

## ВЛИЯНИЕ НА ПРОМЕНИТЕ В СЛЪНЧЕВАТА И ГЕОМАГНИТНАТА АКТИВНОСТ ВЪРХУ БИОСФЕРАТА

**Светла Димитрова**

*Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките  
e-mail: svetla\_stil@abv.bg*

**Ключови думи:** *Космическо време, здраве, сърдечно-съдова система*

**Резюме:** Разположени в хелиосферата, Земята и околоземното пространство са под непрекъснатото влияние на Слънцето, което е източник на топлина и светлина, поддържащи нашата естествена околна среда. Видимата и невидимата радиация, излъчвани от Слънцето поставят въпроса и за възможни неблагоприятни ефекти върху здравето на хората и човешката дейност. Тази статия разглежда получени през последните години резултати от интердисциплинарни изследвания в областта на хелиобиологията, провеждани от различни изследователски групи, чиято цел е да разкрият възможни ефекти на промените в слънчевата и геомагнитната активност върху здравето на хората.

## SOLAR AND GEOMAGNETIC ACTIVITY EFFECTS ON BIOSPHERE

**Svetla Dimitrova**

*Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences  
e-mail: svetla\_stil@abv.bg*

**Keywords:** *Space weather, health, cardio-vascular system*

**Abstract:** The Earth is situated in the heliosphere and thus continually affected by the Sun, which is a source of heat and light that maintains our habitual environment. The Sun, as the origin of visible and invisible radiation influence, poses a health and safety threat to humans and to all kinds of human activities. This article reviews results obtained during the last years from interdisciplinary studies in the field of heliobiology performed by different research teams to reveal potential effects of solar and geomagnetic variations on human health.

### **Въведение**

Публикувани са много изследвания, описващи широк спектър от физиологични, психологични и поведенчески промени, свързани с вариациите на геомагнитната (ГМА) и слънчевата активност (СА). Редица изследвания показват, че нервната и сърдечно-съдовата система се повлияват от физическите фактори на околната среда най-изразено, но биофизичните механизми на въздействие все още не са установени [1–3]. До последното десетилетие на миналия век, изследванията в областта на хелиобиологията не са значителни на брой, но след това техният брой нараства, като повечето от тях са насочени към връзката между ГМА и функционалното състояние на сърдечно-съдовата система.

Изследванията на възможното влияние на космическото време върху здравето на хората показват, че резките и внезапни промени в ГМА и СА, както и геомагнитните бури могат да бъдат стрес фактори, които променят регулаторни процеси в човешкия организъм и повлияват дейността на неврологичната и сърдечно-съдовата система, кръвното налягане, дишането, имунната, репродуктивната система [4–7], мелатонин-серотониновия баланс [8–10]. Геомагнитните смущения се свързват със значителни увеличения на броя хоспитализирани във връзка с депресии, ментални и психиатрични заболявания, опити за самоубийства, убийства и пътни инциденти [11–17]. Промените в ГМА могат също да обострят съществуващи заболявания и изследванията ги свързват със значително нарастване на сърдечните аритмии,

промени в кръвния поток, повишено кръвно налягане, сърдечно-съдови заболявания, случаи на инфаркт на миокарда и леталните изходи от тях, случаи на внезапна сърдечна смърт, епилептични припадъци [18, 5, 19–33].

В направен литературен преглед на изследванията в областта през 2006 г. се правят следните основни заключения: 1) Геомагнитните смущения имат по-изразен ефект върху хората на по-високи ширини; 2) Необичайно високите нива на ГМА оказват негативно влияние върху сърдечно-съдовата система; 3) Необичайно ниските нива на ГМА влияят неблагоприятно на човешкото здраве; 4) Само част от хората се повлияват неблагоприятно от геомагнитните смущения; 5) Вариабилността на сърдечната честота (ВСЧ) има отрицателна корелация с промените в ГМА [34].

### **Провеждани изследвания през последните години**

Интерес представляват наскоро получени резултати, при изследване проведено за период от 2.5 години в Литва на връзката между спешните повиквания за високо кръвно налягане и ГМА, слънчевия вятър (СВ) със скорост  $> 600 \text{ km/s}$  и параметри на метеорологичното време [35]. Резултатите от анализите разкриват, че влиянието на космическото време е различно в зависимост от часа на обаждането. В сутрешните часове до обяд повишеният риск бил свързан с геомагнитни бури. В часовете от след обяд до вечерта рискът се повишавал при много ниска ГМА и високо-скоростен СВ (ВССВ), а през нощта до ранните сутрешни часове само при ВССВ след геомагнитни бури.

Съгласно изследванията на различни автори в областта, повишената ГМА, особено геомагнитните бури се свързват с активиране на дейността на симаптикусовата нервна система [36, 37]. Наред с това след геомагнитни бури, параметрите на ВСЧ, свързани с регулацията на парасимпатиковата нервна система са значително понижени в сравнение с наблюдаваните в дни без геомагнитни бури. Съгласно получените резултати в това изследване, в часовете от сутринта до обяд, когато е активна симаптикусовата дейност, се повишава риска от спешни обаждания във връзка с повишено кръвно налягане в дните с геомагнитни бури и не се наблюдава промяна в повикванията в дните с много ниска ГМА. В следобедните часове, когато преобладава парасимпатиковата активност, е установен повишен риск от повишаване на кръвното налягане в дните с много ниска ГМА. Фактът, че както необичайно високите, така и необичайно ниските стойности на ГМА могат да имат неблагоприятен ефект е установен и в други изследвания [26, 27, 34, 38, 39].

Авторите установяват, че температурата оказва по-силно влияние върху по-възрастните пациенти. Влиянието на много ниската ГМА в следобедните часове било по-изразено при по-младите пациенти. При възрастните, неблагоприятното влияние било в дните с геомагнитни бури, съчетани с ВССВ. При младите този ефект бил наблюдаван по-късно, в дните с ВССВ след развитието на геомагнитните бури. Резултатите показват, че вероятно възрастните пациенти са по-чувствителни към тези параметри на космическото време. Съгласно по-ранно проучване на същите автори, периодите с повишена ГМА и геомагнитни бури, както и с индекси на повишена СА по време на хоспитализацията на пациенти с остри коронарни синдроми са имали по-силно неблагоприятно влияние върху леталните изходи при пациенти над 70 годишна възраст [40]. Друго проучване [41] установява, че броят на случаите на инфаркт на миокарда в дните с Форбуш намаления и много силни геомагнитни бури са били по-високи за пациентите на възраст над 65 г. Наблюдаваните вариации на физиологичните параметри след повишаване на ГМА са в съответствие и с други изследвания на кръвното налягане, СЧ и ВСЧ [21–25, 42, 43].

Проведени са изследвания [44] с цел определяне дали съществуват разлики в честотата на пароксизмална предсърдна фибрилация (неравномерни, бързи рефлексорни контракции на сърдечния мускул) и броя на сърдечните удари в дни с различна ГМА за период от 3 години. Установена е силна отрицателна корелация между пароксизмалните фибрилации и нивото на ГМА. Броят на инфарктите бил също със силна отрицателна корелация с нарастването на ГМА, но само при мъжете под 65 годишна възраст. Авторите заключават, че тези данни показват повишена сърдечна електрическа нестабилност по време на периоди с най-ниска ГМА.

Изследван е кръвния поток на пациенти с исхемична болест на сърцето [45]. Промените в капилярния поток в 71.5 % от пациентите с инфаркт на миокарда и в 64.8 % от пациентите с ангина пекторис (силна гръдна болка вследствие на недостиг на кислород в сърдечния мускул) били свързани с геомагнитните бури. Броят на пациентите с исхемична болест на сърцето, повлияни от геомагнитните смущения бил 2.5 пъти по-голям от тези, повлияни от атмосферното налягане.

В друго изследване [46] е показано, че по време на геомагнитни бури, броят на случаите на инфаркт на миокарда се увеличава 2.5 пъти, броят на остриите мозъчни инсулти 2 пъти, на случаите на ангина пекторис и сърдечна аритмия 1.5 пъти, а на смъртните случаи 1.2 пъти в сравнение с периодите без геомагнитни бури.

Изследвана е смъртността от инфаркт на миокарда в Минесота за 29-годишен период [19] и е установен 10.5 годишен цикъл, подобен на този на СА.

Изследване, проведено на ниски ширини [47] е анализирано инфарктите за 5 болници в гр. Хавана за период от 7 години. Резултатите показват, че леталните изходи корелират с активността на геомагнитните бури, отчитана с Ар-индекса, като граничните стойности са между 20 и 50 (почти минималния праг за геомагнитна буря). Те установяват двоен пик на смъртността – първият три дни преди, а вторият един ден след регистрирането на геомагнитната буря.

Трябва да се отбележи, че се появи и развива нов клон в клиничната космическа биология, разглеждащ възможната роля на активността на космичното лъчение (КЛ), измервана чрез неутронната активност на повърхността на Земята и високо-енергийните протонни потоци върху сърдечно-съдовото състояние, включително инфарктите, патогенезата на животозастрашаващите сърдечни аритмии, внезапната сърдечна смърт и др. [48, 49, 50–54].

Проведени са изследвания на пациенти с имплантиран кардиовертер-дефибрилатор (ICD) [55]. Сравнението на произведените ICD електрошокове показва, че близо половината от тях са възникнали в дните с най-ниска ГМА. Установена е силна отрицателна корелация между броя на електрошоковете и нивото на ГМА, както и значителна и статистически достоверна разлика между броя ICD електрошокове в дните с най-ниска ГМА в сравнение с останалите дни с повишено ниво на ГМА. Авторите предполагат, че вероятно ГМА има анти-аритмичен ефект.

В последващо изследване [51] авторите установяват, че неутронната активност е значително по-висока в дните с ICD електрошокове в сравнение със средно-дневното ниво за изследвания период от 1096 дни. Дали тази връзка е директно последствие на ниската ГМА или е индиректна от все още неизвестни фактори, индуцирани от ниската ГМА, или дали неутроните играят независима роля в патогенезата и времето на сърдечните аритмии остава да бъде изяснявано.

От гореизложените изследвания се вижда, че физичните фактори на околната среда може също да играят значителна роля в промените на човешката биохимична каскада и риска от фатални аритмии, а те са най-честия механизъм на случаите на внезапна сърдечна смърт (СВСЧ). Въпреки, че предсказването на СВСЧ отдавна е признато за неефективно, тези изследвания показват, че времето на възникването на сърдечните аритмии (атриални и вентрикуларни екстрасистолни, вентрикуларни тахикардии, вентрикуларни фибрилации и ВСЧ) е инверсно свързано с нивото на ГМА.

Изследвани са периоди с леки геомагнитни смущения, съчетани с повишени нива на активността на КЛ и са установени значителни нараствания на спешните случаи и фаталните изходи от всякакъв произход през тези периоди, като най-значителен бил броят на мозъчните удари и СВСЧ, което предполага, че КЛ са важен фактор, повлияващ здравето на по-възрастната популация [3, 56, 57].

Съгласно данни, събрани от спешни центрове за сърдечно-съдови болести, месечният брой на СВСЧ корелира положително с високо-енергийните ( $> 90$  MeV) протонни потоци и отрицателно с нивата на ГМА и СА [48, 58]. Тези резултати се потвърждават и от следващи изследвания за друг географски район [53, 59], в които резултатите показват, че времето на настъпване на СВСЧ корелира с параметрите на космическата физична активност. Установено е, че броят на СВСЧ е по-висок в дните с най-високо и най-ниско ниво на ГМА. Относително редките геомагнитни бури концентрират повечето СВСЧ в дните с най-ниска ГМА. Дните със СВСЧ са с по-висока активност на КЛ. Месечният брой на СВСЧ бил с отрицателна корелация с ГМА и СА и с положителна с нивото на активността на КЛ. Установени са различия и в половете: мъжете били по-чувствителни и по-силно повлияни.

Stoupe [60] е направил кратък обзор на изследвания, проведени в областта на клиничната космобиология, взимайки в пред вид възможните връзки между животозастрашаващите сърдечни аритмии, внезапната сърдечна смърт и нивото на физични фактори на околната среда (ГМА, КЛ и високо-енергийните протонни потоци), които могат да бъдат допълнителен патогенетичен фактор, влияещ на разпределението във времето на разглежданите кардиологични инциденти. Авторът заключава, че има инверсна връзка между честотата на сърдечни аритмии и СВСЧ и дневните нива на ГМА. Съгласно резултатите от различни изследвания, авторът предполага, че ГМА има предпазна роля върху сърдечните аритмии и СВСЧ, особено при пациенти с увреден сърдечен мускул.

Вариабилността на сърдечната честота (ВСЧ) измерва измененията между последователните удари на сърдечната честота (СЧ) и се използва като показател за

дейността и динамиката на автономната нервна система (АНС). Използването на ВСЧ се увеличава значително през последните десетилетия в научните изследвания и клиничните лечебни приложения [61–64]. ВСЧ може да бъде определяна в честотната област (frequency domain analysis), като се изчислява спектрална плътност на мощността в нискочестотната област LF 0.04–0.15 Hz, във високочестотната област HF 0.15–0.4 Hz, както и на съотношението на тези две компоненти. Във времевата област (time domain analysis) обикновено се определят средната, минималната и максималната дължина на последователните удари на СЧ честота, т.нар. R-R интервали, стандартното отклонение на нормалните R-R интервали (SDNN), средноквадратична стойност на разликите на последователните R-R интервали (RMSSD).

Високочестотната компонента HF съответства на ритми с периоди 2.5–7 s отразява дейността на парасимпатиковата система, свързана основно с дишането. LF компонентата изразява ритми с периоди 7–25 s и се предполага, че отразява симпатиковата дейност, както и барорецепторната активност. Съотношението LF/HF отразява баланса между симпатиковата и парасимпатиковата дейност [65]. Компонентата VLF отразява сърдечните ритми с периоди 25–300 s. Въпреки че всички параметри на ВСЧ, отразяващи намалена ВСЧ са свързани с повишен риск от сърдечно-съдови инциденти, VLF корелира по-силно с леталните изходи [66–69].

Редица изследвания установяват значително намаляване на ВСЧ по време на геомагнитни бури, което показва, че вероятно промените в ГМА са свързани с повишен риск от коронарни заболявания и инфаркти и предполага, че сърдечно-съдовата система се влияе от геомагнитните смущения [3, 7, 19, 23, 70–76]. Няколко изследвания с анализи на седмични ЕКГ регистрации установяват около 25 % намаление на VLF по време на геомагнитни бури в сравнение с дните със спокойна ГМА [71–73, 77]. Понижените стойности на VLF най-силно корелират с повишения риск от летален изход докато HF компонентата, отразяваща парасимпатиковата активност не е чак такъв прекурсор, въпреки че ниските стойности на HF ритъма се свързват с намалена способност за саморегулиране на мислите, емоциите и поведението [61, 67].

Някои изследвания установяват „изпреварваща“ реакция, която се появява няколко дни преди началото на геомагнитните бури със значителни промени в кръвното налягане, СЧ, ВСЧ, биологичната проводимост и психо-физиологични реакции [3, 21–25, 78–80].

Изследвана е ВСЧ на 16 здрави доброволци в продължение на 5 месеца, като са правени седмични 24–72 часови Холтер регистрации [81]. Проучването потвърждава, че дейността на АНС, отразена чрез параметрите на ВСЧ, отговаря на промените в ГМА и СА по време на периодите на спокойна ГМА и се активира за различни периоди от време в някакви моменти след промените на различните изследвани фактори на околната среда. Авторите установяват, че повишаването на скоростта на слънчевия вятър (ССВ) корелира с увеличаване на СЧ, което се отчита като биологична стрес реакция. Повишението на КЛ, слънчевия радио поток (СРП) и мощността на Шумановия резонанс (МШР) били свързани с повишаване на ВСЧ и парасимпатиковата активност. Авторите заключават, че изследванията потвърждават хипотезата, че енергийните процеси в околната среда влияят на психо-физиологичното състояние и могат да въздействат на хората по различен начин в зависимост от тяхната чувствителност, здравословно състояние и адаптивни способности.

Проведени 24-часови Холтер изследвания на 10 здрави доброволци в продължение на 31 последователни дни [3] също показват, че по време на период на геомагнитна буря ССВ корелира положително със СЧ, което може да се интерпретира като физиологична стрес реакция с ефект, продължаващ и след бурята и е в съответствие и с други изследвания [23, 81].

Авторите установяват положителна корелация между СРП (F10.7) и КЛ за повечето от индексите на ВСЧ и отрицателна корелация със съотношението LF/HF на ВСЧ [3]. Това предполага, че се повишава парасимпатиковата активност на нервната система по време на нарастване на СРП и КЛ [61]. Този резултат е в съответствие с изследване, установяващо силна положителна корелация на HF компонентата на ВСЧ със СРП, което води до засилване на парасимпатиковата активност [81]. Предходно изследване на 1 643 участници в 51 страни установява, че увеличеният СРП е свързан с по-малка умора, умствена яснота и положителен ефект, докато повишаването на скоростта на СВ има обратния ефект [82]. Вероятен полезен ефект на СРП е наблюдаван и в други изследвания, установяващи силна отрицателна корелация с броя на смъртни случаи с различен произход [83, 84]. СРП може да е важен медиатор на „изпреварващата“ биологична реакция, наблюдавана още от Чижевски, която може да възникне няколко дни преди увеличението на СВ да достигне до Земята и да създаде геомагнитни смущения. Чижевски предполага, че някакъв тип неизвестна радиация, излъчвана от Слънцето е причината за изпреварващите биологични реакции. Повишената слънчева радиация, за която предполага Чижевски, е свързана с коронарните изхвърляния на маса и

достига до Земята само за 8 минути за разлика от плазмения поток изхвърлен от Слънцето, на който му е необходим период до 3 дни да достигне до магнитосферата на Земята и да причини геомагнитни смущения. Наред със СРП, други прекурсори са и останалите източници на радиация като рентгеновите X-ray, КЛ и УВ емисиите от Слънцето по време на коронарни изхвърляния на маса.

През първия двуседмичен период на изследването [3], КЛ били със слаба и отрицателна корелация с параметрите на ВСЧ, но със силна положителна корелация с LF/HF. През този период е имало внезапно силно увеличение на ССВ и силно намаление на КЛ в началото на периода в резултат на умерена геомагнитна буря, която е повлияла параметрите на ВСЧ. В периода след регистрирана много силна буря, когато КЛ започват да нарастват докато намалява ССВ, е установена силна положителна корелация на параметрите на ВСЧ с КЛ и отрицателна със ССВ. Това предполага, че КЛ може да има по-силно влияние върху АНС отколкото СРП. Установените предимно отрицателни корелации между МШР и ВСЧ, регистрирани по време на много силната буря и след нея представляват интерес, тъй като подобно изследване [81] открива, че МШР е силно и положително свързана с повишаването на ВСЧ. Това предполага положителен ефект на увеличената МШР, което е също подкрепено от изследвания, установяващи намаляване на кръвното налягане по време на периоди с увеличена МШР [85].

Установената силна положителна корелация между КЛ и ВСЧ в [3, 81], предполага положителен ефект на повишеното космично лъчение [81]. Други изследвания също установяват положителни ефекти при здрави лица. Едно такова изследване разкрива силна отрицателна корелация на серумния Ц-реактивен протеин (индикатор за възпалителни процеси) и КЛ [86].

### **Заклучение**

Изложените резултати от направения литературен преглед показват, че въпреки нарастването на броя и качеството на изследванията в областта през последните две десетилетия, те са все още спорадични и че трябва да се положат усилия да бъдат продължени и да се установят механизмите на въздействие. Необходими са интердисциплинарни изследвания и подходи, включващи хора от различни научни области и държави. Трябва ясно да се дефинират основните рискови фактори на космическото време, както и приликите и разликите между различните параметри на космическото време от гледна точка на тяхното въздействие върху здравето на хората. Това може да даде насоки и указания какво е необходимо да се направи с цел предотвратяване на възможните неблагоприятни ефекти на космическото време върху хората.

### **Литература:**

1. Babayev, E., N. Crosby, V. Obridko, and M. Rycroft. In *Adv. in Solar and Solar Terrestrial Physics* (eds G. Maris & C. Demetrescu) 329–376, Research Signpost, 2012.
2. Khorseva, N. *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics* 49, 839–852, 2013.
3. McCraty, R., et al. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 14(7), 770, 2017.
4. Cherry, N. *Natural Hazards* 26, 279–331, 2002.
5. Ghione, S., L. Mazzasalma, C. Del Seppia, and F. Papi. *J. Human Hypert.* 12, 749–754, 1998.
6. Hamer, J. R. *Northrop Space Labs*, 65–199, 1965.
7. Chernouss, S., A. Vinogradov, and E. Vlassova. *Natural hazards* 23, 121–135, 2001.
8. Burch, J. B., J. S. Reif, and M. G. Yost. *Neuroscience Letters* 266, 209–212, 1999.
9. Rapoport, S. I. et al. *Klin Med (Mosk)* 75, 24–26, 1997.
10. Bergiannaki, J.D., T. J. Paparrigopoulos, C. N. Stefanis. *Experientia* 52, 253–258, 1996.
11. Gordon, C., and M. Berk. *South African Psychiat Rev* 6, 24–27, 2003.
12. Kay, R. W. *British Journal of Psychiatry* 164, 403–409, 1994.
13. Kay, R. W. *Schiz Res* 66, 7–20, 2004.
14. Nikolaev, Y. S., Y.Y. Rudakov, S.M. Mansurov, and L.G. Mansurova. Reprint N 17a, *Acad. Sci USSR, IZMIRAN, Moscow*, 29, 1976.
15. Oraevskii, V. N. et al. *Biofizika* 43, 819–826, 1998.
16. Halberg, F., et al. *Biomed Pharmacother* 59(1), S100–108, 2005.
17. Berk, M., S. Dodd, and M. Henry. *Bioelectromagnetics* 27, 151–155, 2006.
18. Halberg, F., G. Cornelissen, R. McCraty, and A. Abdulgader. *World Heart J.* 3, 1–40, 2011.
19. Cornelissen, G. et al. *J. of atmospheric and solar-terrestrial physics* 64, 707–720, 2002.
20. Villaresi, G., N. Ptitsyna, M. Tiasto, and N. Iucci. *Biofizika* 43, 623–632, 1998.
21. Dimitrova, S., I. Stoilova, and I. Cholakov. *Bioelectromagnetics* 25, 408–414, 2004.
22. Dimitrova, S. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, Vol. 70, pp. 420–427, 2008.
23. Dimitrova, S., I. Angelov, and E. Petrova. *Nat. Hazards*, 69, 25–37, 2013.

24. Dimitrova, S., et al. *Advances in Space Research*, 641–648, 2009.
25. Papailiou, M., et al. *Natural Hazards*, 61 (2), 719–727, 2012.
26. Dimitrova, S., et al. *Sun and Geosphere*, 4(2), 72–78, 2009.
27. Dimitrova, S., et al. *Sun and Geosphere*, 4(2), 84–88, 2009.
28. Stoupel, E. J. *Basic Physiol. Pharmacol.* 4, 357–366, 1993.
29. Persinger, M. A. *Int J Biometeorol* 38, 180–187, 1995.
30. Doronin, V. N. et al. *Biofizika* 43, 647–653, 1998.
31. Giannaropoulou, E. et al. *Natural hazards* 70, 1575–1587, 2014.
32. Stoupel, E., C. Wittenberg, J. Zabłudowski, and G. Boner. *J Hum Hypert.* 9, 293–294, 1995.
33. Caswell, J. M., T. N. Carniello, and N. J. Murugan. *Int. J. biometeorology* 60, 9–20, 2016.
34. Palmer, S. J., M. J. Rycroft, and M. Cermack. *Surv Geophys* 27, 557–595, 2006.
35. Vencloviene J., A. Braziene, and P. Dobožinskas. *Atmosphere*, 9, 114, 2018.
36. Gurfinkel, Y.I., et al. *Biophysics*, 40, 793–799, 1995.
37. Breus, T.K.; Baevskii, R.M.; Chernikova, A.G. *J. Biomed. Sci. Eng.* 5, 341–355, 2012.
38. Stoupel, E., et al. *Cardiol. J.*, 15, 437–440, 2008.
39. Vencloviene, J., et al. *Int. J. Biometeorol.*, 57, 797–804, 2013.
40. Vencloviene, J., et al. *Int. J. Biometerol.*, 58, 1295–1303, 2014.
41. Mendoza, B., and R. Diaz-Sandoval. *Nat. Hazards*, 32, 35–36, 2004.
42. Papailiou, M., et al. *Adv. Space Res.*, 48, 1545–1550, 2011.
43. Galata, E., et al. *Astrophys. Space Sci.*, 362, 138, 2017.
44. Stoupel E., J. Martfel, and Z. Rotenberg. *J Basic Clin Physiol Pharmacol* 5 (3–4):315-329, 1994.
45. Gurfinkel' Iul, et al. *Biofizika*, 40(4):793–799, 1995.
46. Gurfinkel, I.I., V.P. Kuleshova, and V.N. Oraevskii, *Biofizika* 43(4), 654, 1998.
47. Taboada, R.E.R., P. Figueredo, and S. Figueredo, *Geofisica International*, 43(2), 265, 2004.
48. Stoupel, E., et al., *Med. Sci. Mon.*, 10(2), CR80, 2004.
49. Stoupel, E., et al., *J. Basic Clin. Physiol. Pharmacology*, 17(1), 45, 2006.
50. Stoupel, E., et al., *J. Basic. Clin. Physiol. Pharmacology*, 11(1), 63, 2000.
51. Stoupel, E., et al., *J. Basic Clin. Physiol. Pharmacology*, 17(1), 55, 2006.
52. Stoupel, E., E. S. Babayev, F. R. Mustafa, et al., *Med. Sci. Monit.*, 13(8), BR175, 2007.
53. Stoupel, E., E. S. Babayev, F. R. Mustafa, et al., *Sun and Geosphere*, 1(2), 13, 2006.
54. Styra, D., et al. *Int. J. Biometeorology*, 49(4), 267, 2005.
55. Stoupel, E., et al., *Pacing and Clinical Electrophysiology*. 28, 777, 2005.
56. Stoupel, E., et al. *Health* 5, 855-861, 2013.
57. Stoupel, E. et al. *Journal of Biomedical Science and Engineering* 4, 426, 2011.
58. Stoupel, E., et al., *J. Clin. Basic Cardiology*, 5(3), 225, 2002.
59. Stoupel, E., et al., *J. Interventional Cardiac Electrophys.* 18(1), 99, 2007.
60. Stoupel, E., *Indian Pacing and Electrophysiology Journal*, 6(1), 49, 2006.
61. McCraty R., and F. Shaffer. *Glob. Adv. Health Med.*, 4, 46–61, 2015.
62. McCraty, R., and M. Zayas. *Frontiers in psychology* 5, 1–13, 2014.
63. Ginsberg, J. P., M. E. Berry, and D. A. Powell, *Alternative Therapies in Health and Medicine* 16, 52–60, 2010.
64. Thayer, J.F., A. Hansen, E. Saus-Rose, and B. Johnsen. *Ann Behav Med* 37, 141–153, 2009.
65. Camm, A. J. et al. *Circulation* 93, 1043–1065, 1996.
66. Schmidt, H. et al. *Critical care medicine* 33, 1994–2002, 2005.
67. Tsuji, H. et al. *Circulation* 90, 878–883, 1994.
68. Hadase, M. et al. *Circulation journal: official J. Japanese Circ. Soc.* 68, 343–347, 2004.
69. Tsuji, H. et al. *Circulation* 94, 2850–2855, 1996.
70. Watanabe, Y., et al. *Biomed Pharmacother* 55(1), 76s–83s, 2001.
71. Otsuka, K. et al. *Biomed Pharmacother* 55(1), 51s–56s, 2001.
72. Otsuka, K. et al. *Computers in Cardiology* 2000, 453–456, 2000.
73. Otsuka, K. et al. *Scripta Medica (Brno)* 73, 111–116, 2000.
74. Gmitrov, J. and C. Ohkubo. *Electro-and Magnetobiology* 18, 291–303, 1999.
75. Breus, T. K., R. M. Baevskii, and A. Chernikova. *J. Biomed. Sci. Eng.*, 5, 341–355, 2012.
76. Baevsky, R. et al. *Scripta medica* 70, 201–206, 1997.
77. Oinuma, S. et al. *Biomedicine & pharmacotherapy* 56, 284–288, 2002.
78. Dmitreva, I., et al. *Astronomical and Astrophysical Transactions* 19, 67–77, 2000.
79. Khabarova, O., and S. Dimitrova. *Sun and Geosphere* 4, 60–71, 2009.
80. Khabarova, O. *Biophysics* 49, S60, 2004.
81. Alabdulgader A., R. Mc. Craty, et al. *Scientific Reports*, 8:2663, 2018.
82. McCraty, R., A. Deyhle, and D. Childre. *Glob. Adv. Health Med.*, 1, 64–77, 2012.
83. Mathie, R., and I. Mann. *Geophys. Res. Lett.*, 27, 3261–3264, 2000.
84. Stoupel, E. et al. *Sun Geosphere*, 1, 13–16, 2006.
85. Mitsutake G., et al. *Biomed. Pharmacother.*, 59, S10–S14, 2005.
86. Stoupel, E., E. Abramson, P. Israelevich, J. Sulkes, and D. Harell. *Eur. J. Int. Med.*, 18, 124–128, 2007.