ТЕХНОЛОГИЯТА ЗА КАРДИОКОХЕРЕНТНОСТ В ПРАКТИКАТА ЗА ВЪЗСТАНОВЯВАНЕ СЛЕД СТРЕС И ОСИГУРЯВАНЕ НА НАДЕЖДНОСТ В ПРОФЕСИОНАЛНАТА ДЕЙНОСТ НА АВИАЦИОННИЯ И КОСМИЧЕСКИЯ ПЕРСОНАЛ

Геннадий Маклаков[2], Надежда Георгиева[2], Петър Гецов[1], Оксана Кудрявцева[2]

[1]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
[2]Научно-изследователски център за биофотоника – Смолян
e-mail: g.maklakov@gmail.com

Ключови думи: *Кохерентност на сърдечната честота, емоционални състояния, вариабелност на сърдечната честота, скала за професионално изчерпване*

Резюме: *Представени са резултати от проучвания за кардиокохерентност, приложима за използване в аерокосмическата индустрия с цел повишаване на качеството на вземаните решения в сложни ситуации. В работата се предлага методика за възстановяване на човека след стрес и за развитие на професионални навици. Разгледан е метод за дистанционно определяне на степента на професионално прегаряне.*

CARDIO-COHERENCE TECHNOLOGY IN PRACTICE FOR RECOVERY FROM STRESS AND ENSURING RELIABILITY IN THE PROFESSIONAL ACTIVITIES OF AVIATION AND SPACE PERSONNEL

Gennadii Maklakov[2], Nadezhda Georgieva[2], Petar Getsov[1], Oksana Kudriavseva[2]

[1]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
[2]Biophotonics Research Centre – Smolyan
e-mail: g.maklakov@gmail.com

Keywords: *Heart rate coherence, emotional states, heart rate variability, professional burnout scale*

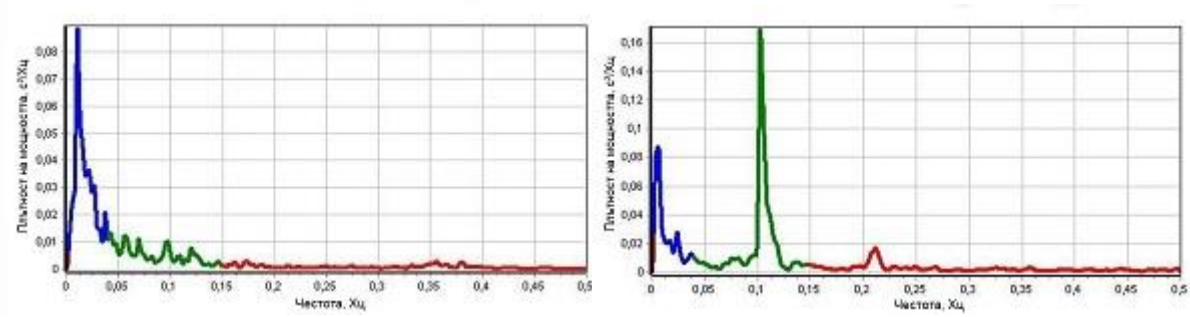
Abstract: *This paper presents the results of studies on cardio-coherence applicable to the aerospace industry with the aim of improving the quality of decision-making in complex situations. The paper proposes a methodology for helping people recover from stress and for developing professional skills. It also discusses a method for remotely assessing the degree of professional burnout.*

Въведение

Професионалната дейност на авиационния и космическия персонал е свързана с високи изисквания към надеждността и устойчивостта на психофизиологичните функции. Техните дейности често се осъществяват в екстремна ситуация, много неща зависят от правилността и навременността на взетите решения. Създава се голямо психическо натоварване, което, от една страна, прави много трудно избирането на най-доброто решение, от друга страна, допринася за значително влошаване на психосоматичното състояние и това силно намалява нивото на професионалната компетентност. Хроничният стрес, претоварването и емоционалното прегаряне намаляват ефективността на работата и могат да представляват заплаха за безопасността на полети и мисии. Сравнително наскоро се появи нова технология за намаляване на психическото напрежение и повишаване на качеството на професионалната дейност – това е технологията за кардиокохерентност. Кохерентността тук се използва като общ термин за описване на физиологичен режим, който включва редица различни, но взаимносвързани явления, включително синхронизация и резонанс, и всяко от тях произлиза от хармоничното взаимодействие на подсистемите на организма.

Теоретични предпоставки

Концепцията за кардиокохерентност (КК), разработена от Института HeartMath (САЩ), определя това състояние като синхронизация между различните системи на организма, която се проявява чрез хармоничен и синусоиден модел на вариабилността на сърдечния ритъм с пик в нискочестотния диапазон и е същностно ядро на психическата устойчивост. С други думи, КК е състояние на съгласувана работа на сърцето и дишането, при което сърдечният ритъм става по-равномерен и предсказуем, а организмът по-ефективно балансира работата на симпатиковата и парасимпатиковата част на вегетативната нервна система [1]. Режимът на КК се отразява чрез плавен, синусоиден модел на сърдечните ритми (кохерентност на сърдечния ритъм) и теснолентов, високамплитуден пик в нискочестотния диапазон на спектъра на ВСР, при честота около 0,1 Hz. За илюстриране на това заключение на фиг. 1 е даден спектър на мощността на вариабилността на сърдечния ритъм в обичайно състояние и в състояние на КК.



а) б)

Фиг. 1. Спектър на мощността на вариабилността на сърдечния ритъм в обичайно състояние (а) и в състояние на КК (б)

Високата ефективност на този режим се дължи на това, че той подпомага поддържането на физиологично ефективно и хармонично вътрешно състояние, характеризиращо се с намаляване на хаоса в нервната система и увеличаване на синхронизацията и хармонията в динамиката на цялата система на организма. Такъв психофизиологичен режим, наречен още физиологична кохерентност, подпомага изцелението и рехабилитацията, емоционалната стабилност и оптималната работоспособност [1, 2]. Това уникално свойство на КК определя широкия спектър на неговото приложение. В медицината КК е изключително полезно допълнение към програмите за лечение на хронични заболявания, които са свързани с емоционален стрес или се влошават от него, включително фибромиалгия, хронична умора, хипертония, астма, чувствителност към хелиомагнитни излъчвания, проблеми със съня, диабет, сърдечни аритмии и много други.

КК успешно се използва в програми за кардиологична рехабилитация, като помага на пациентите да намалят стреса и да повишат ефективността на сърдечно-съдовата система. Клиничните изследвания показват значителни подобрения във функционалните възможности при пациенти със сърдечна недостатъчност и значително снижаване на кръвното налягане при хипертоници.

В спорта води до повишаване на спортните резултати. Помага на спортистите да се научат да влизат стабилно в състояние на върхово представяне, което максимизира емоционалната стабилност, концентрацията и физическата координация. Намалявайки стреса преди състезание, създава условия за успешно представяне.

Психология. Едно от най-важните направления на приложение е стабилизирането на нервната система за намаляване на тревожността и рязкото увеличаване на когнитивните способности на човека. По този начин значително се подобрява възможността за вземане на решения в стресови условия. Ясно е, че такова свойство на КК е изключително полезно за аерокосмическия персонал при вземане на решения в екстремни (аварийни) ситуации. Например, изследване в Академията на ВВС на САЩ показва, че кандидатите с по-висок базов парасимпатиков тонус демонстрират по-добра издръжливост и адаптивност по време на летателната подготовка [3, 4]. В проведените изследвания също се отбелязва, че стойността на теста за нивото на КК е отличен допълнителен инструмент към когнитивните и психометричните оценки при вземането на решения за подбор на персонал.

Още едно важно приложение на КК. Това е приложението за повишаване на производителността при изпълнение на служебните задължения. Освен подобряването на физическото и емоционалното здраве, намаляването на тревожността и „умствения шум“, стабилизирането на динамиката на нервната система и създаването на висока кохерентност,

такова състояние помага на хората сами да се научат да предизвикват и поддържат висока производителност в дейността си.

По този начин технологиите за формиране на КК намират все по-широко приложение в клиничната практика, в психологията, в спорта за подобряване на здравето и човешката работоспособност. Тези технологии могат лесно да се използват за създаване на психофизиологично състояние, което подпомага намаляването на стреса, а значи улесняват и физическата, умствената и емоционалната регенерация.

Ясно е, че всички изброени свойства на КК са изключително полезни за използване в аерокосмическата индустрия с цел подобряване на качеството на професионалната дейност.

Възможности на кардиокохерентността за профилактика и минимизиране на симптомите на професионално прегаряне

Разглеждаме още един важен аспект в прилагането на технологията за КК. Както е известно, напрежението в работата на аерокосмическия персонал способства за професионално прегаряне. При неговото проявяване рязко намалява способността на човека да приема правилни решения в екстремни аварийни ситуации. Влошава се комуникабелността и значи се усложнява взаимодействието между членовете на колектива. За диагностициране на синдрома професионално прегаряне (ПП) най-често се използва тест на Маслач (MBI), който е преминал апробация в целия свят и се явява своего рода „златен стандарт“. Степента на професионално прегаряне се определя по стойностите на параметрите на теста: EE (емоционално изтощение), DP (отдръпнатост, цинизъм), PA (чувство за лични постижения). Обаче използването на този тест има недостатъци: продължителност при попълването, необходимост от отвличане от основната дейност и, главно, резултатите носят субективен характер.

Възстановяването на КК е мощен фактор за предотвратяване на прегарянето. Анализът на публикациите на водещите изследователски кардиологични центрове в света позволява да се стигне до извода, че едно от перспективните направления в тази насока е прилагането на технологията за формиране на кардиокохерентност с използването на биологична обратна връзка във виртуална среда [5, 6]. Пример за реализиране на такъв подход – изменение на параметрите EE, DP, PA по теста на Маслач (MBI) за професионално прегаряне са представени в нашата статия „Система за виртуална реалност, имитираща околната среда в Родопите и Рила, за формиране на кардиокохерентност у операторите на ергатични комплекси“, публикувана в сборника от материали на конференцията.

Изследователите Wekenborg, M., Böckelmann, M., Sveinsdóttir, H., Kim, J., et al. [4] установяват, че между метриките RMSSD, SDNN, HF, LF/HF на ВСР и параметрите EE, DP, PA на теста на Маслач съществуват значими корелационни зависимости. Във връзка с това е оправдано да се констатира, че параметрите на теста на Маслач и значимите метрики на ВСР могат да бъдат определени като EE ≈ f (RMSSD, HF, LF/HF), DP ≈ f (SDNN, RMSSD), PA ≈ f (HF, SDNN). Използвайки многофакторна линейна регресия, може да се запише:

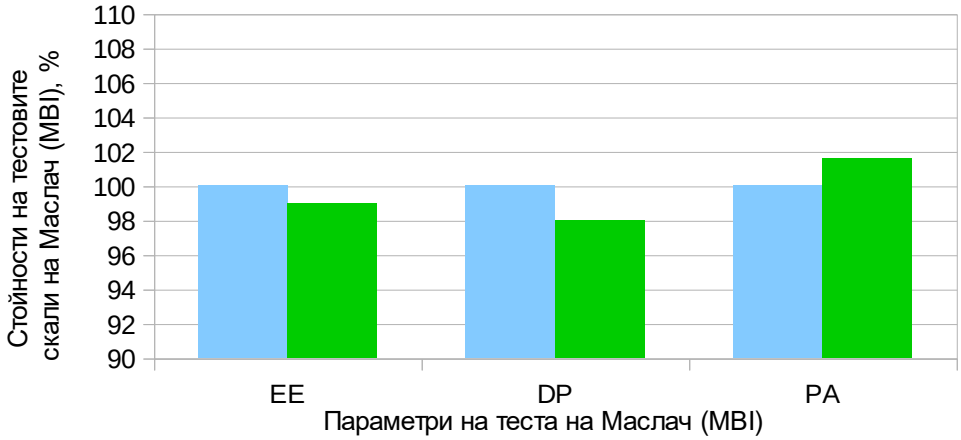
(1) $$EE = a_1 SDNN + a_2 RMSSD + a_3 LF / HF$$

(2) $$DP = \beta_1 SDNN + \beta_2 RMSSD$$

(3) $$PA = \gamma_1 SDNN + \gamma_2 HF$$

където SDNN – стандартно отклонение на нормалните RR интервали [7], мсек; RMSSD – изчислява се посредством корен квадратен от средната квадратична разлика между всеки два последователни нормални интервала [7], мсек; HF – мощност на спектъра на ритмограмата във високочестотния диапазон 0,40 – 0,15 Хц; LF/HF – индекс, отразяващ симпатовагалния баланс [7]; a_1, a_2, a_3, β_1, β_2, γ_1, γ_2 – регресионни коефициенти.

Определянето на конкретните стойности на коефициентите a_1, a_2, a_3, β_1, β_2, γ_1, γ_2 е направено за експеримент, чийто резултати са представени на фиг. 2 (за повече подробности виж нашата статия „Система за виртуална реалност, имитираща околната среда в Родопите и Рила, за формиране на кардиокохерентност у операторите на ергатични комплекси“, публикувана в сборника от материали на конференцията). Получени са следните стойности на коефициентите: a_1 = -0,93; a_2 = 0,07; a_3,=0,87; β_1 = -0,14; β_2 = 0,28; γ_1 = -0,44; γ_2 = 0,1.



Фиг. 2. Нива на параметрите EE, DP, PA на теста на Маслач (MBI) (син цвят) и стойности на същите параметри, изчислени по формули (1), (2), (3) (зелен цвят)

На фиг. 2 са показани стойностите на параметрите EE, DP, PA според теста на Маслач и стойностите на същите тези параметри, изчислени по формули (1), (2), (3), типични за жена на възраст 50–55 г. За удобство на анализа тук стойностите на параметрите по теста на Маслач се приемат за 100%, след това съответно се показват измененията (увеличение/намаление) на този параметър (стойности в %).

Както се вижда от диаграмата (фиг. 2), разликите в параметрите EE, DP, PA по теста на Маслач и получените директно при тестване и изчислени според метриките на ВСР са доста незначителни, около 1,5%. Това показва, че предложеният метод дава възможност да се определи степента на професионално прегаряне дистанционно, чрез анализ на ВСР метриките. Достатъчно е да се запише само последователността на RR интервалите, използвайки пулсов датчик и по телеметрия да се преработят само тези данни. Например, за пребиваващи на МКС космонавти или оператори за управление на полетите, без да се нарушава тяхната професионална дейност. Така в екстремни състояния при високо ниво на професионално прегаряне може да се предложи на човека да измени формата на дейност, а в някои, особено екстремни условия, да се блокират неговите погрешни действия.

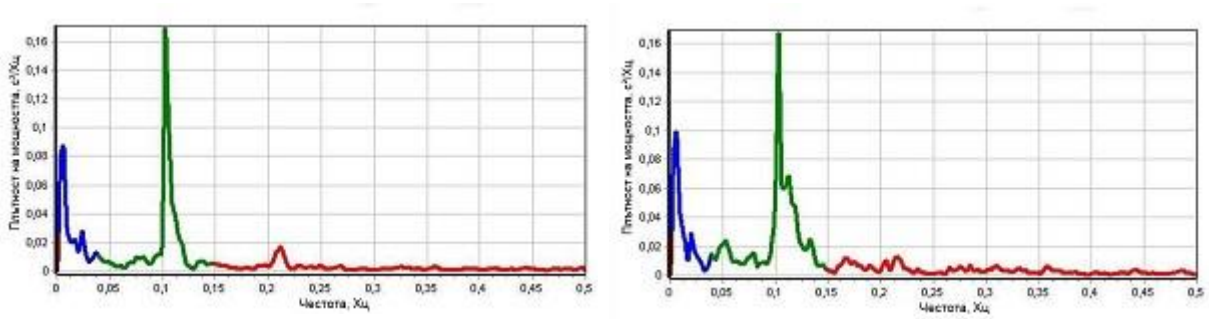
Важна забележка. Идеално е да се определят коефициентите α, β, γ за регресионните уравнения на конкретен човек, т.е. за човека, за когото параметрите на теста на Маслач ще се измерват дистанционно. В този случай грешката ще е около 1%. Ако тези коефициенти се определят за група, формирана по полов и/или възрастов критерий, грешката ще се увеличи, според предварителните данни, до 10–12%.

За един уникален метод за формиране на КК

Уникалните свойства на кардиокохерентността ни карат да се замислим за най-ефективните методи за нейното постигане. Анализът на водещи специалисти в тази област и най-вече на специалисти от Института XeartMath (САЩ), позволява да се посочат следните методи за формиране на КК: дихателни техники, медитативни практики, биологична обратна връзка и много други. Нека откроим най-ефективната, интересна и удивителна практика за формиране на КК.

През август 2021 г. по време на експедиция в Тетевен (Стара планина, България), изследвайки благотворното влияние на околната среда върху човека, е фиксиран странен феномен – синхронизирано формиране на голяма кардиокохерентност при двама души. Регистрирано е наличие на аномално висок пик на честота 0,1 Хц в спектрограмата на ВСР. Амплитудите на пика се оказват равни една на друга и няколко пъти превишават най-добрите практики за формиране на КК. На фиг. 3 е показана спектрограмата на ВСР за този случай (Г., мъж, 75 г. и (б) – Н., жена, 74 г.

Една важна подробност. Тези хора са много влюбени един в друг. Нека сега не се спираме на темата „Любовта няма възраст“. Нека разгледаме абстрактно този феномен. Първо, открит е устойчив ефект на кардиокохерентност, спектрограмата не се променя в продължение на дълго време. На второ място, метриките на ВСР – маркери на КК потвърждават възникването на кардиорезонанс. Същото потвърждават и психолого-медицинските корелати на КК.



а) б)

Фиг. 3. Спектър на мощността на вариабилността на сърдечния ритъм в състояние на КК, (а) – Г., мъж, 75 г. и (б) – Н., жена, 74 г. (Тетевен, Стара планина, България)

В многобройни публикации има потвърждение за възможността на такъв ефект. McCraty R., Atkinson M., Tomasino D. показват, че емоционалната близост и съвместните положителни преживявания усилват синхронизацията на сърдечните ритми между участниците, което потвърждава съществуването на феномена на междуличностна кохерентност [2]. Edwards S.D., Edwards D.J. демонстрират, в изследването си, че практиката на медитация на любовта подпомага растежа на глобалната кохерентност и междуличностния резонанс, свързвайки емоционалните и физиологичните нива [8]. Kramer F. предлага модел от 12 механизма на сърдечна кохерентност, включително физиологични, енергийни и колективни аспекти, разглеждайки любовта като най-висша форма на единство и резонанс [9]. McCraty R., Childre D. доказват, че емоциите на любов и благодарност предизвикват устойчив модел на ВСР, отразяващ хармония между сърцето и мозъка. Работата се превръща в основа на концепцията за „сърдечна кохерентност“ [10]. Bradley R.T., McCraty R. описват феномена „съкохерентност“ – синхронизация на сърдечни ритми между хора при емоционална връзка, което потвърждава междуличностния аспект на кохерентността [11]. Tiller W.A., Dibble W.E. разглеждат влиянието на енергийните полета на съзнанието и емоциите върху физиологичната кохерентност, особено при състояния на любов и състрадание [12].

Анализирайки публикациите на водещите специалисти в областта на КК, може да се направи извод, че в случай на любов не става дума просто за кардиокохерентност в класическия смисъл, а за разширена кохерентност, при която са активирани следните компоненти: физиологична (сърце ↔ дишане ↔ автономна регулация), емоционална (устойчив позитивен афект), междуличностна (синхронизация на два организма). Така може да се заключи, че любовта може да поражда „кохерентност от по-висок порядък“, при която физиологията е само част от цялостния резонанс. С други думи, по-просто казано: класическата сърдечна кохерентност е физиологичен патерн на ВСР. Кохерентността при любовта е разширено състояние, включващо физиология, емоции, когнитивна и междуличностна синхронизация [9].

Може да се направи опит да се обясни защо любовта може да бъде „особена кохерентност“:

1) многостепенност: любовта обединява не само физиологичната регулация (ВСР, дишане), но и дългосрочните когнитивни нагласи (привързаност, доверие), както и социалния контекст (взаимоотношения, споделен опит);

2) синхронизация на няколко нива: в състояние на любов се наблюдава не само сърдечно-дихателна кохерентност, но и междуличностна – синхронизация на ритмите при двама души (сърце ↔ дишане ↔ мозъчна активност);

3) енергийният аспект: много изследователи отбелязват, че любовта създава по-устойчив и „дълбок“ модел на кохерентност в сравнение с краткотрайните емоции на радост или благодарност [12].

По този начин се отбелязва разликата от другите емоции: радост или благодарност, които могат да предизвикат временно покачване на кохерентността, а любовта формира устойчиво състояние, което се поддържа дори без външни стимули.

И така, любовта може да бъде „особена кохерентност“, тя може да поражда „кохерентност от по-висок ред“, където физиологията става само част от цялостния резонанс, където любовта се превръща в източник на устойчив резонанс не само вътре в човека, но и между хората. Нека си спомним уникалните психофизиологични свойства на КК (вижте раздел «Теоретични предпоставки»).

Струва ли си да се учудваме, че между хора, свързани с високи чувства, се реализират напълно възможностите на КК (самовъзстановяване на организма, активиране на защитните механизми на имунната система, растеж на когнитивните способности и др.).

Обобщавайки изложеното по-горе, може да се направи извод, че КК е универсална технология за възстановяване на психосоматичното състояние, намалява стреса. Тя има пряка практическа стойност за надеждността на професионалната дейност и заслужава да бъде въведена в авиационната и космическата медицина.

Заключение

Направените изследвания потвърдиха, че технологията за кардиокохерентност (КК) с успех може да използва за оптимизиране на дейността на аерокосмически персонал. Свойствата на КК (намалява тревожността, повишава концентрацията на вниманието, намалява на грешките при извънредни ситуации, увеличава когнитивните способности, създава устойчивост към продължителен стрес и изолация и т.н.) са изключително полезни за използване в аерокосмическата индустрия с цел повишаване на качеството на професионалната дейност.

КК може да се постигне чрез прости методи: резонансно дишане, биофидбек по ВСР, практики за осъзнатост и положителни емоции. Тези технологии са достъпни и могат да бъдат включени в програмите за подготовка на аерокосмическия персонал

Нашите изследвания потвърдиха, че показателите на ВСР са обективен биомаркер за професионално прегаряне (ПП). Предложеният метод дава възможност да се определи степента на ПП дистанционно. Например, за пребиваващи на МКС космонавти или оператори за управление на полетите, без да се нарушава тяхната професионална дейност. Така в екстремни състояния при високо ниво на ПП може да се предложи на човека да измени формата на дейност, а в някои, особено екстремни условия, да се блокират неговите погрешни действия.

Още едно достойнство на разглеждания метод на диагностика е да се прилага при предварителен подбор за изпълнение на професионалните задължения. Той е приложим и за избор на оптимална организация за възстановяване на организма.

Литература:

1. McCratty, R., & Zayas, M. A. (2014). Cardiac coherence, self-regulation, autonomic stability, and psychosocial well-being. Front. Psychol. 5:1090.
2. McCraty R, Atkinson M, Tomasino D, Bradley RT. The coherent heart: heart brain interactions, psychophysiological coherence, and the emergence of system-wide order. Boulder Creek, CA: Institute of Heartmath; 2009.
3. Li W-C, Chiu FC, Kuo YS, Wu KJ. The investigation of visual attention and workload by experts and novices in the cockpit.: Harris D, Engineering psychology and cognitive ergonomics. Applications and services. Springer Berlin Heidelberg; 2013:167–76.
4. Sammito, S., et al. (2025). Heart rate variability as a biomarker of stress and burnout in military aviation personnel. Occupational Medicine, 75(4), 312–320.
5. Wekenborg, M., et al. (2019). Vagal tone predicts burnout symptoms: Longitudinal evidence from the Dresden Burnout Study. Psychophysiology, 56(12), e13456.
6. Böckelmann, I., et al. (2026). Heart rate variability and burnout risk in employees: A cross-sectional study. Frontiers in Physiology, 17, 1523456.
7. Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. // Circulation. Vol. 93, 1996. pp. 1043–1065.
8. Edwards S. D., Edwards D. J. Contemplation and transmission of love via the HeartMath Global Coherence Application // Dialogo Journal. – 2023. – Vol. 9, № 2. – pp. 103–111.
9. Kramer F. The twelve mechanisms of heart coherence: Mapping a field of unity // Academia.edu. – 2025.
10. McCraty R., Childre D. Heart-brain synchronization and emotional states // Integral Review. – 2022. – Vol. 18, № 1. – pp. 45–62.
11. Bradley R. T., McCraty R. Coherence and social connection: Heart rhythm synchronization between individuals // Frontiers in Psychology. – 2021. – Vol. 12. – pp. 654321.
12. Tiller W. A., Dibble W. E. Consciousness and subtle energy fields in human physiology // Journal of Scientific Exploration. – 2020. – Vol. 34, № 4. – pp. 567–582.