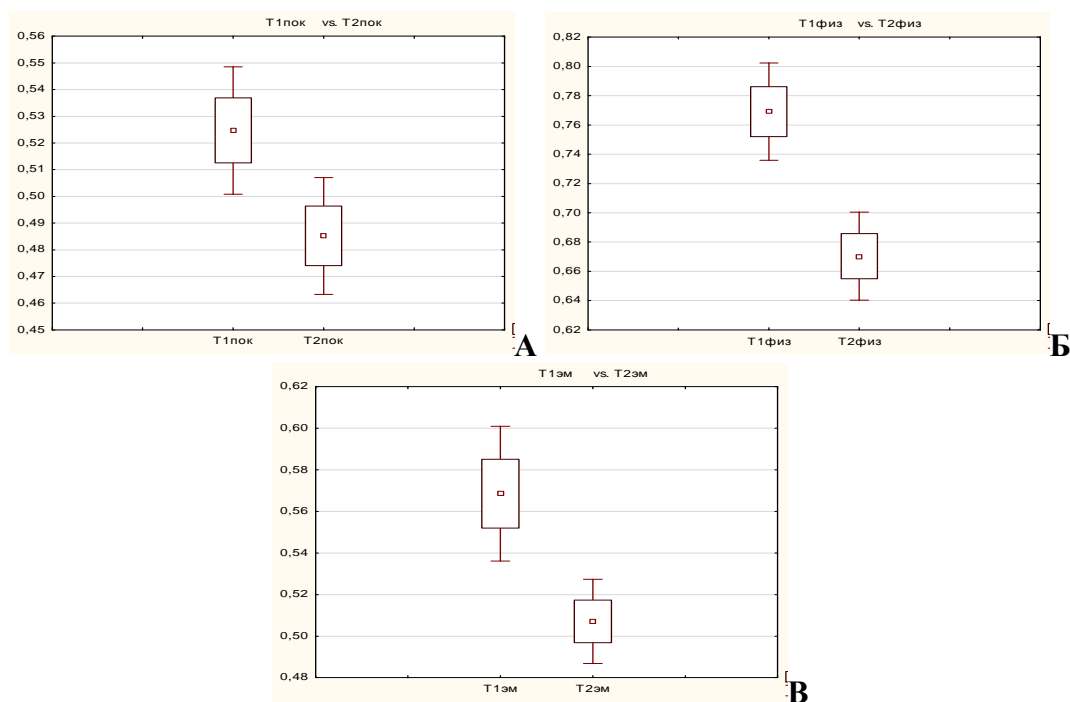


Рис.1. Средние значения коэффициента симметрии Т-зубца на ЭКГ для групп курящих (Т1) и некурящих (Т2) женщин в состоянии покоя (А), после физической (Б) и эмоциональной (В) нагрузок, усл.ед.

Результаты расчетов в программе STATISTICA

Результаты статистической обработки показателя  $\bar{T}$  для групп курящих и некурящих мужчин в состоянии покоя, после физической и эмоциональной нагрузок представлены на рис. 2. Также как у женщин, отличий в показателе в  $\bar{T}_{\text{пок.}}$  у курящих и некурящих мужчин не обнаружено (рис. 2А). Нет статистически значимых отличий и в показателях  $\bar{T}_{\text{физ.}}$  (различия не превышают 3%). Возможно, это связано с хорошей физической подготовкой мужчин, то есть выполнение приседаний не является для их организма нагрузкой, приводящей к каким-либо изменениям. Достоверно значимые отличия показателя  $\bar{T}$  зафиксированы после эмоциональной нагрузки (рис. 2В), причем у курящих мужчин  $\bar{T}_{\text{эмоц.}}$  на 30% ( $p < 0,05$ ) ниже, чем у некурящих, что может быть обусловлено успокаивающим действием никотина на нервную систему мужчин.

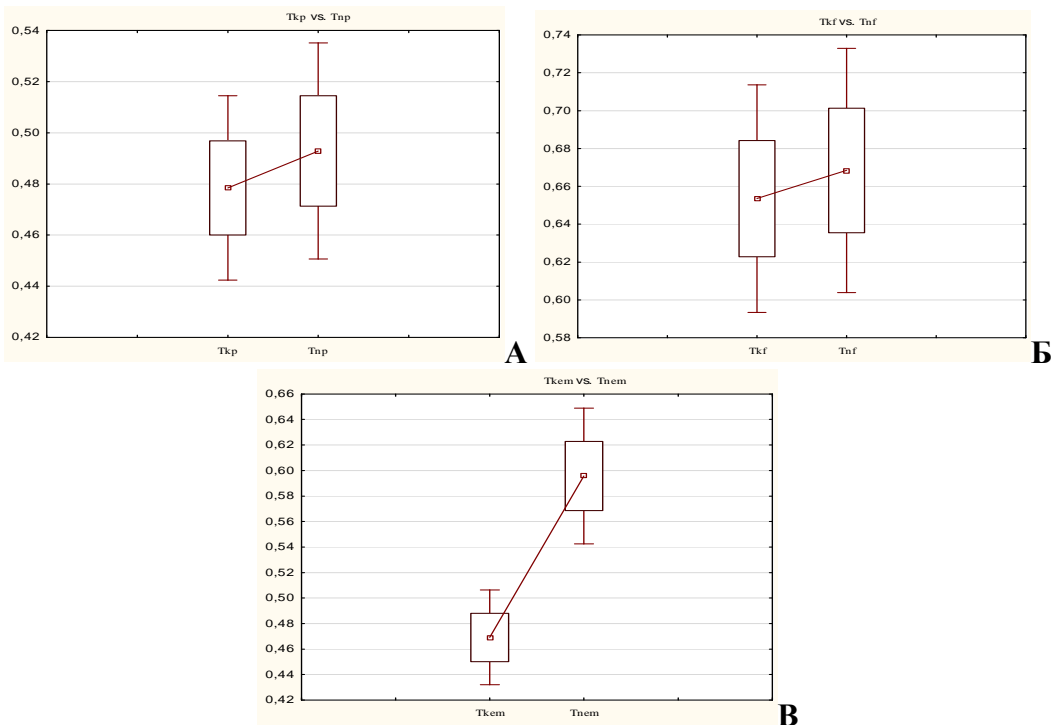


Рис.2. Средние значение коэффициента симметрии Т-зубца на ЭКГ для групп курящих (Тк) и некурящих (Тн) мужчин в состоянии покоя (А), после физической (Б) и эмоциональной (В) нагрузок, усл.ед.

Результаты расчетов в программе STATISTICA

Таким образом, нами доказано, что существуют отличия в отклике ССС у курящих испытуемых относительно некурящих независимо от уровня геомагнитной активности. У курящих женщин обнаружено увеличение показателя  $\bar{T}$  после

физической и эмоциональной нагрузок, у курящих мужчин снижение данного показателя после эмоциональной нагрузки.

Чтобы выявить отличия в отклике ССС курящих и некурящих испытуемых при различных уровнях геомагнитной активности были рассчитаны показатели  $\Delta\bar{T}_{\text{физ.}}$  и  $\Delta\bar{T}_{\text{эмоц.}}$  (формула 2).

Мы сравнили средние значения  $\Delta\bar{T}_{\text{физ.}}$ ,  $\Delta\bar{T}_{\text{эмоц.}}$  по модулю, рассчитанные за весь период мониторинга, по нескольким выборкам: 1) курящие женщины (мужчины) в магнитовозмущенные дни ( $K_p \geq 16$ ), 2) курящие женщины (мужчины) в невозмущенные дни ( $K_p < 16$ ), 3) некурящие женщины (мужчины) в магнитовозмущенные дни ( $K_p \geq 16$ ), 4) некурящие женщины (мужчины) в невозмущенные дни ( $K_p < 16$ ). Данные анализа представлены на рис. 3, 4.

Из графиков (рис. 3А) видно, что существуют достоверные отличия ( $p < 0,05$ ) между  $\Delta\bar{T}_{\text{физ.}}$  у курящих и некурящих женщин при различных уровнях геомагнитной активности. У курящих данный показатель выше в среднем на 35-40%. Но достоверных отличий между  $\Delta\bar{T}_{\text{физ.}}$  для каждой из групп в магнитовозмущенные и невозмущенные дни не обнаружено.

Из рис. 3Б следует, что в период нормальной ( $K_p < 16$ ) и повышенной ( $K_p \geq 16$ ) геомагнитной активности средние значения  $\Delta\bar{T}_{\text{эмоц.}}$  по модулю для курящих и некурящих женщин достоверно отличаются ( $p < 0,05$ ). Но у курящих женщин разница между коэффициентом симметрии Т-зубца в состоянии покоя и после стресс-теста значительно больше, чем у некурящих. И только у курящих женщин обнаружены статистически значимые отличия (в 2 раза) между  $\Delta\bar{T}_{\text{эмоц.}}$  в магнитовозмущенные и невозмущенные дни.

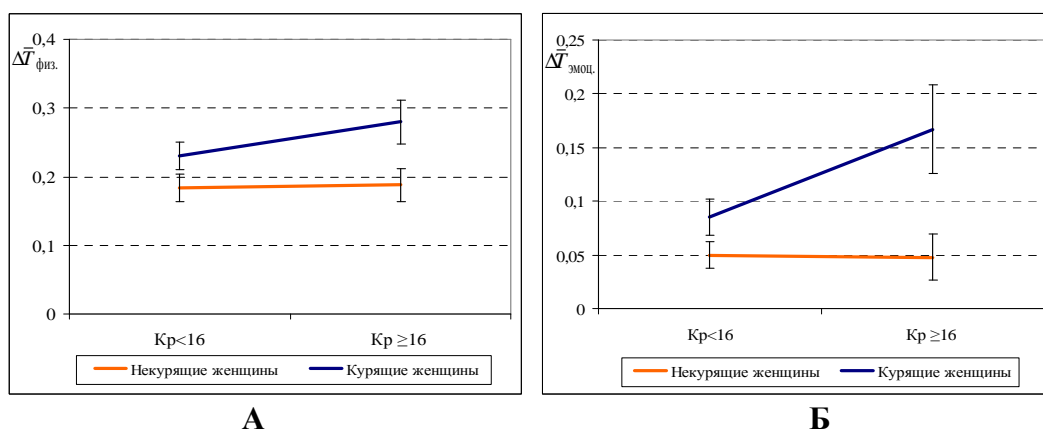


Рис. 3. Зависимость среднего значения изменения коэффициента симметрии Т-зубца на ЭКГ ( $\Delta\bar{T}$ , усл. ед.) после физической нагрузки (А) и после эмоциональной нагрузки (Б) относительно состояния покоя для групп курящих и некурящих женщин, рассчитанного за весь срок эксперимента (95 дней), от уровня геомагнитной активности ( $K_p$ -индекс, отн. ед.)

Из графиков (рис. 4А) видно, что существуют достоверные отличия ( $p < 0,05$ ) между  $\Delta\bar{T}_{\text{физ.}}$  у курящих и некурящих мужчин в магнитовозмущенный период (у курящих данный показатель ниже в среднем на 38%). Достоверные отличия (в 2 раза) между  $\Delta\bar{T}_{\text{физ.}}$  в магнитовозмущенные и невозмущенные дни обнаружены только для группы курящих мужчин.

Из рис. 4Б следует, что в период нормальной геомагнитной активности ( $K_p < 16$ ) средние значения  $\Delta\bar{T}_{\text{эмоц.}}$  по модулю для некурящих мужчин незначительно выше данного показателя у курящих. При повышенной геомагнитной возмущенности эти значения значительно отличаются ( $p < 0,05$ ), у курящих мужчин  $\Delta\bar{T}_{\text{эмоц.}}$  ниже (на 40%), чем у некурящих.

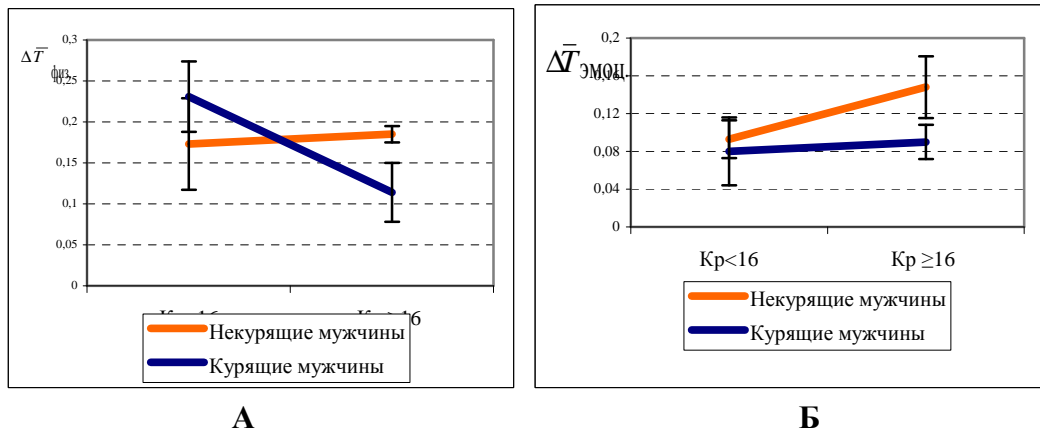


Рис. 4. Зависимость среднего значения изменения коэффициента симметрии Т-зубца на ЭКГ ( $\Delta\bar{T}$ , усл. ед.) после физической нагрузки (А) и после эмоциональной нагрузки (Б) относительно состояния покоя для групп курящих и некурящих мужчин, рассчитанного за весь срок эксперимента (50 дней), от уровня геомагнитной активности ( $K_p$ -индекс, отн. ед.)

Таким образом, нами установлено, что курение изменяет биоэлектрическую активность миокарда в большей степени в период геомагнитной возмущенности, в этот период увеличивается риск развития патологий ССС именно у курящих людей.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Установлены отличия в отклике ССС у курящих испытуемых относительно некурящих после физической и эмоциональной нагрузок независимо от геомагнитной обстановки.
2. Только у курящих испытуемых отмечены достоверные отличия в показателе изменения коэффициента симметрии Т-зубца после физической и эмоциональной нагрузок относительно состояния покоя в магнитовозмущенный период по сравнению с невозмущенным периодом.
3. Доказано, что табакокурение усиливает чувствительность организма к воздействию гелиогеофизических факторов.

Список литературы

1. Владимирский Б.М. Космическая погода и наша жизнь / Б.В. Владимирский, Н.А. Темурьянц, В.С. Мартынюк. - Век-2, Фрязино, 2004. – 224 с.
2. Биотропное воздействие космической погоды (по материалам российско-украинского мониторинга «Гелиомед» 2003-2010) / Под ред. М.В. Рагульской. - М., Киев. – СПб: ВВМ, 2010. – 312 с.
3. Агаджанян Н.А. Медико-биологические эффекты геомагнитных возмущений / Н.А. Агаджанян, В.Н. Ораевский, И.И. Макарова, Х.Д. Канониди. - М.: ИЗМИРАН, 2001. - С.47-50.
4. Вишневецкий В. В. Влияние солнечной активности на морфологические параметры ЭКГ сердца здорового человека / В.В. Вишневецкий, М.В. Рагульская, Л.С. Файнзильберг // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. – 2003. - №3. – С. 3- 12.

**Отрадна М.І. Вплив тютюнопаління на біоелектричну активність міокарда практично здорових людей при різних рівнях геомагнітної активності / М.І. Отрадна, С.М. Рогачова, А.М. Козлітін, В.В. Вишневецький // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2014. – Т. 27 (66), № 1. – С. 136-144.**

Досліджено вплив тютюнопаління на біоелектричну активність міокарда практично здорових людей в умовах нестабільної геомагнітної обстановки. Проведено моніторинг параметрів ритміки серця молодих, здорових чоловіків і жінок, що палять і не палять. Виявлено, що тютюнопаління посилює чутливість організму до впливу геліогеофізичних факторів.

**Ключові слова:** геліогеофізичних фактори, біофізичний моніторинг, тютюнопаління, серцево-судинна система, коефіцієнт симетрії Т-зубця, Кр-індекс.

**IMPACT OF SMOKING ON BIOELECTRIC ACTIVITY OF THE MYOCARDIUM OF PRACTICALLY HEALTHY PEOPLE At DIFFERENT LEVELS OF GEOMAGNETIC ACTIVITY**

*Otradnova M.I.<sup>1</sup>, Rogacheva S.M.<sup>1</sup>, Kozlitin A.M.<sup>1</sup>, Vishnevsky V.V.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Saratov State Technical University named after Gagarin Y.A., Saratov, Russia*

<sup>2</sup>*Institute of Mathematical Machines and Systems Problems of NAS, Kiev, Ukraine*

*E-mail: smro13@land.ru*

Biophysical monitoring of the cardiovascular system (CVS) of healthy men and women, smokers and non-smokers, was conducted in the period of maximum solar activity (spring, fall 2010-2011). During this experiment period there were carried out about 4983 measurements.

The purpose of monitoring was to investigate the dependence of the bioelectrical myocardium activity of smoking men and women on the geomagnetic activity level. The original electrocardiogram (ECG) sensor was used (<http://www.fazagraf.com>). For each participant ECG readings were taken for 4 times: when sitting at a rest, after the stress test, after physical exercises and after a rest for 1 min. Condition of bioelectrical myocardium activity was evaluated by the coefficient of symmetry of the T-wave (T) on an electrocardiogram. Average change of the coefficient of symmetry of T-wave was calculated by the formula:

$$\Delta \bar{T} = \frac{\sum_{n=1}^6 (T_i - T_k)}{n},$$

where  $\Delta \bar{T}$  - the average change of the coefficient of symmetry of T-wave;



$T_k$  – the coefficient of symmetry of T-wave for a person in a state of rest;

$T_i$  - the coefficient of symmetry of T-wave for a person after the physical exercises ( $T_{phys.}$ ) or after the stress test ( $T_{emot.}$ );

$n$  - quantity of people in the group.

The temporary dependences of parameters  $\Delta\bar{T}_{phys.}$  and  $\Delta\bar{T}_{emot.}$  for each group of humans were built, they were compared with the geomagnetic activity, which was determined using by  $K_p$ -index. Significant differences were detected in the bioelectrical myocardium activity of smoking and non-smoking people with varying degrees of severity among women and men, after physical and emotional stress, during perturbed and unperturbed days.

It was necessary to determine if the difference in reaction of cardiovascular system of various groups is significant or not. Since the system under study is ergodic, we performed a statistical analysis of measurements using the time series, i.e. for the entire duration of the experiment (95 days for women and 50 days for men). The calculations were made by the help of Excel 2003 and STATISTICA 6.0.

There was a significant difference ( $p < 0.05$ ) between  $\Delta\bar{T}_{phys.}$  of smoking and non-smoking women in days with different levels of geomagnetic activity. Smokers had this parameter higher by nearly 35-40%. However, significant differences between  $\Delta\bar{T}_{phys.}$  for each group in disturbed and undisturbed days were not found. It was determined that the average values modulo  $|\Delta\bar{T}_{emot.}|$  for smoking and non-smoking women differ significantly ( $p < 0.05$ ) both in periods of normal ( $K_p < 16$ ) and high ( $K_p \geq 16$ ) geomagnetic activity, by 1.7 and 3.5 times, accordingly. But only for women-smokers statistically significant differences (2-fold) between  $\Delta\bar{T}_{emot.}$  in disturbed and undisturbed days were proved.

For smokers men there were discovered: the inverse dependence of  $\Delta\bar{T}_{phys.}$  on the level of geomagnetic activity; significant differences in the body's response to physical activity in relation to non-smoking men (less than 62%) in the period of unstable geomagnetic conditions ( $K_p \geq 16$ ); the decrease of reactions in response to stress-test.

Thus, we have determined that smoking alters the bioelectric activity of the myocardium to a greater extent during geomagnetic disturbances, hence in such days the risk of cardiovascular pathologies among smokers is increased.

**Keywords:** heliogeophysical factors, biophysical monitoring, smoking, cardiovascular system, the coefficient of T-wave symmetry, the  $K_p$ -index.

## References

1. Vladimirskiy B.M., Temur'yants N.A., Martynyuk V.S. *Kosmicheskaya pogoda I nasha zhizn'* [Space weather and our life]. Fryazino, 2004 p. [in Russian].
2. *Biotropnoe vozdeistvie kosmicheskoi pogody* [Biotropic effects of space weather], eds. M.V. Ragul'skaya. Moscow, Kiev, Saint Petersburg, 2010, 312 p. [in Russian].
3. Agadzhanyan N.A., Oraevskiy V.N., Makarova I.I., Kanonidi Kh.D. *Mediko-biologicheske efekty geomagnitnykh vozmushchenii* [Mediko-biological effects of geomagnetic disturbances]. Moscow, 2001, pp. 47-50. [in Russian].
4. Vishnevskiy V.V., Fainzil'berg L.S., Ragul'skaya M.V. *Biomeditsinskie tekhnologii i radioelektronika* [Biomedical technologies and radioelectronics]. 2003, no. 3 pp.3-12. [in Russian].

Поступила в редакцию 15.01.2014 г.