

СОСТОЯНИЕ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ СПОРТСМЕНОВ ПРИ НАГРУЗКЕ НА СЕВЕРЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

© 2020 г. Ю. В. Башкатова, *М. А. Филатов, Л. С. Шакирова

ФГУ «ФНЦ Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук», г. Сургут;
*ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Филиал ТИУ в г. Сургуте, г. Сургут

Занятие спортом на Севере Российской Федерации (РФ) имеет существенные особенности, которые еще только предстоит изучить в рамках экологии человека. Особое значение имеют исследования, связанные с дозированными нагрузками. *Цель* настоящего исследования – изучить состояние парасимпатической и симпатической вегетативной нервной системы спортсменов в аспекте регуляции работы сердца в условиях дозированной нагрузки. *Методы*: согласно принципам Хельсинкской декларации исследования проводились в группе из 16 спортсменов с регистрацией 14 параметров сердечно-сосудистой системы с помощью прибора «Элокс-01», производился расчет параметров квазиаттракторов для пятимерного фазового пространства. *Результаты*. До нагрузки (1,5 часа игры в мини-футбол) показатель парасимпатической регуляции (PAR) преобладал почти в 9 раз (16 у. е.) над симпатической (SIM) (1,75 у. е.). После нагрузки эти показатели сравнялись, но объемы квазиаттракторов увеличились почти в 29 раз. *Выводы*. Спортсмены на Севере РФ даже после нагрузки не могут существенно инвертировать состояние SIM и PAR. Нагрузка только выравнивает эти показатели, но при этом резко нарастает объем квазиаттрактора в пятимерном фазовом пространстве состояний диагностических признаков сердечно-сосудистой системы спортсменов. Такая динамика резко отличается от динамики спортсменов средней полосы РФ, где SIM уже исходно преобладает над PAR.

Ключевые слова: эффект Еськова – Зинченко, спортсмены, сердечно-сосудистая система, квазиаттракторы, физическая нагрузка, фазовое пространство состояний

STATE OF ATHLETES' CARDIOVASCULAR SYSTEM UNDER PHYSICAL LOAD IN THE RUSSIAN NORTH

Yu. V. Bashkatova, *M. A. Filatov, L. S. Shakirova

Federal Research Center for Scientific Research Institute of System Research of the Russian Academy of Sciences, Surgut; *Tyumen Industrial University in Surgut, Surgut, Russia

Athletics in the North of the Russian Federation has significant features that are to be studied within the framework of human ecology. In this case, of particular importance are studies that are associated with controlled physical activity. The aim was to study the state of the parasympathetic and sympathetic autonomic nervous system of athletes regulating heart functioning under controlled physical activity. Methods: Data collection was performed on a group of 16 athletes according to the Helsinki Declaration. In total, 14 parameters of the cardiovascular system were recorded using the "Elox-01" and the parameters of quasi-attractors were calculated for the five-dimensional phase space. Results. Before the load (1,5 hours of playing mini-football), the indicator of parasympathetic (PAR) regulation prevailed almost 9 times (PAR = 16 c.u.) over the sympathetic (SIM) regulation (SIM = 1,75 c.u.). After the load, these indices became equal, but the volumes of quasi-attractors increased by 29 times. Conclusions. Athletes in the North of the Russian Federation can't significantly invert the state of SIM and PAR even after the load. The load only levels these indicators, but at the same time the volume of the quasi-attractor in the five-dimensional phase space of the states of diagnostic signs of the cardiovascular system of athletes increases. Such dynamic differs from the dynamics of the athletes of the Central Part of the Russian Federation, where the SIM indicator initially prevails over the PAR indicator.

Key words: the effect of Eskov-Zinchenko, athletes, cardiovascular system, quasi-attractors, physical loads, phase space of states

Библиографическая ссылка:

Башкатова Ю. В., Филатов М. А., Шакирова Л. С. Состояние сердечно-сосудистой системы спортсменов при нагрузке на Севере Российской Федерации // Экология человека. 2020. № 6. С. 41–45.

For citing:

Bashkatova Yu. V., Filatov M. A., Shakirova L. S. State of Athletes' Cardiovascular System under Physical Load in the Russian North. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2020, 6, pp. 41-45.

Занятие спортом для жителей Севера Российской Федерации (РФ) имеет решающее значение в аспекте качества и продолжительности жизни в целом [2]. Проживание в Ханты-Мансийском автономном округе (ХМАО) — Югре обычно сопровождается гипокинезией у большинства жителей округа, а перед спортом больших достижений возникают серьезные трудности из-за преобладания парасимпатической регуляции

(параметр PAR в наших измерениях) вегетативной нервной системы (ВНС) над симпатической (SIM). При массовых обследованиях жителей Самарской области мы установили, что до 70 % (из 2000 обследованных разных возрастов) населения представляют преобладание SIM над PAR (или хотя бы дают равенство этих показателей) [3, 5–7].

Совершенно иная картина у жителей Севера РФ

(у нас это ХМАО — Югра). Здесь часто в возрасте до 50 лет преобладает (у 90 % населения) показатель PAR и только в старшей возрастной группе показатель SIM достигает 30–40 % от числа обследованных. Известно, что в физиологии более младшего возраста (до 30 лет) обычно наблюдается преобладание вагусной регуляции ВНС, а с возрастом начинает превалировать и симпатическая ВНС. При этом SIM в старших возрастных группах (после 50 лет) для жителей ханты (как и для всех жителей средней полосы РФ) превалирует, что не характерно для прошлого населения Югры [14–16] в любом возрасте, включая и старшую возрастную группу [5–7, 16]. Отметим, что ряд авторов указывает на возможность неперiodической (неустойчивой) регуляции в работе функциональных систем [1, 4–6], поэтому мы использовали новые методы теории хаоса — самоорганизации (ТХС) [9–11].

Возникает закономерный вопрос: могут ли лица с выраженной вагусной регуляцией ВНС претендовать на высокий результат в аспекте долгожительства? Могут ли они сравниваться по показателям со спортсменами средней полосы РФ, у которых параметры SIM более выражены, чем параметры PAR? Цель нашего исследования — изучить динамику SIM и PAR у спортсменов Югры при условии существенных физических нагрузок и в условиях спокойного состояния (до нагрузки) с позиций статистики и новых методов ТХС [12–15].

Методы

Согласно принципам Хельсинкской декларации исследования проводились в группе из 16 испытуемых (средний возраст 27 лет) с помощью прибора «Элокс-01». Регистрация кардиоинтервалов (КИ) производилась за период 5 минут, то есть число КИ в каждой выборке было не менее 300. Особое внимание обращалось на следующие параметры сердечно-сосудистой системы: показатель состояния парасимпатической ВНС — x_1 — PAR, показатель состояния симпатической ВНС — x_2 — SIM, величина КИ — x_3 , индекс напряжения Баевского — x_4 , уровень оксигемоглобина — x_5 — SPO_2 . Эти пять параметров образовывали пятимерное фазовое пространство состояний (ФПС), которое описывалось вектором состояния организма $x = x(t) = (x_1, x_2, \dots, x_5)^T$ [8, 10–12, 16]. Движение этого вектора $x(t)$ ограничивалось объемом V_G ФПС в виде квазиаттрактора (КА). Объем V_G находился из вариационных размахов Δx_i по каждой координате x_i в ФПС, то есть $V_G = \Pi \Delta x_i$. Кроме объема КА V_G находились координаты центра КА в этом пятимерном ФПС и межаттракторные расстояния при переходе организма из одного физического состояния в другое (от покоя до нагрузки). Находилось соотношение V_{G1} и V_{G2} и межаттракторное расстояние $Z_{1,2}$ [16–20].

Результаты

Состояния параметров сердечно-сосудистой системы (ССС) спортсменов Севера РФ существенно

отличается от параметров СССР спортсменов средней полосы. В наших исследованиях это проявляется в том, что в покое ни один из 16 испытуемых не оказался выраженным симпатотоником. Все 16 человек были выраженными парасимпатотониками, и по всей группе среднее значение PAR было почти в 10 раз больше, чем значение SIM. В частности, среднее значение $\langle PAR \rangle = \langle x_1 \rangle = (16 \pm 3)$ у. е., а $\langle SIM \rangle = \langle x_2 \rangle = (1,75 \pm 0,6)$ у. е. Подчеркнем, что в средней полосе РФ эти показатели обычно соотносятся в равных долях (50/50 %) для данной возрастной группы как для спортсменов, так и для всего населения России.

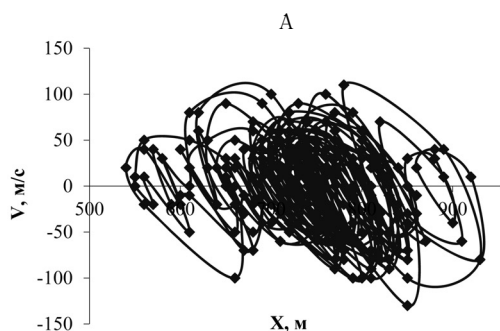
Индекс Баевского до нагрузки у нас составил $(25,5 \pm 5,4)$ у. е., что согласуется с таковым для средней полосы (там он несколько ниже). Кардиоинтервалы существенно не отличаются до нагрузки от параметров КИ для средней полосы РФ. Интересно, что оксигенация крови у наших испытуемых была несколько повышена ($SPO_2 = x_5 = (97,00 \pm 0,94)$ %). Для средней полосы РФ такие результаты наблюдаются у обычных людей, которые не занимаются спортом профессионально (отсутствует регулярная физическая нагрузка).

Подчеркнем, что существенная физическая нагрузка (около 1,5 часа занятия мини-футболом) резко изменила указанные значения. Например, средние значения $\langle SIM \rangle = (8,2 \pm 0,9)$ у. е. после нагрузки, а $\langle PAR \rangle = (7,9 \pm 1,9)$ у. е. Фактически мы имеем почти полное совпадение значений SIM и PAR после этой нагрузки. Это не характерно для средней полосы, где SIM всегда превалирует над PAR после таких физических нагрузок. С другой стороны, оксигенация крови даже несколько уменьшилась — до $\langle x_5 \rangle = (96 \pm 1)$ %.

Длительная физическая нагрузка у спортсменов привела к увеличению параметра SIM почти в 5 раз — с $(1,75 \pm 0,6)$ до $(8,2 \pm 0,9)$ у. е., и почти в 4 раза увеличился индекс Баевского — с $(25,5 \pm 5,4)$ до $(107,9 \pm 4,4)$ у. е. после нагрузки. Однако в любом случае состояние симпатической ВНС оценивается как очень слабо выраженное (низкие параметры). При этом объем КА V_G в пятимерном ФПС признаков x_i (см. выше) резко нарастает — от $V_{G1} = 0,37 \cdot 10^6$ у. е. перед нагрузкой до $V_{G2} = 10,8 \cdot 10^6$ у. е. после полуторачасовой тренировки по мини-футболу.

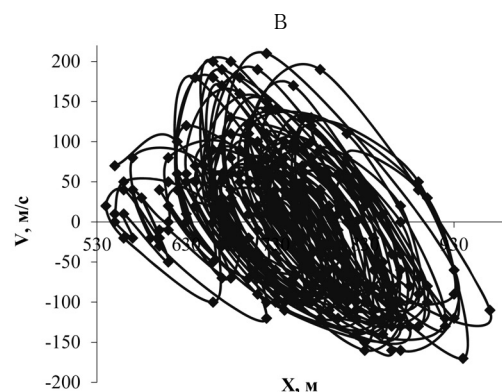
Характерно, что не только объем КА V_G увеличился почти в 29 раз, но и существенно возросло межаттракторное расстояние. Например, в пятимерном ФПС это расстояние Z составило 53,8 у. е. Причем по всем координатам x_i мы видим существенные изменения координат центров КА (только SPO_2 не дает больших изменений). Для первой фазовой координаты x_{s1} — значения КИ и второй фазовой координаты $x_{s2} = dx_{s1}$ мы имеем разные площади квазиаттракторов КИ (рисунок).

До нагрузки площадь КА для КИ (представлено в табл. 1) для такого двумерного вектора $x_s = (x_{s1}, x_{s2})^T$ имела среднее значение по всей группе $\bar{S}_{s1} = 0,072 \cdot$



$$S_1 = 0,150 \cdot 10^6 \text{ y. e.}$$

Фазовые портреты параметров квазиаттракторов (S) для кардиоинтервалов (КИ) спортсмена ХРГ: А — до физической нагрузки; В — после нагрузки



$$S_2 = 0,194 \cdot 10^6 \text{ y. e.}$$

10⁶ у. е. После указанной физической нагрузки мы получили $S_2 = 0,113 \cdot 10^6$ у. е. Эта динамика площади КА для КИ представлена на рисунке в виде двух фазовых портретов (см. рисунок А — до нагрузки S_1 и В — после нагрузки S_2). Фактически мы имеем в среднем кратные изменения объемов V_G и площади S_s для КИ, что в новой ТХС можно трактовать [3, 10–13] как эволюционные изменения в состоянии функциональной системы организма (ФСО) человека на примере состояния ССС [9, 12–15].

Таблица 1
Значение площадей S квазиаттракторов для кардиоинтервалов (КИ) группы спортсменов

Испытуемый	Спортсмены	
	До нагрузки	После нагрузки
	$S \cdot 10^6$, у. е.	$S \cdot 10^6$, у. е.
1	0,112	0,181
2	0,034	0,058
3	0,123	0,133
4	0,150	0,194
5	0,032	0,039
6	0,025	0,037
7	0,018	0,022
8	0,013	0,039
9	0,059	0,062
10	0,030	0,203
11	0,182	0,240
12	0,041	0,068
13	0,078	0,105
14	0,066	0,132
15	0,030	0,067
16	0,152	0,235
<i>Х ср.</i>	0,072	0,113
$Me \cdot 10^6$	0,050	0,086
$5 \% \cdot 10^6$	0,013	0,022
$95 \% \cdot 10^6$	0,182	0,240
D	0,003	0,006

Напомним, что эволюция ФСО отличается от статистической неустойчивости, то есть неопределенности 2-го типа в ТХС тем, что объем (площадь) КА может изменяться в 2 раза и более или когда центр 2-го КА² покидает пределы (объем) исходного, 1-го КА¹. Именно такую картину мы и наблюдаем и с объемом КА, и с движением КА в пятимерном ФПС. Отметим, что в ТХС это доказывается не только для параметров ВНС, но и для нервно-мышечной системы [11–16] и нейросетей мозга [7, 8, 12, 19, 20].

Исследуемая физическая динамическая нагрузка в группе наших спортсменов вызывает существенные изменения и объемов V_G в пятимерном ФПС, и существенные изменения в значениях площадей для КА при изучении КИ. В табл. 1 мы представляем результаты расчета площади КА для КИ у группы спортсменов до нагрузки и после нагрузки (рисунок представляет типичную картину таких изменений S для КИ у одного, наиболее типичного, испытуемого) [6–10, 12–16].

В целом расчет V_G , S и межаттракторных расстояний существенно дополняет обычные статистические расчеты (тем более что вся наша группа показала низкие значения числа k пар, которые имеют общую генеральную совокупность). Для примера мы представляем результаты попарного сравнения всех 16 выборок КИ (для всех 16 испытуемых) до физической нагрузки. В этом случае $k_1 = 24$, а после нагрузки мы имеем $k_2 = 26$ для всех 16 испытуемых (см. табл. 2).

Таблицы вида табл. 1 доказывают реальность эффекта Еськова — Зинченко [3, 10–13]. Они доказывают, что статистика в оценке параметров ССС весьма неэффективна и требуются другие методы и модели в оценке влияния физических нагрузок на параметры ССС в условиях Севера РФ. Сейчас эти методы мы предлагаем на основе ТХС, где главную роль играет хаос (неустойчивость) выборок параметров организма. Для нервно-мышечной системы это сейчас доказывают и ряд других авторов [5, 6].

Таблица 2

Уровни значимости статистических различий (p) для попарных сравнений 16 выборок параметров кардиоинтервалов группы спортсменов до физической нагрузки с помощью непараметрического критерия Ньюмана – Кейлса, число совпадений $k = 24$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1		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	0,00
2	0,00		1,00	0,02	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,11	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,00	1,00		0,13	0,00	0,00	0,00	0,27	0,00	0,02	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	0,00	0,02	0,13		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	1,00	0,00
5	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	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,08	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,20	1,00	0,00	1,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08		0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
8	0,00	1,00	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	1,00	0,02	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,07	0,00		0,00	0,00	0,00	0,23	1,00	0,00	1,00
10	0,00	0,11	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00		0,35	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,35		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12	0,00	1,00	1,00	0,02	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,13	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00
13	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,23	0,00	0,00	0,00		1,00	0,00	0,00
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00		0,00	0,01
15	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00
16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	

Обсуждение результатов

Анализ пяти параметров ССС у группы спортсменов на Севере РФ при длительных физических нагрузках показал, что статистика позволяет различать выборки SIM, PAR, INB (индекс Баевского) и т. д., но сами эти параметры существенно отличаются от динамики изменения ССС у спортсменов средней полосы РФ. Вся группа показала в спокойном состоянии существенное превышение тонуса парасимпатической ВНС (PAR) над параметрами состояния симпатической ВНС (SIM). Это не характерно для спортсменов средней полосы РФ.

Полуторачасовая нагрузка только приблизительно уравнивала эти показатели, т. е. $SIM \approx PAR$. Это крайне негативный результат, т. к. традиционно считается, что у спортсменов средней полосы всегда такие воздействия приводят к превышению SIM над PAR (обычно кратно, в 1,5–2 раза). Спортсмены Севера РФ показывают иные результаты под действием физической нагрузки. Возникает закономерный вопрос: могут ли спортсмены Севера РФ равняться со спортсменами средней полосы РФ?

Одновременно наиболее значительные изменения происходят в параметрах КА. Например, в пятимерном ФПС мы имеем увеличения V_G КА почти 29 раз. При этом существенно нарастает и межаттракторное расстояние Z до и после нагрузки. В динамике поведения КА для КИ имеются существенные результаты, которые отличаются от исходных статистических сравнений. Одновременно расчет матриц парных сравнений всех 16 выборок КИ показывает низкие значения чисел пар k , которые можно отнести к одной генеральной совокупности.

Таким образом, результаты доказывают реальность эффекта Еськова – Зинченко и демонстрируют

низкую эффективность традиционных статистических методов в экологии человека.

Работа выполнена в рамках 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», № АААА-А19-119011590093-3).

Авторство

Башкатова Ю. В. провела измерение кардиоинтервалов у группы испытуемых; Филатов М. А. выполнил математическое обоснование расчета матриц парных сравнений выборок, а также обосновал методы расчета квазиаттракторов для оценки гомеостаза при физической нагрузке; Шакирова Л. С. осуществила построение фазовых портретов.

Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов.

Башкатова Юлия Владимировна — ORCID 0000-0002-5862-3417; SPIN 8991-6566

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

Шакирова Лилия Салаватовна — ORCID 0000-0003-2938-3108; SPIN 9004-3343

Список литературы / References

1. 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.

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

2. Долгобородова А. А., Гудков А. Б., Быков А. В., Дёмин А. В. Характеристика психологического компонента

функциональной подготовленности игроков сборной России по флорболу в динамике игрового сезона // Теория и практика физической культуры. 2019. № 4. С. 80–82.

Dolgoborodova A. A., Gudkov A. B., Bykov A. V., Demin A. V. Mental fitness component of functional fitness: seasonal variations in Russian national floorball team. *Teoriya i praktika fizicheskoi kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture]. 2019, 4, pp. 80–82. [In Russian]

3. Леонов Б. И., Григоренко В. В., Еськов В. М., Хадарцев А. А., Ильяшенко Л. К. Автоматизация диагностики возрастных изменений параметров сердечно-сосудистой системы // Медицинская техника. 2018. № 3 (309). С. 48–51.

Leonov B. I., Grigorenko V. V., Eskov V. M., Khadartsev A. A., Ilyashenko L. K. Automation of diagnostics of age-related changes in the parameters of the cardiovascular system. *Meditssinskaya tekhnika* [Biomedical Engineering]. 2018, 3 (309), pp. 48–51. [In Russian]

4. Нифонтова О. Л., Гудков А. Б., Щербакова А. Э. Характеристика параметров ритма сердца у детей коренного населения Ханты-Мансийского автономного округа // Экология человека. 2007. № 11. С. 41–44.

Nifontova O. L., Gudkov A. B., Shcherbakova A. E. Description of parameters of cardiac rhythm in indigenous children in Khanty-Mansiysky autonomous area. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2007, 11, pp. 41–44. [In Russian]

5. Albert S. T., Hadjiosif A. M., Jang J., Zimnik A. J., Soteropoulos D. S., Baker S. N., Churchland M. M., Krakauer J. W., Shadmehr R. Postural control of arm and fingers through integration of movement commands. *Elife*. 2020, 9, p. e52507.

6. 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.

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

8. Eskov V. M., Eskov V. V., Filatova O. E., Khadartsev A. A., Sinenko D. V. Neurocomputing identification of the order parameter in gerontology. *Advances in gerontology*. 2015, 28 (3), pp. 435–440.

9. Eskov V. M., Pyatin V. F., Eskov V. V., Ilyashenko L. K. The heuristic work of the brain and artificial neural networks. *Biophysics*. 2019, 64 (2), pp. 293–299.

10. 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, 74 (1), pp. 57–63.

11. 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, 63 (2), pp. 262–267.

12. Gavrilenko T. V., Eskov V. M., Khadartsev A. A., Sokolova A. A. New methods for gerontology in the longevity projections of the indigenous population of Ugra. *Advances in gerontology*. 2014, 27 (1), pp. 30–36.

13. 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.

14. Kolosova A. I., Filatov M. A., Maistrenko E. V., Ilyashenko L. K. An analysis of the attention indices in students from Surgut and Samara oblast from the standpoint of stochastics and chaos. *Biophysics*. 2019, 64 (4), pp. 662–666.

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.

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