

ПРОБЛЕМА ОДНОРОДНОСТИ ВЫБОРОК ПАРАМЕТРОВ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ПРИЕЗЖИХ НА СЕВЕРЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

© 2020 г. К. А. Хадарцева, **М. А. Филатов, *Е. Г. Мельникова

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», г. Тула;

*ФГУ ФНЦ Научно-исследовательский институт системных исследований Российской Академии наук, г. Москва;

**ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Филиал ТИУ в г. Сургуте, г. Сургут

Адаптация всего организма приезжих жителей Севера Российской Федерации во многом определяется состоянием сердечно-сосудистой системы (ССС). Регистрация ее изменений в условиях экофакторов среды вызывает существенные затруднения из-за потери однородности выборок и возникновения эффекта Еськова – Зинченко. *Цель исследования:* изучить проблему потери однородности выборок кардиоинтервалов для разных возрастных групп населения. *Методы.* Регистрировались выборки параметров кардиоинтервалов трех возрастных групп приезжих женщин Ханты-Мансийского автономного округа (ХМАО) – Югры с помощью прибора «Элокс-01». Для полученных выборок строились матрицы парных сравнений выборок кардиоинтервалов и фазовые портреты (по двум координатам). *Результаты.* Построенные матрицы парных пар сравнений выборок параметров кардиоинтервалов устойчиво демонстрируют некоторое нарастание числа k пар, которые имеют одну (для данной пары) общую генеральную совокупность. Площади S квазиаттракторов, наоборот, для кардиоинтервалов с возрастом несколько уменьшаются, что может быть описано в виде уравнения квадратичной регрессии. *Выводы.* Все три возрастные группы женщин (пришлого население ХМАО) демонстрируют устойчивую потерю однородности групп при изменениях выборок кардиоинтервалов, что подтверждает справедливость эффекта Еськова – Зинченко. При этом такая неустойчивость более выражена для отдельных испытуемых, чем для всех возвратных групп. Предлагается рассчитывать параметры квазиаттракторов для оценки различий гомеостаза ССС в зависимости от возраста испытуемых. Площади S квазиаттракторов с возрастом (при нормальном старении) уменьшаются, но для приезжих старшей возрастной группы мы имеем некоторое нарастание этой площади (для старшей группы это возможно из-за нарастания патологических отклонений в работе ССС), что не характерно для аборигенов.

Ключевые слова: кардиоинтервалы, эффект Еськова – Зинченко, эффект Еськова – Филатовой, квазиаттракторы

THE PROBLEM OF HOMOGENOUS SAMPLING OF CARDIOVASCULAR SYSTEM PARAMETERS AMONG MIGRANTS IN THE RUSSIAN NORTH

K. A. Khadartseva, **M. A. Filatov, *E. G. Melnikova

Tula State University, Tula, Russia; *Federal State Institution Scientific Research Institute for System Analysis within Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia; **Tyumen Industrial University in Surgut, Surgut, Russia

Adaptation of migrants to the conditions of the Russian North is largely determined by the state of the cardiovascular system. Registration of its changes due to environmental influences is associated with significant difficulties due to loss of sample homogeneity and the emergence of the Eskov-Zinchenko effect. *Objective:* to study the problem of loss of homogeneity in samples of RR (cardiointervals) in different age groups. *Methods:* samples of RR intervals of were recorded using the Eloks-01 device in three age groups of migrant women of Khanty-Mansi Autonomous Okrug (KhMAO) - Yugra. For recorded samples, matrices of paired comparisons of samples of cardiointervals and phase portraits (in 2 coordinates) were calculated. *Results:* calculated matrices of comparisons in pairs of samples of RR parameters steadily demonstrate a certain increase in the number of pairs (k), which have one (for this pair) common general population. The areas S of quasi-attractors, on the contrary, for cardiointervals (RR), decrease slightly with age, which can be described as a quadratic regression equation. *Conclusions:* All three age groups of women (alien population of KhMAO) demonstrate a steady loss of homogeneity of groups with changes in samples of cardiointervals, which confirms the validity of Eskov-Zinchenko effect. Moreover, such instability is more pronounced for individual test person than for age groups. It is proposed to calculate the parameters of quasi-attractors to assess differences in homeostasis of cardiovascular system, depending on the age of subjects. The areas S of quasi-attractors decrease with age (when normal aging), but for older-age migrants we have some increase in this area (possibly due to increase in pathological deviations in the cardiovascular system) which is not typical for indigenous population.

Key words: cardiointervals, Eskov-Zinchenko effect, Eskov-Filatova effect, quasi-attractors

Библиографическая ссылка:

Хадарцева К. А., Филатов М. А., Мельникова Е. Г. Проблема однородности выборок параметров сердечно-сосудистой системы приезжих на Севере Российской Федерации / Экология человека. 2020. № 7. С. 27–31.

For citing:

Khadartseva K. A., Filatov M. A., Melnikova E. G. The Problem of Homogenous Sampling of Cardiovascular System Parameters among Migrants in the Russian North. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2020, 7, pp. 27-31.

В связи с увеличением возраста для выхода на пенсию в Российской Федерации (РФ), в том числе и для жителей Севера РФ (у нас речь идет о Ханты-Мансийском автономном округе (ХМАО) – Югре), возникают проблемы изучения возрастных изменений

параметров нервно-мышечной [1, 2, 11], кардиореспираторной [3, 7, 10, 17] систем, и в частности сердечно-сосудистой системы (ССС) для приезжих жителей ХМАО [12, 13, 15]. Как себя ведут параметры ССС женщин и мужчин в возрасте 55–60 лет

после продолжительного проживания и длительной работы в особых экологических условиях Севера РФ?

Одновременно с открытием эффектов Еськова — Зинченко (ЭЕЗ) [8, 9, 18, 20] и Еськова — Филатовой (ЭЕФ) по статистической неустойчивости для подряд получаемых выборок параметров нервно-мышечной системы и ССС (у нас сейчас речь идет о кардиоинтервалах — КИ) возникает проблема измерения степени однородности исследуемых групп населения [6–11]. Как можно сравнивать выборки x_i параметров ССС, если они и в неизменном гомеостазе показывают непрерывную стохастическую неустойчивость? Как тогда сравнивать выборки ССС для разных возрастных групп, если в неизменном гомеостазе они демонстрируют ЭЕЗ и ЭЕФ, то есть выборки не однородны? Отметим, что ряд исследователей также отмечает отсутствие участия неперiodических нейронов в организации периодических движений [4, 14, 21]. Это наталкивает на мысль о хаосе в организации движений и регуляции других систем организма [16–20].

Для ответов на эти сложные вопросы мы предлагаем рассчитывать параметры квазиаттракторов (КА) [7–11, 16–19] для выборок КИ (и других параметров организма) и рассчитывать матрицы парных сравнений выборок этих параметров. В таких матрицах находятся числа k пар статистических совпадений выборок КИ при их парном сравнении. Существенно, что площади КА для КИ и величины k реально могут представлять различия параметров ССС с возрастом [6–8, 12, 17].

Методы

Исследования проводились согласно принципам Хельсинкской декларации на трех возрастных группах приезжих женщин — жительниц ХМАО — Югры. Средний возраст первой (младшей) возрастной группы $\langle T_1 \rangle = 27$ лет, второй (средней) возрастной группы $\langle T_2 \rangle = 43$ года и третьей (старшей) возрастной группы $\langle T_3 \rangle = 57$ лет. В каждую группу входили 15 человек, таким образом, было обследовано 45 женщин без жалоб на здоровье (условно здоровые женщины).

С помощью прибора «Элокс-01» у всех испытуемых в спокойном состоянии регистрировались пульсограммы за интервал $t = 5$ минут, и тогда в каждой выборке было не менее 300 КИ. Эти 15 выборок КИ (по 300 точек) для каждой группы сравнивались по критерию Манна — Уитни и Краскела — Уоллиса попарно так, что были созданы 3 матрицы парных сравнений выборок. В этих матрицах находились числа k пар выборок КИ, которые (эти две) имели одну общую генеральную совокупность. Было получено три таких числа k_1, k_2, k_3 для трех групп, которые определяли, насколько однородны выборки КИ. Одновременно для младшей возрастной группы делали по 15 замеров КИ для каждого человека (в неизменном гомеостазе) [5, 7, 12, 15].

По двум переменным ($x = x_1(t)$ — величина КИ в мсек. и $x_2 = x_2(t)$ — приращение x_1 , которое связано со скоростью изменения $x_1(t)$), строились фазовые портреты поведения выборок КИ для всех

45 человек (в двумерном фазовом пространстве состояний — ФПС вектора $x = x(t) = (x_1, x_2)^T$). Для этих фазовых портретов находились площади КА по формуле $S_i = \Delta x_{1i} \times \Delta x_{2i}$, где Δx_{1i} — вариационный размах по переменной $x_1(t)$ для i -го испытуемого, а Δx_{2i} — вариационный размах по переменной $x_2(t)$ для i -го испытуемого.

Результаты

Прежде всего отметим, что все три матрицы парных сравнений выборок для всех трех возрастных групп демонстрируют весьма малые значения чисел k (k — число пар выборок КИ, которые (эти две k) можно отнести к одной генеральной совокупности). Это говорит о потере однородности выборок КИ в группе, хотя группы подбирались из биологически похожих испытуемых (возраст, пол, время жизни на Севере РФ). Во всех трех матрицах $k < 20$ % для всех 105 пар сравнения в каждой матрице (см. табл. 2 для $\langle T_1 \rangle$). Одновременно для каждого испытуемого из младшей возрастной группы мы строили матрицы (см. табл. 1 как пример) парных сравнений выборок КИ после 15 регистраций выборок КИ (для каждого испытуемого в неизменном гомеостазе).

Все 15 матриц показали значения $k_1 < 15$. Во многих случаях это k_1 было существенно меньше k_2 (для всей группы), что доказывает справедливость эффекта Еськова — Филатовой (см. табл. 2 для всей группы). В этом случае отдельный человек (табл. 1) менее статистически подобен ($k_1 = 9$) самому себе (при повторных регистрациях в неизменном гомеостазе), чем группа разных людей ($k_2 = 14$) при сравнении между собой. Эффект Еськова — Филатовой сейчас пока еще не нашел объяснения в экологии человека, но он отчетливо демонстрируется в виде табл. 2 (характерная матрица парных сравнений выборок КИ одного испытуемого), где $k_2 > k_1$.

В группе младшего возраста, $\langle T_1 \rangle = 27$ лет, мы получили число $k_2 = 14$, то есть это очень небольшая величина. Для 2-й матрицы ($\langle T_2 \rangle = 43$ года) имеем $k_3 = 15$ и, наконец, для 3-й матрицы ($\langle T_3 \rangle = 57$ лет) мы имеем $k_4 = 9$. Таким образом, наибольший хаос (его степень оценивается числом $X = 105 - k_3 = 96$) выборок КИ мы имеем для старшей возрастной группы, где $k_4 = 9$ имеет минимальное значение. Остальные 96 пар вообще не имеют общих генеральных совокупностей, то есть почти все выборки КИ этой возрастной группы демонстрируют почти полную неоднородность. Отметим, что для аборигенов (женщин ханты) имеется иная зависимость (k может нарастать с возрастом), а у пришлого населения хаос (точнее доля хаоса) в конце периода работы (по завершении трудовой деятельности) нарастает до 96 %, а доля стохастики падает от 14–15 до 9 % от общего числа пар сравнения.

Для иллюстрации сказанному мы представляем характерную матрицу парных сравнений выборок КИ для младшей возрастной группы в табл. 2. Здесь мы имеем всего $k_2 = 14$ ($k_2 > k_1$) пар выборок КИ, которые имеют одну общую генеральную совокупность.

Таблица 1

Статистическое попарное сравнение 15 выборок кардиоинтервалов параметров сердечно-сосудистой системы испытуемой младшей возрастной группы женщин пришлого населения в спокойном состоянии с помощью непараметрического критерия Вилкоксона (число повторов $N = 15$), число совпадений $k_1 = 9$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,00		0,03	0,87	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,03		0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	0,00	0,87	0,05		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,02	0,00	0,00		0,13	0,01	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13		0,00	0,00	0,07	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00		0,00	0,15	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00		0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,15	0,00		0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	0,00	0,03	0,00	0,06	0,00	0,01	0,02	0,01	0,14		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,52	0,00
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,52		0,00
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

Примечание: жирным шрифтом выделен достигнутый уровень значимости (критическим уровнем принят $p < 0,05$).

Таблица 2

Статистическое попарное сравнение 15 выборок кардиоинтервалов параметров сердечно-сосудистой системы младшей возрастной группы женщин пришлого населения с помощью непараметрического критерия Краскела – Уоллиса, число совпадений $k_2 = 14$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,04		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,00		0,01	0,00	0,00	0,00	0,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	0,00	0,00	0,01		0,45	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,19	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,45		0,01	0,26	0,00	0,08	0,01	0,00	0,00	0,66	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01		0,00	0,00	0,00	0,97	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,26	0,00		0,74	0,00	0,01	0,00	0,00	0,55	0,00	0,00
8	1,00	0,00	0,57	0,00	0,00	0,00	0,74		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00		0,08	0,08	0,00	0,09	0,00	0,00
10	0,00	0,00	0,00	1,00	0,01	0,97	0,01	0,00	0,08		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	1,00
13	0,00	0,00	0,00	0,19	0,66	0,03	0,55	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	

Примечание: жирным шрифтом выделен достигнутый уровень значимости (критическим уровнем принят $p < 0,05$).

Отметим, что в табл. 2 отсутствует статистическое совпадение трех выборок (подряд). Это означает, что почти все эти 14 пар выборок КИ имеют 14 разных генеральных совокупностей [6, 10, 12, 15, 17].

Таким образом, на фоне полной потери однородности выборок КИ (особенно для отдельных испытуемых в ЭФ, см. табл. 1) мы можем говорить сейчас об усилении доли хаоса именно у старшей возрастной группы (по данным матриц парных сравнений выборок). Иная картина у нас наблюдается при сравнении параметров всех трех возрастных групп для КА у КИ для аборигенов (женщин ХМАО). Для женщин ханты с возрастом мы наблюдаем устойчивое и монотонное падение площади КА для КИ до некоторого предельного (асимптотического) значения. Такой асимптотой для ханты будет значение S для КИ у

женщины ханты в возрасте 102 лет, для которой это $S_{\text{пр}} = 3\,400$ у. е. [7, 17].

Очевидно, что для достижения такого возраста (старше 100 лет) приезжим женщинам необходимо иметь не нарастание площади S для КИ (у нас до 26 060 у. е. для $\langle T_3 \rangle = 57$ лет), а неуклонное, монотонное падение S для КА до 3 400 у. е. Однако этого мы не наблюдали для приезжих женщин. Для них характерно нарастание хаоса до $k_1 = 9$, и нарастание площади КА на 15 % относительно 2-й группы (с возрастом $\langle T_2 \rangle = 43$ года). Можно предположить, что такой реверс (обратное нарастание S для КИ) у приезжих связан с появлением ранней патологии ССС, но это требует более детального изучения [5–9, 15–19]. Многократные повторы измерений выборок КИ у каждого испытуемого (у нас по 15 раз

в неизменном гомеостазе) доказывают ЭЕФ (любой испытуемый менее похож на самого себя, чем группа разных людей при сравнении между собой ($k_4 < k_1$)) [8–14]. Подчеркнем, что хаос начинается с неустойчивости в работе нейросетей мозга [4, 14, 19, 21], которые участвуют и в регуляции ССС.

Обсуждение результатов

Детальное изучение возрастных изменений параметров k_2 , k_3 и k_4 для трех возрастных групп (равно как и изучение 15 матриц в виде табл. 1 для отдельных испытуемых) населения Севера РФ (Югры) доказывает, что почти все выборки не однородны. Во всех случаях $k < 20$ %, но стохастика требует, чтобы 95 % выборок статистически совпадали (при однородности). Следовательно, эффект Еськова — Зинченко проявляется и в описании ССС. Более того, с возрастом хаос нарастает, то есть для группы с $\langle T_3 \rangle = 57$ лет только $k_4 = 9$ пар выборок показывают возможность их отнесения к одной генеральной совокупности. При этом все пары этих выборок ($k_4 = 9$) имеют разные генеральные совокупности [6–8, 10–12]. Одновременно и отдельные испытуемые показывают эффект Еськова — Филатовой, когда в режиме повторных измерений мы имеем $k_1 < k_2$ (и других k_3 , k_4). Этот эффект требует детального изучения, а его описание возможно только в рамках компартментно-кластерного подхода [5, 8]. Именно этот подход нам обеспечивает описание неустойчивости выборок параметров кардиореспираторной системы [10, 12, 17].

Расчет параметров КА тоже показывает особую аномалию в динамике изменения площадей S для КА для приезжих женщин. Последняя возрастная группа дает не убывание площади КА, а, наоборот, ее некоторое возрастание. Такая динамика S на возрастание резко отличается от динамики S для аборигенов. Женщины ханты (при нормальном физиологическом старении) дают монотонное снижение S . Идеалом здесь является женщина с возрастом $T = 102$ года, которая демонстрирует минимальную площадь квазиаттрактора $S_{np} = 3\,400$ у. е. Таким образом, увеличение периода работы на Севере требует более тщательного изучения и анализа не только в рамках стохастики (где выборки уникальны), но и в рамках новой теории хаоса-самоорганизации — ТХС [5–11], где имеет место два новых эффекта (ЭЕЗ и ЭЕФ).

Работа выполнена при поддержке государственного задания ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН (Проведение фундаментальных научных исследований (47 ГП) по теме № 0065-2019-0007 «36.20 Развитие методов математического моделирования распределенных систем и соответствующих методов вычисления» (№ AAAA-A19-119011590093-3)).

Авторство

Хадарцева К. А. осуществила расчет матриц парных сравнений выборок, сравнила a_{jk} для группы; Филатов М. А. выполнил регистрацию кардиоинтервалов у групп испытуемых (в режиме повторений); Мельникова Е. Г. выполнила измерение и расчет матриц у каждого человека в режиме $n = 15$ повторений.

Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов.

Хадарцева Кызылгуль Абдурахмановна — ORCID 0000-0001-9539-0301; SPIN 9642-4419

Филатов Михаил Александрович — ORCID 0000-0002-5784-2888; SPIN 4362-0598

Мельникова Екатерина Геннадьевна — ORCID 0000-0002-9795-0971; SPIN 1700-2480

Список литературы

1. Гудков А. Б., Чащин В. П., Дёмин А. В., Попова О. Н. Оценка качества жизни и постурального баланса у женщин старших возрастных групп, продолжающих работу в своей профессии // Медицина труда и промышленная экология. 2019. Т. 59, № 8. С. 473–478. <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-8-473-478>.
2. Дёмин А. В., Гудков А. Б., Грибанов А. В. Особенности постуральной стабильности у мужчин пожилого и старческого возраста // Экология человека. 2010. № 12. С. 50–54.
3. Дерягина Л. Е., Цыганок Т. В., Рувинова Л. Г., Гудков А. Б. Психофизиологические свойства личности и особенности регуляции сердечного ритма под влиянием трудовой деятельности // Медицинская техника. 2001. № 3. С. 40–44.
4. Churchland M. M., Cunningham J. P., Kaufman M. T., Foster J. D., Nuyujukian P., Ryu S. I., Shenoy K. V. Neural population dynamics during reaching // Nature. 2012. Vol. 487. P. 51–56.
5. Eskov V. M., Filatova O. E. Problem of identity of functional states in neuronal networks // Biophysics. 2003. Vol. 48 (3). P. 497–505.
6. 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). P. 24–28.
7. 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). P. 191–197.
8. Eskov V. M., Filatova O. E., Eskov V. V., Gavrilenko T. V. The evolution of the idea of homeostasis: determinism, stochastics and chaos-self-organization // Biophysics. 2017. Vol. 62 (5). P. 809–820.
9. 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). P. 62–71.
10. Filatova O. E., Maistrenko E. V., Boltaev A. V., Gazya G. 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). P. 46–51.
11. Filatova O. E., Bazhenova A. E., Ilyashenko L. K., Grigorieva S. V. Estimation of the parameters for tremograms according to the Eskov-Zinchenko Effect // Biophysics. 2018. Vol. 63 (2). P. 262–267.
12. 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). P. 210–214.
13. Sidorov P. I., Gudkov A. B., Tedder Yu. R. Physiologic aspects of optimization of expedition and shifted working schedules in Transpolar regions // Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya. 1996. Iss. 6. P. 4–7.
14. Sussillo D., Churchland M. M., Kaufman M. T., Shenoy K. V. A neural network that finds a naturalistic solution

for the production of muscle activity // *Nature Neuroscience*. 2015. Vol. 18. P. 1025–1033.

15. 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). P. 462–466.

16. Zilov V. G., Eskov V. M., Khadartsev A. A., Eskov V. V. Experimental confirmation of the effect of “Repetition without repetition” N.A. Bernstein // *Bulletin of experimental biology and medicine*. 2017. Vol. 163 (1). P. 4–8.

17. Zilov V. G., Khadartsev A. A., Eskov V. V., Eskov V. M. Experimental study of statistical stability of cardiointerval samples // *Bulletin of experimental biology and medicine*. 2017. Vol. 164 (2). P. 115–117.

18. 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). P. 415–418.

19. 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). P. 5–9.

20. Zilov V. G., Khadartsev A. A., Eskov V. M., Ilyashenko L. K. New effect in physiology of human nervous muscle system // *Bulletin of experimental biology and medicine*. 2019. Vol. 167 (4). P. 419–423.

21. Zimnik A. J., Lara A. H., Churchland M. M. Perturbation of macaque supplementary motor area produces context-independent changes in the probability of movement initiation // *The Journal of Neuroscience: the Official Journal of the Society For Neuroscience*. 2019. Vol. 39 (17). P. 3217–3233.

References

1. Gudkov A. B., Chashchin V. P., Dyomin A. V., Popova O. N. Assessment of quality of life and postural balance in women of older age groups who continue to work in their profession. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2019, 59 (8), pp. 473–478. <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-8-473-478>. [In Russian]

2. Demin A. V., Gudkov A. B., Gribanov A. V. Features of postural balance in elderly and old men. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2010, 12, pp. 50–54. [In Russian]

3. Deryagina L. E., Tsyganok T. V., Ruvinova L. G., Gudkov A. B. Psychophysiological traits of personality and the specific features of heart rhythm regulation under the influence of occupational activities. *Meditsinskaya tekhnika* [Measurement Techniques]. 2001, 35 (3) pp. 166–170. [In Russian]

4. Churchland M. M., Cunningham J. P., Kaufman M. T., Foster J. D., Nuyujukian P., Ryu S. I., Shenoy K. V. Neural population dynamics during reaching. *Nature*. 2012, 487, pp. 51–56.

5. Eskov V. M., Filatova O. E. Problem of identity of functional states in neuronal networks. *Biophysics*. 2003, 48 (3), pp. 497–505.

6. 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.

7. 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, 6 (3), pp. 191–197.

8. Eskov V. M., Filatova O. E., Eskov V. V., Gavrilenko T. V. The Evolution of the idea of homeostasis: determinism,

stochastics and chaos-self-organization. *Biophysics*. 2017, 62 (5), pp. 809–820.

9. 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, 22 (1), pp. 62–71.

10. Filatova O. E., Maistrenko E. V., Boltaev A. V., Gazya G. 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, 21 (7), pp. 46–51.

11. Filatova O. E., Bazhenova A. E., Ilyashenko L. K., Grigorieva S. V. Estimation of the parameters for tremograms according to the Eskov-Zinchenko effect. *Biophysics*. 2018, 63 (2), pp. 262–267.

12. 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, 52 (3), pp. 210–214.

13. Sidorov P. I., Gudkov A. B., Tedder Yu. R. Physiologic aspects of optimization of expedition and shifted working schedules in Transpolar regions. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 1996, 6, pp. 4–7

14. Sussillo D., Churchland M. M., Kaufman M. T., Shenoy K. V. A neural network that finds a naturalistic solution for the production of muscle activity. *Nature Neuroscience*. 2015, 18, pp. 1025–1033.

15. Vokhmina Y. V., Eskov V. M., Gavrilenko T. V., Filatova O. E. Measuring order parameters based on neural network technologies. *Measurement Techniques*. 2015, 58 (4), pp. 462–466.

16. Zilov V. G., Eskov V. M., Khadartsev A. A., Eskov V. V. Experimental confirmation of the effect of “Repetition without repetition” N.A. Bernstein. *Bulletin of experimental biology and medicine*. 2017, 163 (1), pp. 4–8.

17. Zilov V. G., Khadartsev A. A., Eskov V. V., Eskov V. M. Experimental study of statistical stability of cardiointerval samples. *Bulletin of experimental biology and medicine*. 2017, 164 (2), pp. 115–117.

18. 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, 165 (4), pp. 415–418.

19. 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, 168 (7), pp. 5–9.

20. Zilov V. G., Khadartsev A. A., Eskov V. M., Ilyashenko L. K. New effect in physiology of human nervous muscle system. *Bulletin of experimental biology and medicine*. 2019, 167 (4), pp. 419–423.

21. Zimnik A. J., Lara A. H., Churchland M. M. Perturbation of macaque supplementary motor area produces context-independent changes in the probability of movement initiation. *The Journal of Neuroscience: the Official Journal of the Society for Neuroscience*. 2019, 39 (17), pp. 3217–3233.

Контактная информация:

Филатов Михаил Александрович — доктор биологических наук, профессор кафедры естественных и гуманитарных дисциплин филиала ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет» в г. Сургуте

Адрес: 628404, Ханты-Мансийский автономный округ, г. Сургут, ул. Энтузиастов, д. 38

E-mail: filatovmik@yandex.ru