

КОСМИЧЕСКО ВРЕМЕ И ФИЗИОЛОГИЧЕН СТАТУС НА ЧОВЕКА

Светла Димитрова

Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail: svetla_stil@abv.bg

Ключови думи: *Геомагнитна активност, космично лъчение, артериално кръвно налягане, електрокардиограма (ЕКГ)*

Резюме: *Направено е обобщение на получени резултати за влияние на космическото време върху физиологичния статус на здрави лица. Част от представените изследвания са провеждани в София, а останалите съвместно с чуждестранни колеги в други градове с различна географска дължина и ширина.*

SPACE WEATHER AND HUMAN PHYSIOLOGICAL STATE

Svetla Dimitrova

Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: svetla_stil@abv.bg

Keywords: *Geomagnetic activity, cosmic rays, arterial blood pressure, electrocardiogram (ECG)*

Abstract: *A review of obtained results about space weather effects on human physiological state of healthy volunteers is presented. Parts of the performed investigations were conducted in Sofia and the others were collaborative studies at different latitudes and longitudes.*

Въведение

През последните години се провеждат много изследвания за установяване на възможните ефекти на космическото време, използвайки различни показатели на геомагнитната активност (ГМА), слънчевата активност (СА) и космичното лъчение (КЛ) върху здравето на хората. Нашият колектив е провел няколко такива изследвания в София, както е и участвал в анализирането на такива данни и резултати в различни географски райони, провеждани от наши чуждестранни колеги. Целта на настоящето научно съобщение е да се направи сравнение и обобщение на анализирани и публикувани резултати, получени от изследванията на здрави доброволци по времето на различни фази на цикъла на СА и ГМА.

Проведени изследвания

1. Първата група са 86 функционално здрави лица, изследвани в София всеки работен ден по време на максимална СА и ГМА (есента на 2001 и пролетта на 2002). Бяха измервани артериално кръвно налягане (АКН), сърдечна честота (СЧ) и събирани данни за субективни психофизиологични оплаквания (СПФО).

2. Втората група са функционално здрави лица, изследвани всеки работен ден, включително в събота в продължение на две години (2006 – 2008 г.) във фазата на намаляваща СА в Баку. Регистрирани са електрокардиограми (ЕКГ) и са анализирани СЧ и RR-интервалите от ЕКГ.

3. Анализирани са показателите на 4018 Словашки авиатори по време на регулярните им медицински изследвания за период от 9 години (1994 – 2002 г.), който обхваща минимална, нарастваща и максимална СА. Измерваните параметри са АКН и СЧ, които са отчитани както в спокойно състояние, така и при различни степени на физическо натоварване.

4. Направени са регистрации на здрави доброволци в София и в период на намаляваща фаза на цикъла на СА.

4.1. През пролетта на 2009 г. в София бяха изследвани 14 функционално здрави лица, като бяха регистрирани 5-минутни ЕКГ-записи, АКН и СПФО.

4.2. Бяха регистрирани и изследвани ЕКГ на двама здрави доброволци в продължение на една година (2008 – 2009 г.). ЕКГ-регистрациите бяха всекидневни, като всяка сутрин след събуждане и вечер преди заспиване доброволците правеха 5-минутни записи на ЕКГ, с цел анализ на вариабилността на сърдечната честота (ВСЧ). СЧ е броя съкращения на сърцето за определен период, а ВСЧ са вариациите между тези съкращения или вариациите между RR-интервалите в ЕКГ.

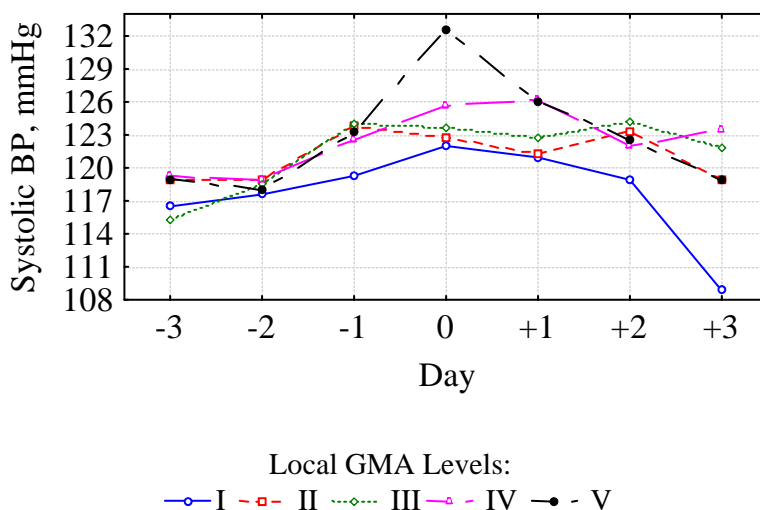
Резултати

1. Резултати от групата от 86 здрави доброволци в София по време на слънчев максимум

Бе установено статистически достоверно повишение на систоличното (СКН), диастоличното кръвно налягане (ДКН) и пулсовото налягане (ПН), както и на СПФО с повишение на ГМА. Средните стойности на групата бяха повишени с около 10% и 1/3 от изследваните лица бяха съобщили СПФО по време на силни геомагнитни бури.

Измененията на физиологичните параметри бяха регистрирани от деня преди до втория ден след развитието на бурите, като с нарастване на интензитета на ГМА се наблюдаваше количествена зависимост. На фиг.1. е даден пример за динамиката на СКН на групата.

Аналогични промени във физиологичните показатели (СКН, ДКН, ПН и СПФО) бяха установени и при намаляване на интензитета на космичното лъчение (ИКЛ), както и в дните преди и след регистрираните Форбуш намаления.



Фиг. 1. Влияние на локалната ГМА върху СКН на групата в дните преди, по време и след геомагнитните бури.

Резултатите са публикувани в [1-9] и др. и могат да бъдат направени следните изводи от изследванията на здрави лица в София по време на слънчевия максимум:

1) Средните стойности на СКН, ДКН, ПН и СПФО се повишават по време на геомагнитни бури, като се наблюдава количествена зависимост – колкото е по-висок интензитетът на геомагнитното поле (ГМП), толкова повече се повишават и средните стойности на физиологичните параметри.

2) Измененията във физиологичните параметри при промяна на ГМА са не само статистически достоверни, но и биологично значими: при промяна на всички изследвани геомагнитни индекси повишението на АКН и ПН е над 10%, а процентът лица със СПФО достига 30%.

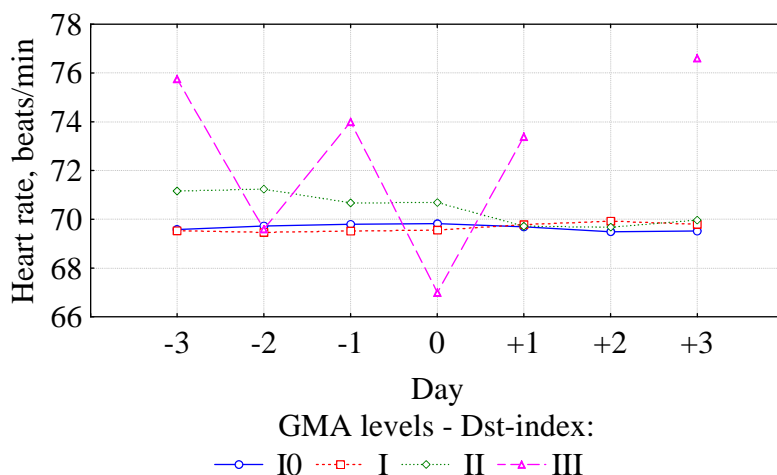
3) Установените промени на изследваните физиологични показатели се регистрират от деня преди до втория ден след развитието на различните по големина геомагнитни бури.

4) Подобни изменения за физиологичните показатели бяха установени и по отношение на интензитета на космичното лъчение.

2. Резултати от ЕКГ на групата здрави доброволци в Баку по време на намаляваща фаза на цикъла на СА

Не бяха установени достоверни ефекти на ГМА върху СЧ, както бе и при доброволците в София, но бе установена тенденция за намаляване на средната стойност на СЧ на групата по време на регистрираните бури, като е интересно да се отбележи, че СЧ както имаше пиково намаление в деня на бурите, така имаше и пиково увеличение в дните непосредствено преди и след тях (фиг.2).

По-детайлните анализи за вариациите на СЧ на групата показаха, че СЧ варира значително и придобива пикови стойности в дните преди, по време и след геомагнитните бури с различен интензитет и около дните с по-изразено намаляване на интензитета на космичното лъчение.



Фиг. 2. Влияние на ГМА, оценявана чрез Dst-индекса върху СЧ на групата в дните преди, по време и след геомагнитните бури.

Резултатите са публикувани в [10-13] и др. и могат да бъдат направени следните изводи от изследванията на ЕКГ-данните на доброволците в Баку по време на намаляваща СА:

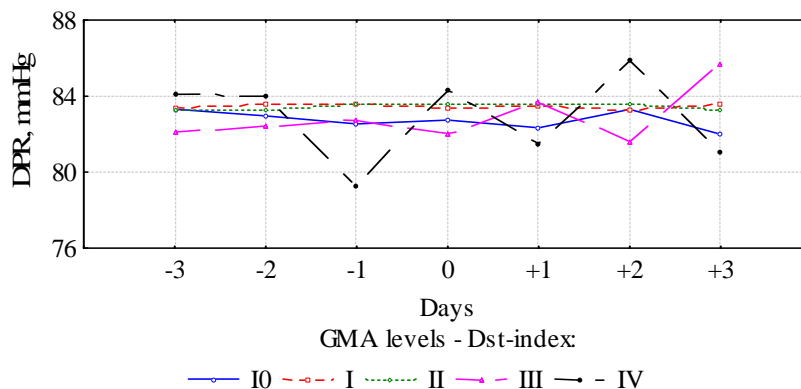
1) Резултатите показват, че вариациите на ГМА и ИКЛ могат да бъдат считани за един от индикаторите на космическото време, които играят роля в регулирането на човешката хомеостаза, и по-точно в случая на сърдечно-съдовото състояние.

2) Тези ефекти са по-ясно изразени при:

- високи нива на ГМА (или когато има геомагнитни бури) и
- силни намаления на ИКЛ.

3. Резултати от изследванията на групата словашки авиатори

Бе установено, че СКН, ДКН и СЧ стават най-ниски при най-високите стойности на ГМА, както и при най-големите намаления на космичното лъчение (с изключение на ДКН, което става най-високо при най-ниските стойности на ИКЛ).



Фиг. 3. Влияние на ГМА, оценявана чрез Dst-индекса върху ДКН в покой на групата в дните преди, по време и след геомагнитните бури.

По отношение на дните на развитието на бурите с различен интензитет бе установено, че проследяваните физиологични показатели имат пикови вариации непосредствено около дните на умерените и силните бури. На фиг.3. е показана динамиката на ДКН в покой (без физическо натоварване) на групата.

Анализите за ефектите на ИКЛ показаха, че непосредствено преди регистрацията на Форбуш намаленията физиологичните показатели се понижават, а след това се повишават.

Резултатите са публикувани в [14-16] и др. и могат да бъдат направени следните изводи от резултатите за Словашките авиатори:

1) Високите стойности на ГМА са свързани с намаляване на СЧ, СКН и ДКН в дните на геомагнитните бури.

2) Силните понижения на ИКЛ са свързани с намаляване на СЧ и СКН, но повишение на ДКН.

3) СЧ, ДКН и СКН варират значително в дните преди, по време и след високите стойности на ГМА и намаляването на ИКЛ.

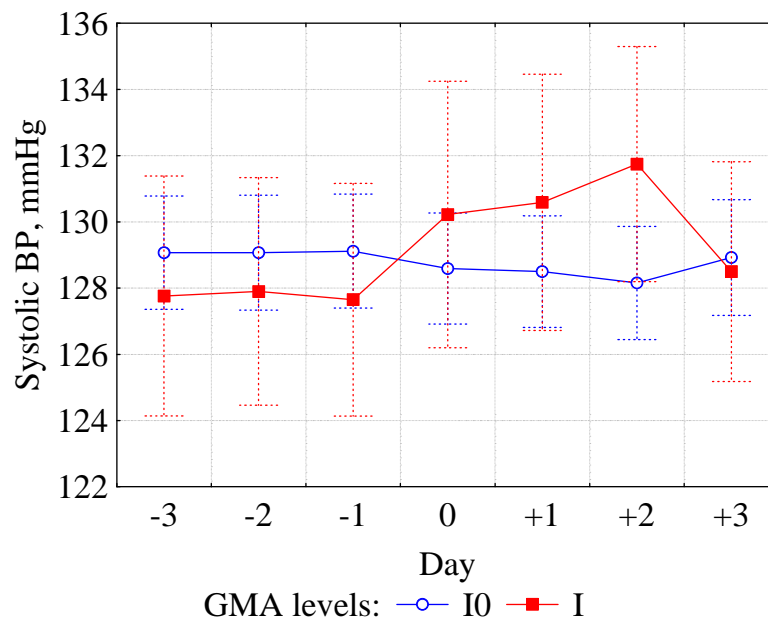
4) При умерени и силни бури рязкото намаляване, забелязано в дните преди или по време на геомагнитните бури, обикновено се последва от рязко повишаване в дните след бурите. В някои случаи има пикови намаления или повишения. Първата тенденция се отнася основно за СЧ и СКН, а втората за ДКН.

5) За най-големите понижения на ИКЛ намаляването на СЧ, ДКН и СКН, забелязано в дните преди Форбуш пониженията, обикновено се последва от увеличение в дните на или след намаляването на ИКЛ.

4. Резултати от изследваните здрави лица в София по време на ниска СА

4.1. група здрави лица

За средните стойности на групата за СКН, ДКН и СПФО бе установено достоверно повишение от нулевия до +2-рия ден на регистрираните слаби бури за периода на изследване, а за СЧ на групата бе установена тенденция за намаляване в деня на слабите бури. На фиг.4. е показана динамиката на СКН на групата по време на спокойна ГМА и регистрираните за периода на изследване слаби геомагнитни бури.



Фиг. 4. Влияние на ГМА, оценявана чрез Ар-индекса върху СКН на групата в дните преди, по време и след геомагнитните бури.

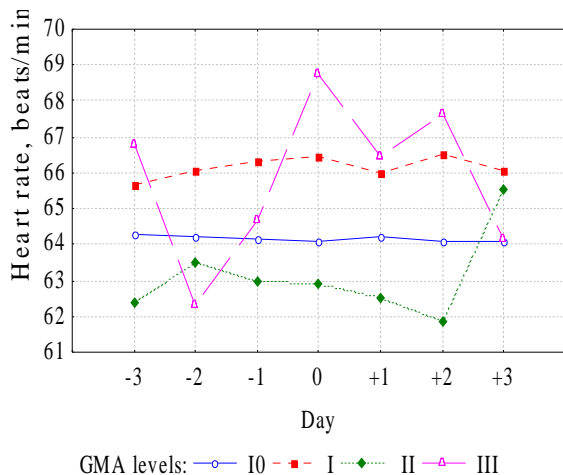
За различните индекси на ВСЧ бе установена силна вариация в дните непосредствено преди, по време и след развитието на слабите бури.

4.2. ЕКГ-данни за едногодишен период

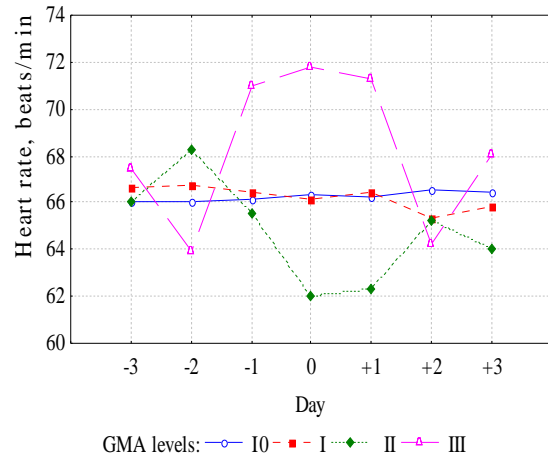
Бе установено, че сутрешните измервания на двамата доброволци са по-чувствителни към промените в ГМА, отколкото вечерните измервания, които на свой ред разкриха зависимост

от антропогенните електромагнитни полета (ЕМП). Самите устройства бяха разработени да работят като ЕКГ-ЕМП монитор и измерваха дневната експозиция на ЕМП, излъчвани от мобилните комуникационни системи [17, 18].

Интересно е, че и двете лица не показаха количествена линейна зависимост към бурите с различен интензитет. И двамата доброволци повишиха СЧ по време на силни бури, както и в дните непосредствено преди и след тях, а при първото лице повишение на СЧ имаше и по време на слаби бури. Обаче и двамата намалиха СЧ по време на умерени бури (фиг.5. и фиг. 6.).



Фиг. 5. Влияние на ГМА, оценявана чрез Ар-индекса върху СЧ на първото лице в дните преди, по време и след геомагнитните бури.



Фиг. 6. Влияние на ГМА, оценявана чрез Ар-индекса върху СЧ на второто лице в дните преди, по време и след геомагнитните бури.

За индексите на ВСЧ и за двете лица се наблюдават пикови промени непосредствено в и около дните на регистрираните умерени и силни бури.

Различните реакции на двамата доброволци към промените в ГМА показват, че лицата се опитват да се адаптират към вариациите на космическото време. Това предполага, че типа на адаптивната реакция зависи от индивидуалните особености и изходното състояние на функционалното състояние на човека, което може да варира в различните дни в зависимост от ежедневиите дейности и предполага, че дори здравите лица могат да бъдат негативно повлияни от резките промени на факторите на околната среда в някои случаи, напр. когато са претоварени психически и/или физически и съответно са по-уязвими в следствие на временно намаляване на компенсаторните способности на различни функционални органи и системи.

Изводи от резултатите на изследваните доброволци в София по време на намаляваща фаза на СА:

1) Резултатите показаха силна вариация на параметрите на ВСЧ на изследваната група от деня преди до третия ден след регистрираните за периода на изследване слаби геомагнитни бури.

2) СКН, ДКН и СПФО на групата бяха статистически достоверно повишени от нулевия до +2 ден. Бе установена тенденция за намаляване на СЧ в нулевия ден.

3) Едногодишните ежедневни регистрации на двете лица разкриха по-висока чувствителност към вариациите на космическото време на сутрешните ЕКГ в сравнение с вечерните. И двете лица реагираха по различен начин към геомагнитните бури с различен интензитет. Те понижават СЧ по време на умерени бури, но я повишават по време на силни бури и в дните непосредствено преди и след тях. Параметрите на ВСЧ също варират значително в тези дни.

Заклучение

На базата на сравнението на получените резултати от проведените изследвания на здрави лица в различни географски райони и в различни периоди на цикъла на СА могат да бъдат изведени следните изводи:

1. Резултатите от физиологичните изследвания през различните фази на цикъла на СА показват различни зависимости, но всички са свързани с адаптивни вариации на физиологичните показатели към промените на физичните фактори на околната среда в дните преди, по време и след регистрираните геоэффективни слънчеви събития.

2. Резултатите предполагат, че здравите лица проявяват адаптивна реакция, за да се приспособят към промените на космическото време, която не застрашава тяхното физиологично и сърдечно-съдово състояние, а е в рамките на нормата. Тъй като лицата с намалени компенсаторни способности са по-чувствителни към вариациите на факторите на околната среда, ще бъде от полза да бъдат информирани и да вземат предпазни мерки навреме, за да се избегнат негативните физиологични реакции и по този начин да се намалят възможните значими клинични ефекти.

3. Резултатите показват, че трябва да бъдат проведени още изследвания в тази насока. Определянето на степента на влияние на факторите на СА върху сърдечно-съдовите параметри ще направи възможно да се препоръча при какви изменения на съответните фактори ще бъде желателно да се приложат предпазни мерки. Още изследвания са необходими да потвърдят тези неблагоприятни ефекти и да се определи кои характеристики на хелио-геофизичните фактори повлияват най-силно физиологичното състояние на човека. Ако ефектите на космическото време се потвърдят при различни изследвания на различни географски ширини и дължини, тогава това ще помогне за навременното прилагане на профилактични мерки за избягване на неблагоприятните реакции на уязвимите лица.

Литература:

1. Dimitrova, S., I. Stoilova, I. Cholakov. Influence of local geomagnetic storms on arterial blood pressure. *Bioelectromagnetics*, Vol. 25(6), 2004, pp. 408-414.
2. Dimitrova, S., I. Stoilova, T. Yanev, I. Cholakov. Effect of local and global geomagnetic activity on human cardiovascular homeostasis. *Archives of Environmental Health*. Vol. 59(2), 2004, pp. 84-90.
3. Dimitrova, S. Investigations of some human physiological parameters in relation to geomagnetic variations of solar origin and meteorological factors. *IEEE Proceedings of 2nd International Conference "Recent advances in space technologies"*, Istanbul, Turkey, 2005, pp. 728-733
4. Dimitrova, S. Relationship between human physiological parameters and geomagnetic variations of solar origin. *Advances in Space Research*, Vol. 37 (6), 2006, pp. 1251-1257.
5. Dimitrova, S. Different geomagnetic indices as an indicator for geo-effective solar storms and human physiological state. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, Vol. 70, 2008, pp. 420-427.
6. Dimitrova, S. Influence of local geomagnetic variations of solar origin on persons with a different blood pressure degree. *ESA SP-600, Proc. of the 11th European Solar Physics Meeting*, December 2005, pp. 433-436.
7. Dimitrova, S. Cardiovascular homeostasis and changes in geomagnetic field, estimated by Dst-index. In Book: *Studies in Applied Electromagnetics and Mechanics "Electromagnetic field, health and environment"*, Vol. 29, IOS Press Book, Eds: A. Krawczyk, R. Kubacki, S. Wiak, C. Lemos Antunes, 2008, pp. 238-243.
8. Dimitrova, S. Possible heliogeophysical effects on human physiological state. *Proc. of the 257 IAU Symposium*, Cambridge University Press, Eds. N. Gopalswamy & D.F. Webb, 2009, pp. 65-67.
9. Dimitrova, S. Cosmic rays variations and human physiological state. *Sun and Geosphere*, 2009; 4(2), pp. 79-83.
10. Dimitrova, S., F. R. Mustafa, I. Stoilova, E. S. Babayev, E. A. Kazimov. Possible influence of solar extreme events and related geomagnetic disturbances on human cardio-vascular state: Results of collaborative Bulgarian–Azerbaijani studies. *Advances in Space Research*, Vol. 43, 2009, pp. 641–648.
11. Mavromichalaki, H., M. Papailiou, S. Dimitrova, E. S. Babayev, F. R. Mustafa. Geomagnetic disturbances and cosmic ray variations in relation to human cardio-health state: a wide collaboration. *Proc. of 21st European Cosmic Ray Symposium*, Kosice, Slovakia, 2008, pp. 351-356.
12. Papailiou, M., S. Dimitrova, E. S. Babayev, H. Mavromichalaki. Analysis of changes of cardiological parameters at middle latitude region in relation to geomagnetic disturbances and cosmic ray variations. *CP1203, Proceedings of the 7th International Conference of the Balkan Physical Union*, edited by A. Angelopoulos and T. Fildis, Published by American Institute of Physics 2009, pp. 748-753.
13. Mavromichalaki, H., Papailiou, M., Dimitrova, S., Babayev, E.S., Loucas, P. Space weather hazards and their impact on human cardio-health state parameters on Earth. *Springer, Natural Hazards* 64(2), 2012, pp. 1447-1459.
14. Papailiou, M., H. Mavromichalaki, K. Kudela, J. Stetiariova, S. Dimitrova, E. Giannaropoulou. The effect of cosmic ray intensity variations and geomagnetic disturbances on the physiological state of aviators. *Astrophys. Space Sci. Trans.*, 7, 2011, pp. 373–377, DOI: 10.5194/astra-7-373-2011
15. Papailiou, M., H. Mavromichalaki, K. Kudela, J. Stetiariova, S. Dimitrova. Effect of geomagnetic disturbances on physiological parameters: An investigation on aviators. *Advances in Space Research*, Volume 48, Issue 9, pp. 1545-1550, 2011, DOI: 10.1016/j.asr.2011.07.004
16. Papailiou, M., Mavromichalaki, H., Kudela, K., Stetiariova, J., Dimitrova, S. Cosmic radiation influence on the physiological state of aviators. *Springer, Natural Hazards* 61 (2), 2012, pp. 719-727.
17. Angelov, I., S. Dimitrova. Device and method for assessing possible effects of 900 MHz EMF and geomagnetic activity on heart rate variability. *Proc. of the 3rd Intern. Sci. Conf. FMNS-2009*, Vol. 1, pp. 135-142.
18. Dimitrova, S., I. Angelov, E. Petrova. A case study of possible effects of geomagnetic activity and mobile phones on heart rate variability. *Medical Data: medical review*, Vol. 1(2), 2009, pp. 13-16.