

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СПЕКТРАЛЬНЫХ ПЛОТНОСТЕЙ КАРДИОРИТМА УЧАЩИХСЯ ПРИ ШИРОТНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЯХ

Л.С. ШАКИРОВА¹, О.Е. СИМАНОВСКАЯ²,
Н.Ю. МОРГУНОВА², О.А. ВОРОБЕЙ³

¹ФГУ «ФНЦ Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук», г. Москва, Россия, 117218, e-mail: yuliya-bashkatova@yandex.ru

²ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», ул. Молодогвардейская, 244, г. Самара, Россия, 443100

³БУ ВО ХМАО-Югры «Сургутский государственный университет», ул. Ленина, 1, Сургут, Россия, 628400

Аннотация. В современной возрастной физиологии уделяется большое внимание изучению динамики изменения кардиоинтервалов и имеется сравнительно мало работ по изучению спектральных плотностей кардиоритма при широтных перемещениях. Цель исследования. Изучение динамики спектральных плотностей кардиоритмов группы младших школьников в условиях широтных перемещений (поездка с Севера на Юг и обратно). Материалы и методы. Исследования проводились с группой мальчиков (25 человек) в четырех точках измерений: перед отъездом из Сургута, по приезду в г. Туапсе, после оздоровительных мероприятий (перед отъездом из Туапсе) и по возвращению в г. Сургут. Использовалось 7 параметров спектральных плотностей сигналов, которые были получены с помощью прибора «Элокс-01С». Строились матрицы парных сравнений выборок и квазиаттракторы плотностей сигналов. Результаты. Установлено, что матрицы парного сравнения выборок спектральных плотностей сигнала показывают небольшие числа k пар выборок, которые имеют общую генеральную совокупность ($k < 20\%$). Одновременно площади (S) квазиаттракторов по группе в целом и для каждого отдельно испытуемого показывают одностороннюю реакцию изменения S квазиаттракторов при широтных перемещениях учащихся. Заключение. Спектральные плотности кардиоинтервалов, как и выборки самих кардиоинтервалов, демонстрируют статистическую неустойчивость исследуемых параметров. С другой стороны площади S квазиаттракторов демонстрируют направленные изменения для спектральных плотностей сигнала, что доказывает целесообразность их широкого применения в возрастной физиологии и медицине.

Ключевые слова: спектральная плотность кардиоинтервалов, неоднородность выборок, квазиаттракторы.

COMPARATIVE ANALYSIS OF CARDIORHYTHM SPECTRAL DENSITY IN STUDENTS IN LATITUDINAL DISPLACEMENTS

L.S. SHAKIROVA¹, O.E. SIMANOVSKAYA², N.Yu. MORGUNOVA², O.A. VOROBEI³

¹Scientific Research Institute for System Studies, Federal Research Center, Russian Academy of Sciences, Nakhimovsky pr., 36, Moscow, Russia, 117218

²Samara State Technical University, street Molodogvardeyskaya, 244, Samara, 443100

³Surgut State University, Lenina pr., 1, Surgut, 628400, Russia

Abstract. In modern age physiology one pays much attention to studying the dynamics of changes in cardio intervals and there are relatively few studies on the spectral densities of cardiac rhythms during latitudinal movements. The aim of the research. In this work we studied the dynamics of the spectral densities of cardiac rhythms of a group of elementary schoolchildren under latitudinal displacements (a trip from North to South and back). Object and methods. The studies were conducted with a group of boys (25 people) at four measurement points: before leaving Surgut, upon arrival in Tuapse, after recreational activities (before leaving Tuapse) and upon returning to Surgut. We used 7 parameters of the spectral densities of the signals, which were obtained using the “Elox-01C” instrument. Matrices of pairwise comparisons of samples and quasi attractors of signal densities were constructed. Result. It was found that matrices for pairwise comparison of samples of spectral signal densities show small numbers of k pairs of samples that have a common general population ($k < 20\%$). At the same time, the areas (S) of quasi attractors in the group as a whole and for each individual subject show a unidirectional reaction of changes in S quasi attractors during latitudinal movements of students. Conclusion. The spectral densities of the cardio intervals, as well as the samples of the cardio intervals themselves, demonstrate the statistical instability of the studied parameters. On the other hand, the S squares of

quasi attractors demonstrate directional changes for the spectral signal densities, which proves the expediency of their wide application in age-related physiology and medicine.

Key words: *spectral density of cardiotime intervals, sample heterogeneity, quasiattractors.*

Введение. Проблема влияния на параметры *сердечно-сосудистой системы* (ССС) учащихся Севера РФ широтных перемещений (поездки с Севера на Юг и обратно) находится в общем кластере изучения влияния экофакторов Севера РФ на детский организм. Подчеркнем, что специфика регуляции вегетативных функций, особенно работа ССС и состояние *вегетативной нервной системы* (ВНС) в условиях Севера РФ, сейчас изучена достаточно подробно [1-8]. Традиционно поездки на Юг связаны с оздоровительными мероприятиями и они представляют особый научный интерес в аспекте анализа динамики сердечно сосудистой системы (ее улучшение или ухудшение) именно в условиях широтных перемещений человека, проживающего на Севере РФ [1, 5-9].

В связи с открытием за последние 25 лет эффекта неоднородности выборок [15-20; 22-34] возникает задача изучения и спектральных плотностей сигнала. В статье это *кардиоинтервалы* (КИ). Эта проблема мало изучена, хотя считается, что *низкочастотные* (*VLF*) и *высокочастотные* (*HF*) компоненты *спектральной плотности сигнала* (*СПС*) должны в том числе представлять и состояние *симпатической* - это параметр СИМ и *парасимпатической* (ПАР) ВНС. Особый интерес представляет корреляция между СИМ и ПАР и параметрами *VLF* и *HF* в условиях широтных перемещений. С целью изучения таких корреляций предприняты настоящие исследования отдельно для мальчиков (настоящее сообщение) и отдельно для девочек. В данном сообщении мы останавливаемся на СПС для группы мальчиков, так как девочки уже частично обследовались [1-7, 24-31, 32-34].

Анализ СПС для девочек будет выполнен в сравнительном аспекте (с этой группой мальчиков) в последующем сообщении. Речь идет о широтных перемещениях (без учета влияния

проводимых оздоровительных мероприятий на Юге РФ). Важно было оценить сам эффект перелета на 4 тысячи километров с Севера РФ на Юг (и обратно). При этом особое внимание уделялось проблеме статистической неустойчивости параметров СПС в условиях широтных перемещений. Фактически, мы сейчас показываем реальность изучаемого эффекта для спектральных характеристик сигнала (КИ), что до настоящего времени не изучалось.

Объект и методы. Согласно Хельсинской декларации были обследованы параметры (число параметров $n=7$) спектральных характеристик сигнала для КИ в четырех точках наблюдений. Первое измерение (1) – регистрация СПС перед отъездом из г. Сургута ($t_1=-15^{\circ}\text{C}$ – температура наружного воздуха), второе измерение (2) – сразу после приезда ($t_2=22^{\circ}\text{C}$). Третье измерение (3) – перед отъездом из г. Туапсе и точка (4) – по возвращению в г. Сургут всей группы учащихся (мальчики, средний возраст 10,5 лет).

У всех учащихся в этих 4-х точках регистрировали 7 основных параметров СПС, но особое внимание обращали на выборки *VLF* (*verylowfrequency*) и *HF* (*highfrequency*). Из группы в 25 человек произвольно выбирались 15 учащихся и для этой (1-й) подгруппы и для оставшейся 2-й подгруппы строились две матрицы парных сравнений выборок *VLF* и *HF*. Поскольку точек измерения всего было 4-е, то соответственно мы получили 8 матриц парных сравнений *VLF*- $x_1(t)$ и 8 матриц парных сравнений *HF*- $x_2(t)$. Одновременно для этих двух групп параметров рассчитывались значения *квазитракторов* (КА) по координатам $x_1(t)$ и $x_2(t)$, т.е. непосредственно *VLF* или *HF*, и с помощью ЭВМ рассчитывались параметры КА (площади S для КА). Выборки значений площадей КА ($S=\Delta x_1 \cdot \Delta x_2$, где Δx_1 – вариационный размах по x_1 , а Δx_2 – вариационный размах по x_2)

обрабатывались статистически, до доверительного интервала [2-8,15-18].

Результаты исследований. Во всех 16-ти матрицах парных сравнений выборок *VLF* или *HF* мы не наблюдаем числа k пар сравнений этих выборок (такую пару можно отнести к одной генеральной совокупности), которые превышают 30% от всех 105 пар сравнения в каждой матрице. Это доказывает реальность изучаемого эффекта для CCC (на примере спектральных плотностей сигнала) [1-9].

Следует отметить, что существенных изменений эти k_{ij} (j – номер матрицы) до перелета и после перелета не демонстрируют. Степень однородности выборок СПС в виде значений k крайне мала ($k < 30\%$ от всех 105 пар сравнений в каждой такой матрице парных сравнений выборок) и она колеблется в пределах 20-30% от среднего значения. Все это

доказывает наличие изучаемого эффекта и для СПС, как до отъезда, так и после перелета (и после 2-го перелета тоже $k < 30\%$).

Иная картина у нас получается для КА по отдельным выборкам *VLF* и *HF* для 25-ти испытуемых и на фазовой плоскости x_1 и x_2 . В последнем случае мы имеем две фазовые координаты и вся группа (25 человек) представляется нам как набор точек, которые ограничиваются прямоугольником, *квазиаттрактором*. Площадь этого КА образована вариационным размахами Δx_1 и Δx_2 , то есть $S = \Delta x_1 \times \Delta x_2$ и у этого КА имеются координаты центра $x_1^c = (x_{imax} + x_{imin})/2$. Эти x_1^c нами были рассчитаны для всех 4-х КА (для всех 4-х точек измерений). На рисунке мы представляем КА₁ и КА₂ до и после прилёта из Сургута.

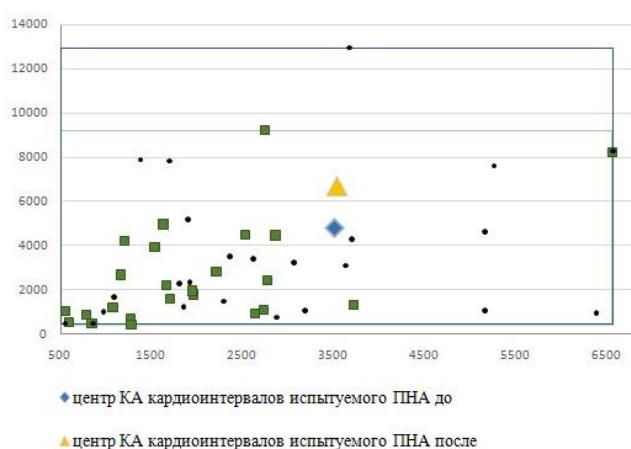


Рис. Фазовые портреты состояния спектральных характеристик параметров CCC (*VLF*, *HF*) мальчиков ($n=25$) до отъезда из г. Сургута (1 точка) и после приезда в г. Сургут (4 точки)

Таблица 1

Результаты расчета параметров квазиаттракторов спектральных характеристик параметров CCC (*VLF*) ($m=1$) мальчиков ($n=25$) в 4-х точках обследования

	Мальчики ($n=25$)			
	1 точка	2 точка	3 точка	4 точка
$S_z \times 10^2$	61,01	51,24	63,97	60,65

Отметим что здесь вектор $x(t) = (x_1, x_2)^T$ совершает непрерывные и хаотические движения на этой фазовой плоскости, но площадь S , внутри которой движется $x(t)$, четко связана с физиологическим состоянием испытуемого. До переезда мы имеем одну величину S_1 (такой набор S_{ij}

для всей группы представлен в табл. 1 и 2), а после перелета – другое значение S_2 . Характерно, что эти таблицы представляют *квазиаттракторы* для каждой (отдельно) координаты (*VLF* – x_1 -таблица 1 и *HF* – x_2 -таблица 2). На рисунке представлены

общие КА для сразу двух переменных x_1 и x_2 .

Очевидно, что каждый перелёт *VLF* приводит и уменьшению площади КА (из г.Сургута в г.Туапсе с 61,01 у.е. до 51,24 у.е. и с 63,97 у.е. до 60,65 у.е. при перелёте из г.Туапсе в г.Сургут. При этом 1-й перелёт демонстрирует более

существенные изменения, чем 2-й перелёт (в 2 раза). Аналогичная картина и для *HF* при первом перелёте (из г.Сургута в г.Туапсе) уменьшение с 95,52 у.е. до 87,82 у.е. Однако, второй перелёт вызывает резкое нарастание *HF* от 93,42 у.е. до 124,78 у.е. Это противоположная картина в сравнении с *VLF* в таблице 1.

Таблица 2

Результаты расчета параметров квазиаттракторов спектральных характеристик параметров ССС (*HF*) ($m=1$) мальчиков ($n=25$) в 4-х точках обследования

	Мальчики ($n=25$)			
	1 точка	2 точка	3 точка	4 точка
$S_z \times 10^2$	95,52	87,82	93,42	124,78

В целом, расчет параметров КА как для каждой координаты, так и для интегративных квазиаттракторов (в координатах x_1 и x_2 (рисунок 1 и 2) показывают отдельные тенденции в изменении параметров спектральных плотности сигнала (обычно в сторону их уменьшения). Очевидно, что модели таких процессов целесообразно делать в рамках компартментно-кластерного моделирования, которые было разработано 25-30 лет назад. В рамках такого подхода возможно описание хаотической динамики поведения x_1 и x_2 [9, 30-34].

Заключение. Для всех параметров ССС доказан эффект неоднородности выборок. Мы не можем 2 раза подряд повторить статистически выборки любого параметра ССС (в нашем случае речь идёт о СПС в виде *VLF* и *HF*). Сейчас мы доказали такой эффект и для ряда параметров СПС, что требует других подходов и других моделей в описании работы сердца (на основе спектральных характеристик).

С позиции теории хаоса - самоорганизации (ТХС) мы предлагаем рассчитывать площади КА, как для отдельных параметров СПС, так и в виде интегративных характеристик. В частности, в статье мы представляем пример расчета площади КА для координат (*VLF* и *HF*), которые дают четкую картину различий в состоянии кардиоритма до и после переезда с Севера на Юг (рисунок).

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №18-07-00161 А

«Разработка вычислительной системы мониторинга и моделирования параметров организма жителей Севера РФ

Литература

- Еськов В.М., Мирошниченко И.В., Мнацаканян Ю.В., Журавлева А.Н. Проблема устойчивости гомеостатического регулирования функциональных систем организма // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2019. – № 1. – С. 73-87.
- Филатова О.Е., Мельникова Е.Г., Горбунов С.В., Нувальцева Я.Н. Особенности гомеостатических систем (третьего типа) // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2019. – № 2. – С. 28-39.
- Еськов В.В., Еськов В.М., Карпин В.А., Филатов М.А. Синергетика как третья парадигма, или понятие парадигмы в философии и науке // Философия науки. – 2011. – Т. 51, № 4. – С. 126-128.
- Еськов В.В., Вохмина Ю.В., Гавриленко Т.В., Зимин М.И. Модели хаоса в физике и теории хаоса-самоорганизации // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2013. – № 2. – С. 42-56.
- Прохоров С.А., Гумарова О.А., Монастырецкая О.А., Хвостов Д.Ю., Афаневич И.А. Нестабильные системы: проблема однородности групп. // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2019. – № 1. – С.62-72.

6. Еськов В.М., Галкин В.А., Хвостов Д.Ю., Ергея И.Р. Проблема компартментно-кластерного моделирования биосистем // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2019. – № 2. – С. 61-70.
7. Живогляд Р.Н., Чертищев А.А., Воробей О.А., Муравьева А.Н., Мнацаканян Ю.В. Особенности параметров сердечно-сосудистой системы в осенний период // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2019. – № 2. – С. 18-27.
8. Пятин В.Ф., Еськов В.В., Алиев Н.Ш., Воробьева Л.А. Хаос параметров гомеостаза функциональных систем организма человека // Вестник новых медицинских технологий. – 2018. – Т. 25, № 1. – С. 143-153.
9. Пятин В.Ф., Еськов В.В., Филатова О.Е., Башкатова Ю.В. Новые представления о гомеостазе и эволюции гомеостаза // Архив клинической и экспериментальной медицины. – 2019. – Т. 28, № 1. – С. 21-27.
10. Eskov V.M. Cyclic respiratory neuron network with subcycles // Neural network world. – 1994. – Vol. 4(4). – Pp. 403-416.
11. Es'kov V.M., Filatova O.E., Ivashenko V.P. Computer identification of compartmental neuron circuits // Measurement techniques. – 1994. – Vol. 37(8). – Pp. 967-971.
12. Eskov V.M. Hierarchical respiratory neuron networks // Modelling, measurement and control C. – 1995. – Vol. 48(1-2). – Pp. 47-63.
13. Eskov V.M. Models of hierarchical respiratory neuron networks // Neurocomputing. – 1996. – Vol. 11(2-4). – Pp. 203-226.
14. Eskov V.M. Compartmental theory of the respiratory neuron networks with a simple structure // Neural network world. – 1998. – Vol. 8(3). – Pp. 353-364.
15. Eskov V.M., Filatova O.E. Problem of identity of functional states in neuronal networks // Biophysics. – 2003. – Vol. 48(3). – Pp. 497-505.
16. Es'kov V.M., Papshev V.A., Filatova O.E. A computerized system for measuring mammalian-tissue biomechanical parameters // Measurement techniques. – 2003. – Vol. 46(3). – Pp. 304-310.
17. Eskov V.M., Gavrilenko T.V., Vokhmina Y.V., Zimin M.I., Filatov M.A. Measurement of chaotic dynamics for two types of tapping as voluntary movements // Measurement techniques. – 2014. – Vol. 57(6). – Pp. 720-724.
18. Eskov V.M., Khadartsev A.A., Eskov V.V., Vokhmina J.V. Chaotic dynamics of cardio intervals in three age groups of indigenous and nonindigenous populations of Ugra // Advances in gerontology. – 2016. – Vol. 6(3). – Pp. 191–197.
19. Eskov V.M., Eskov V.V., Filatova O.E., Khadartsev A.A., Sinenko D.V. Neurocomputational identification of order parameters in gerontology // Advances in gerontology. – 2016. – 6(1). – Pp. 24-28.
20. Eskov V.M., Bazhenova A.E., Vochmina U.V., Filatov M.A., Ilyashenko L.K. N.A. Bernstein hypothesis in the description of chaotic dynamics of involuntary movements of person // Russian journal of biomechanics. – 2017. – Vol. 21(1). – Pp. 14-23.
21. Eskov V.M., Bazhenova A.E., Ilyashenko L.K., Grigorieva S.V. Effect of cold on involuntary movements in men with different levels of physical fitness in the Russian North // Human ecology. – 2019. – Vol. 6. – Pp. 39-44.
22. Eskov V.M., Pyatin V.F., Eskov V.V., Ilyashenko L.K. The heuristic work of the brain and artificial neural networks // Biophysics. – 2019. – Vol. 64(2). – Pp. 293-299.
23. Eskov V.V., Filatova D.Y., Ilyashenko L.K., Vochmina Y.V. Classification of uncertainties in modeling of complex biological systems // Moscow university physics bulletin. – 2019. – Vol. 4(1). – Pp. 57-63.
24. Eskov V.V., Filatova O.E., Bashkatova Y.V., Filatova D.Y., Ilyashenko L.K. Age-related changes in heart rate variability among residents of the Russian North // Human ecology. – 2019. – Vol. 2. – Pp. 21-26.

25. Ilyashenko L.K., Bazhenova A.E., Berestin D.K., Grigorieva S.V. Chaotic dynamics parameters of the tremograms at the stress exposure // Russian journal of biomechanics. – 2018. – Vol. 22(1). – Pp. 62-71.
26. Filatova O.E., Eskov V.M., Popov Y.M. Computer identification of the optimum stimulus parameters in neurophysiology // International RNNS/IEEE symposium on neuroinformatics and neurocomputers. – 1995. – Pp. 166-172.
27. Filatova O.E., Maystrenko E.V., Gazya G.V., Boltaev A.V. The influence of industrial electromagnetic fields on cardio-respiratory systems dynamics of oil-gas industry complex female workers // Ecology and industry of Russia. – 2017. – Vol. 21(7). Pp. 46-51.
28. Filatova O.E., Bazhenova A.E., Grigorieva S.V., Ilyashenko L.K. Estimation of the parameters for tremograms according to the Eskov-Zinchenko effect // Biophysics. – 2018. – Vol. 63(2). – Pp. 262-267.
29. Filatova O.E., Berestin D.K., Ilyashenko L.K., Bashkatova Y.V. The influence of hypothermia on the parameters of the electromyogram at low muscle tone state // Human ecology. – 2019. – Vol. 5. – Pp. 43-48
30. Leonov B.I., Grigorenko V.V., Eskov V.M., Khadartsev A.A., Ilyashenko L.K. Automation of the diagnosis of age-related changes in parameters of the cardiovascular system // Biomedical engineering. – 2018. – Vol. 52(3). – Pp. 210-214.
31. Vokhmina Y.V., Eskov V.M., Gavrilenko T.V., Filatova O.E. Measuring order parameters based on neural network technologies // Measurement techniques. – 2015. – Vol. 58(4). – Pp. 462-466.
32. Ilyashenko L.K., Bazhenova A.E., Berestin D.K., Grigorieva S.V. Chaotic dynamics parameters of the tremograms at the stress exposure // Russian journal of biomechanics. – 2018. – Vol. 22(1). – Pp. 62-71.
33. Zilov V.G., Khadartsev A.A., Ilyashenko L.K., Eskov V.V., Minenko I.A. Experimental analysis of the chaotic dynamics of muscle biopotentials under various static loads // Bulletin of experimental biology and medicine. – 2018. – Vol. 165(4). – Pp. 415-418.
34. Zilov V.G., Khadartsev A.A., Eskov V.V., Ilyashenko L.K., Kitanina K.Yu. Examination of statistical instability of electroencephalograms // Bulletin of experimental biology and medicine. – 2019. – Vol. 168(7). – Pp. 5-9.

References

1. Es'kov V.M., Miroshnichenko I.V., Mnatsakanyan Yu.V., Zhuravleva A.N. Problema ustoychivosti gomeostaticheskogo regulirovaniya funktsional'nykh sistem organizma [The problem of stability of homeostatic regulation of the functional systems of the body] // Slozhnost'. Razum. Postneklassika [Complexity. Mind. Postnonclassic]. – 2019. – No. 1. – S. 73-87.
2. Filatova O.E., Melnikova E.G., Gorbunov S.V., Nuvaltseva Y.N. Osobennosti gomeostaticheskikh sistem (tret'ego tipa) [Features of homeostatic systems (third type)] // Slozhnost'. Razum. Postneklassika [Complexity. Mind. Postnonclassic]. – 2019. – No. 2. – S. 28-39.
3. Es'kov V.V., Es'kov V.M., Karpin V.A., Filatov M.A. Sinergetika kak tret'ya paradigma, ili ponyatie paradigmy v filosofii i nauke [Synergetics as a third paradigm, or the concept of a paradigm in philosophy and science] // Filosofiya nauki [Philosophy of science]. – 2011. – T. 51, No. 4. – S. 126-128.
4. Es'kov V.V., Vokhmina Yu.V., Gavrilenko T.V., Zimin M.I. Modeli khaosa v fizike i teorii khaosa-samoorganizatsii [Chaos models in physics and the theory of chaos-self-organization] // Slozhnost'. Razum. Postneklassika [Complexity. Mind. Postnonclassic]. – 2013. – No. 2. – S. 42-56.
5. Prokhorov S.A., Gumarova O.A., Monastyretskaya O.A., Khvostov D.Yu.,

- Afanevich I.A. Nestabil'nye sistemy: problema odnorodnosti grupp [Unstable systems: the problem of group homogeneity] // Slozhnost'. Razum. Postneklassika [Complexity. Mind. Postnonclassic]. – 2019. – No. 1. – S. 62-72.
6. Es'kov V.M., Galkin V.A., Khvostov D.Yu., Erega I.R. Problema kompartmentno-klasternogo modelirovaniya biosistem [The problem of compartment-cluster modeling of biosystems] // Slozhnost'. Razum. Postneklassika [Complexity. Mind. Postnonclassic]. – 2019. – No. 2. – S. 61-70.
7. Zhivoglyad R.N., Chertishchev A.A., Vorobei O.A., Murav'eva A.N., Mnatsakanyan Yu.V. Osobennosti parametrov serdechno-sosudistoi sistemy v osennii period [Features of the parameters of the cardiovascular system in the autumn period] // Slozhnost'. Razum. Postneklassika [Complexity. Mind. Postnonclassic]. – 2019. – No. 2. – S. 18-27.
8. Pyatin V.F., Eskov V.V., Aliev N.Sh., Vorobyova L.A. Khaos parametrov gomeostaza funktsional'nykh sistem organizma cheloveka [Chaos of parameters of homeostasis of functional systems of the human body] // Vestnik novy'x medicinskix texnologij [Bulletin of new medical technologies]. – 2018. – T. 25, No. 1. – S. 143-153.
9. Pyatin V.F., Es'kov V.V., Filatova O.E., Bashkatova Yu.V. Novye predstavleniya o gomeostaze i evolyutsii gomeostaza [New ideas about homeostasis and the evolution of homeostasis] // Arkhiv klinicheskoi i eksperimental'noi meditsiny [Archive of clinical and experimental medicine]. – 2019. – T. 28, No. 1. – S. 21-27.
10. Eskov V.M. Cyclic respiratory neuron network with subcycles // Neural network world. – 1994. – Vol. 4(4). – Pp. 403-416.
11. Es'kov V.M., Filatova O.E., Ivashenko V.P. Computer identification of compartmental neuron circuits // Measurement techniques. – 1994. – Vol. 37(8). – Pp. 967-971.
12. Eskov V.M. Hierarchical respiratory neuron networks // Modelling, measurement and control C. – 1995. – Vol. 48(1-2). – Pp. 47-63.
13. Eskov V.M. Models of hierarchical respiratory neuron networks // Neurocomputing. – 1996. – Vol. 11(2-4). – Pp. 203-226.
14. Eskov V.M. Compartmental theory of the respiratory neuron networks with a simple structure // Neural network world. – 1998. – Vol. 8(3). – Pp. 353-364.
15. Eskov V.M., Filatova O.E. Problem of identity of functional states in neuronal networks // Biophysics. – 2003. – Vol. 48(3). – Pp. 497-505.
16. Es'kov V.M., Papshev V.A., Filatova O.E. A computerized system for measuring mammalian-tissue biomechanical parameters // Measurement techniques. – 2003. – Vol. 46(3). – Pp. 304-310.
17. Eskov V.M., Gavrilenko T.V., Vokhmina Y.V., Zimin M.I., Filatov M.A. Measurement of chaotic dynamics for two types of tapping as voluntary movements // Measurement techniques. – 2014. – Vol. 57(6). – Pp. 720-724.
18. Eskov V.M., Khadartsev A.A., Eskov V.V., Vokhmina J.V. Chaotic dynamics of cardio intervals in three age groups of indigenous and nonindigenous populations of Ugra // Advances in gerontology. – 2016. – Vol. 6(3). – Pp. 191-197.
19. Eskov V.M., Eskov V.V., Filatova O.E., Khadartsev A.A., Sinenko D.V. Neurocomputational identification of order parameters in gerontology // Advances in gerontology. – 2016. – Vol. 6(1). – Pp. 24-28.
20. Eskov V.M., Bazhenova A.E., Vochmina U.V., Filatov M.A., Ilyashenko L.K. N.A. Bernstein hypothesis in the description of chaotic dynamics of involuntary movements of person // Russian journal of biomechanics. – 2017. – Vol. 21(1). – Pp. 14-23.
21. Eskov V.M., Bazhenova A.E., Ilyashenko L.K., Grigorieva S.V. Effect of cold on involuntary movements in men with different levels of physical fitness in the

- Russian North // Human ecology [In Russian]. – 2019. – Vol. 6. – Pp. 39-44.
22. Eskov V.M., Pyatin V.F., Eskov V.V., Ilyashenko L.K. The heuristic work of the brain and artificial neural networks // Biophysics. – 2019. – Vol. 64(2). – Pp. 293-299.
23. Eskov V.V., Filatova D.Y., Ilyashenko L.K., Vochmina Y.V. Classification of uncertainties in modeling of complex biological systems // Moscow university physics bulletin. – 2019. – Vol. 4(1). – Pp. 57-63.
24. Eskov V.V., Filatova O.E., Bashkatova Y.V., Filatova D.Y., Ilyashenko L.K. Age-related changes in heart rate variability among residents of the Russian North // Human ecology [In Russian]. – 2019. – Vol. 2. – Pp. 21-26.
25. Ilyashenko L.K., Bazhenova A.E., Berestin D.K., Grigorieva S.V. Chaotic dynamics parameters of the tremograms at the stress exposure // Russian journal of biomechanics. –2018. – Vol. 22(1). – Pp. 62-71.
26. Filatova O.E., Eskov V.M., Popov Y.M. Computer identification of the optimum stimulus parameters in neurophysiology // International RNNS/IEEE symposium on neuroinformatics and neurocomputers. – 1995. – Pp. 166-172.
27. Filatova O.E., Maystrenco E.V., Gazya G.V., Boltaev A.V. The influence of industrial electromagnetic fields on cardio-respiratory systems dynamics of oil-gas industry complex female workers // Ecology and industry of Russia. – 2017. – Vol. 21(7). – Pp. 46-51.
28. Filatova O.E., Bazhenova A.E., Grigorieva S.V., Ilyashenko L.K. Estimation of the parameters for tremograms according to the Eskov-Zinchenko effect // Biophysics. – 2018. – Vol. 63(2). Pp. 262-267.
29. Filatova O.E., Berestin D.K., Ilyashenko L.K., Bashkatova Y.V. The influence of hypothermia on the parameters of the electromyogram at low muscle tone state // Human ecology [In Russian]. – 2019. – Vol. 5. – Pp. 43-48
30. Leonov B.I., Grigorenko V.V., Eskov V.M., Khadartsev A.A., Ilyashenko L.K. Automation of the diagnosis of age-related changes in parameters of the cardiovascular system // Biomedical engineering. – 2018. – Vol. 52(3). – Pp. 210-214.
31. Vokhmina Y.V., Eskov V.M., Gavrilenko T.V., Filatova O.E. Measuring order parameters based on neural network technologies // Measurement techniques. – 2015. – Vol. 58(4). – Pp. 462-466.
32. Ilyashenko L.K., Bazhenova A.E., Berestin D.K., Grigorieva S.V. Chaotic dynamics parameters of the tremograms at the stress exposure // Russian Journal of Biomechanics. – 2018. – Vol. 22(1). – Pp. 62-71.
33. Zilov V.G., Khadartsev A.A., Ilyashenko L.K., Eskov V.V., Minenko I.A. Experimental analysis of the chaotic dynamics of muscle biopotentials under various static loads // Bulletin of experimental biology and medicine. – 2018. – Vol. 165(4). – Pp. 415-418.
34. Zilov V.G., Khadartsev A.A., Eskov V.V., Ilyashenko L.K., Kitanina K.Yu. Examination of statistical instability of electroencephalograms. Bulletin of experimental biology and medicine. – 2019. – Vol. 168(7). – Pp. 5-9.