

ХОЛОДОВЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СЕВЕРЕ РОССИИ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ДВИГАТЕЛЬНУЮ АКТИВНОСТЬ МУЖЧИН

© 2019 г. ¹В. М. Еськов, ²А. Е. Баженова, ³Л. К. Иляшенко, ²С. В. Григорьева

¹ФГУ «ФНЦ Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук».

Обособленное подразделение «ФНЦ НИИСИ РАН» в г. Сургуте; ²БУ ВО ХМАО – Югры «Сургутский государственный университет», Институт естественных и технических наук, г. Сургут;

³Филиал ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», г. Сургут

В условиях Севера России холодовой фактор имеет важнейшее значение, а его исследование составляет существенный раздел экологии человека. *Цель* исследования: оценка влияния холодового стресса на параметры непроизвольных движений – тремора у мужчин с различной физической подготовленностью. *Метод*. Применен метод расчета параметров квазиаттракторов для оценки гомеостаза при стресс-воздействии холодом. Для количественного определения изменений параметров нервно-мышечной системы человека в условиях холодового воздействия выполнен анализ состояния биомеханической системы на основе оценки площади квазиаттракторов. Производился анализ на основе сравнения площадей квазиаттракторов мужчин с различной физической подготовкой. *Результаты*. Площади квазиаттракторов демонстрировали различия значений до и после локального холодового воздействия. После локального холодового воздействия площадь квазиаттракторов испытуемого-неспортсмена увеличивается в 2,7 раза, испытуемого-спортсмена – в 1,8 раза. Имеются различия распределения площадей квазиаттракторов испытуемых в зависимости от их спортивной подготовки: у неспортсмена распределение площадей ненормальное, у спортсмена (доля стохастики больше) – нормальное. При этом матрицы парных сравнений выборок треморограмм показывают не более 4–5 % совпадения пар сравнения, а возможность получения подряд двух одинаковых выборок треморограмм не превышает вероятность $p < 0,01$ (и менее, в зависимости от испытуемого). *Выводы*. Локальное холодовое воздействие приводит к трехкратному увеличению числа пар совпадений выборок треморограмм у мужчин независимо от их физической подготовки. Прослеживается динамика увеличения площадей квазиаттракторов после локального холодового воздействия, что зависит от спортивной подготовки испытуемого.

Ключевые слова: тремор, квазиаттрактор, холодовое воздействие, эффект Еськова – Зинченко

EFFECT OF COLD ON INVOLUNTARY MOVEMENTS IN MEN WITH DIFFERENT LEVELS OF PHYSICAL FITNESS IN THE RUSSIAN NORTH

¹V. M. Eskov, ²A. E. Bazhenova, ³L. K. Ilyashenko, ²S. V. Grigorieva

¹Federal Science Center Scientific-research Institute for System Studies of the Russian Academy of Sciences, Surgut;

²Surgut State University, Institute of Natural and Technical Sciences, Surgut;

³Tyumen Industrial University, Surgut Branch, Surgut, Russia

Cold is a common environmental factor for the population of the Russian North. *The aim* of the study was to assess the effect of cold stress on involuntary movements (tremor) in men with different levels of physical fitness. The paper presents a new *method* for calculation of quasiattractor parameters for estimation of biomechanical homeostasis in two dimensions. Biomechanical analysis according to quasiattractors parameters was realized as a numerical measure of neuro-muscular functional system parameters under the stress-perturbation. We calculate the quasiattractor's squares for men with different levels of physical fitness. We obtained the following results: calculation of quasiattractors square demonstrates the difference of homeostasis between before and after local exposure to cold. After the exposure we registered a 2.7 times- and 1.8 times increase of quasiattractors square among sportsmen and sportsmen, respectively. There were also differences between the distribution of quasiattractors across levels of physical training: for sportsmen we observed a normal distribution while and for non-sportsmen the distribution was not normal. The matrix of pairwise comparison of samples demonstrate the probability $p < 0,01$ for two identical samples of tremorograms. *Conclusions*. A local cold exposure results in a nearly 3-fold increase in the number of pairs of k coincidences of the tremorogram samples for men. We also found the dynamics of increasing areas of quasi-attractors after a local cold impact, which depends on the physical training of the subject.

Key words: tremor, quasiattractor, cooling, Eskov-Zinchenko effect

Библиографическая ссылка:

Еськов В. М., Баженова А. Е., Иляшенко Л. К., Григорьева С. В. Холодовые воздействия на Севере России и их влияние на двигательную активность мужчин // Экология человека. 2019. № 6. С. 39–44.

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. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2019, 6, pp. 39-44.

Одним из главных экологических факторов, действующих на жителей Севера, является локальное и общее охлаждение [1, 2]. Особенно это проявляется в производственных условиях (работа на открытом воздухе) [7]. Воздействие любых неблагоприятных

климатогеографических факторов оказывает негативное влияние на качество жизни и здоровья каждого жителя Ханты-Мансийского автономного округа – Югры [3–5]. Для этих факторов характерна хаотическая динамика изменения параметров среды

обитания, например резкое изменение атмосферного давления, влажности и температуры атмосферного воздуха [18, 19].

Адаптационные способности организма к условиям низких температурных режимов существенно зависят от степени физической подготовленности (тренированности). Безусловно, это является индивидуальной особенностью каждого человека, но их оценка в рамках стохастики весьма затруднительна [14, 15]. Состояние нервно-мышечной системы (НМС) человека при гипотермальных воздействиях представляет особый интерес в рамках теории хаоса – самоорганизации (ТХС). В наших исследованиях выполнялся анализ параметров НМС человека, который характеризует изменения именно у мужчин при локальном холодовом воздействии. Более того, вся ТХС разрабатывается сейчас именно для индивидуальной медицины и физиологии (спорта) [6, 8, 11–16, 18, 19].

Методы

Обследовалась группа мужчин, проживающих на территории округа не менее пяти лет. Средний возраст обследуемых 28 лет. В зависимости от степени физической активности были сформированы две группы мужчин по 12 человек. В первую группу отнесли мужчин, занимающихся физическими упражнениями нерегулярно (неспортсмены), менее трех раз в неделю. Во вторую вошли мужчины, профессионально занимающиеся спортом (спортсмены), имеющие спортивную квалификацию не ниже 1-го взрослого разряда и продолжающие заниматься систематически физическими упражнениями более трех раз в неделю.

Постуральный тремор (микродвижения верхних конечностей) регистрировался с помощью измерительного комплекса на базе токовихревых датчиков и металлической пластины, которая жестко крепится к пальцу испытуемого. Данный измерительный комплекс был уже ранее описан нами [13–15], поэтому отметим только, что он имеет высокую точность регистрации движений (погрешность измерения координаты $x_1(t)$ не менее 0,01 мм, а частотный диапазон охватывает от 0 до 1 000 Гц включительно). Период T квантования регистрируемых ТМГ $T = 0,01$ с (с помощью аналогово-цифрового преобразователя). В каждом файле ТМГ мы имеем не менее 500 точек для первой фазовой координаты $x_1(t)$ – положение пальца по отношению к датчику.

По зарегистрированной в РОСАПО программе (№ 2016617606) мы рассчитывали скорость изменения $x_1(t)$ в виде $x_2(t) = dx_1/dt$ и строили фазовые портреты в координатах вектора $x(t) = (x_1, x_2)^T$ для всех ТМГ, полученных в каждом измерении. Всего для каждого испытуемого, находящегося в одном (неизменном) состоянии (гомеостазе), мы строили 225 фазовых портретов для 15 серий экспериментов с 15 повторами регистрации выборок ТМГ в каждой серии (по 500 точек в каждой такой выборке ТМГ для

одного испытуемого). Испытуемые удерживали палец в пределах заданной области (точки по отношению к датчику), контролируя положение пальца. Каждый испытуемый проходил 15 серий экспериментов ($N = 15$), в каждой из которых регистрация тремора проводилась 15 раз ($n = 15$) в спокойном состоянии и аналогично ($N = 15, n = 15$) после локального холодового воздействия (испытуемый погружал кисть в емкость с водой при температуре $T \approx 4$ °C). Этими повторами мы проверили эффект Еськова – Зинченко, который основан на отсутствии статистической устойчивости выборок ТМГ [3–6, 14–19], которые регистрируются подряд у одного испытуемого в неизменном гомеостазе НМС.

Статистическая обработка данных осуществлялась при помощи программного пакета Statistica 10. Анализ соответствия вида распределения полученных данных закону нормального распределения производился на основе вычисления критерия Шапиро – Уилка. При использовании непараметрического парного сравнения ТМГ с помощью критерия Вилкоксона были построены 15 таблиц для каждого испытуемого в спокойном состоянии и 15 таблиц после локального холодового воздействия (для каждого из этих двух групп по 12 человек).

Результаты

Обработка данных и регистрация тремора конечности испытуемых одновременно проводилась на ЭВМ с использованием программы Charts3. Благодаря запатентованному программному продукту удалось построить фазовые плоскости и рассчитать площади квазиаттракторов (КА). Затем было произведено попарное сравнение отрезков ТМГ для каждой выборки ТМГ испытуемого на предмет принадлежности каждой из этих пар выборок к общей (для каждой пары отдельной) генеральной совокупности (у одного и того же испытуемого) [12–19].

При использовании непараметрического парного сравнения с помощью критерия Вилкоксона были получены всего 30 таблиц для каждого испытуемого, в которых представлены результаты расчета матриц (15×15) парного сравнения ТМГ ($N = 15, n = 15$). Динамика произвольных микродвижений конечностей (тремор пальцев рук), как реакция на стресс-воздействие (охлаждение), проявлялась в изменении числа (k) совпадений произвольных пар выборок, которые (пары) можно отнести к одной генеральной совокупности [11–16]. В нашей работе представлены числа совпадений произвольных пар выборок (k) для двух испытуемых (неспортсмена и спортсмена), как характерный пример, в спокойном состоянии (k_1) и после локального холодового воздействия (k_2) в виде табл. 1 и табл. 2. Число k увеличивается с $k_1 = 2$ совпадений в спокойном состоянии до $k_2 = 6$ совпадений после локального холодового воздействия у испытуемого АИА (спортсмен). У спортсмена соответственно имеем изменение k с $k_3 = 3$ до $k_4 = 10$ для испытуемого БДК. Таким образом, локальное

холодовое воздействие приводит приблизительно к трехкратному увеличению числа пар совпадений у мужчин, независимо от их физической подготовки, но физическая подготовка влияет и на k_1 , и на k_2 .

Новая методика расчета матриц парных сравнений выборок позволяет оценить влияние локального холодового воздействия на НМС. Одновременно различие в k позволяет диагностировать гомеостаз НМС у спортсмена и неспортсмена. Расчет площадей S квазиаттракторов – КА тоже демонстрирует увеличение (S_2 по отношению к S_1 и S_4 по отношению

к S_3) площади КА при холодном стрессе. Но эти различия более существенные и значимые, чем расчет матриц парных сравнений выборок. При этом различие фиксируется уже по единичным выборкам и для каждого испытуемого в отдельности. Последнее необходимо для развития индивидуализированной медицины. Обращаем внимание, что в табл. 1, 2 отсутствуют пары, для которых совпадают соседние выборки ТМГ, т. е. когда статистические функции $f(x)$ могут показывать $f_j(x_i) = f_{j+1}(x_i)$.

Действительно, в рамках ТХС нами постро-

Таблица 1

Матрица парного сравнения выборок треморограмм испытуемого АИА (спортсмен) до локального холодового воздействия (использовался критерий Вилкоксона, значимость $p < 0,05$, число совпадений $k_1 = 2$)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0,00	0,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17
2	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
3	0,88	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
4	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
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
6	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
7	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
8	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
9	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
10	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
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		0,00	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	0,17	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	

Таблица 2

Матрица парного сравнения выборок треморограмм испытуемого АИА (спортсмен) после локального холодового воздействия (использовался критерий Вилкоксона, значимость $p < 0,05$, число совпадений $k_2 = 6$)

	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	0,67	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00	0,34
2	0,00		0,00	0,02	0,01	0,00	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	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
4	0,00	0,02	0,00		0,00	0,00	0,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,01	0,00	0,00		0,00	0,10	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		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	0,00	0,15	0,00	0,99	0,10	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	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
9	0,67	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
10	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
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	0,15	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
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		0,00	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	0,34	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	

ены фазовые плоскости [6 – 8] для всех 15 выборок ($n = 15$) из всех 15 серий ($N = 15$) экспериментов для каждого испытуемого до и после локального холодого воздействия. Для КА были рассчитаны площади S , которые находились как произведение двух вариационных размахов фазовых координат Δx_1 и Δx_2 , т. е. $S = \Delta x_1 \times \Delta x_2$. При этом вектор $x(t) = (x_1, x_2)^T$ совершал хаотические движения в пределах этих КА (их S).

Анализ всех полученных значений площади КА в виде S (как количественной модели гомеостаза НМС) представляет схожую картину в виде параметров КА испытуемых. Это показано на двух примерах (но сходная картина у всех испытуемых): неспортсмена БДК и спортсмена АИА (как типовых). В табл. 3 представлены значения S выборок ТМГ испытуемых БДК и АИА для одной из серий эксперимента: до и после локального холодого воздействия как для спортсмена, так и для неспортсмена. Уже в первом приближении S для КА демонстрировали различия значений до и после локального холодого воздействия. При расчете среднего значения площадей КА ($\langle S \rangle$) были получены следующие данные: среднее значение площади КА $\langle S_1 \rangle$ испытуемого БДК до локального холодого воздействия равно $0,79 \times 10^{-6}$ у. е., а после $\langle S_2 \rangle = 2,18 \times 10^{-6}$ у. е.

Таблица 3
Значение площадей квазиаттракторов выборок треморограмм испытуемых

№	БДК – неспортсмен		АИА – спортсмен	
	До охлаждения $S_1 (\times 10^{-6})$ у.е.	После охлаждения $S_2 (\times 10^{-6})$ у.е.	До охлаждения $S_3 (\times 10^{-6})$ у.е.	После охлаждения $S_4 (\times 10^{-6})$ у.е.
1	1,77	5,47	0,33	1,44
2	0,44	2,32	0,22	0,84
3	0,32	4,14	0,26	0,95
4	0,56	2,37	0,72	0,47
5	0,48	0,93	0,14	1,03
6	1,75	1,35	0,53	0,89
7	0,77	0,29	0,46	1,03
8	0,34	0,43	0,67	0,77
9	0,23	5,55	0,28	0,92
10	0,45	2,10	0,35	1,23
11	0,55	2,41	0,32	0,53
12	0,48	0,28	0,18	0,39
13	0,49	1,39	0,85	1,23
14	0,42	2,15	0,67	0,53
15	2,84	1,50	0,71	0,39
$\langle S \rangle$	0,79	2,18	0,45	0,84

В случае с испытуемым АИА (спортсмен) среднее значение площадей КА $\langle S_3 \rangle$ до локального холодого воздействия равно $0,45 \times 10^{-6}$ у. е., а после $\langle S_4 \rangle = 0,84 \times 10^{-6}$ у. е. Очевидно, что после локального холодого воздействия у обоих испытуемых (неспортсмен и спортсмен) происходит увеличение площади КА.

Таким образом, имеем для неспортсмена увеличение в 2,7 раза, для спортсмена – в 1,8 раза. В целом такая динамика наблюдается у всех испытуемых (мужчины). Для всех четырех выборок площадей квазиаттракторов – S в табл. 3 распределение площадей S нормальное (чего нет для выборок ТМГ) [13–19].

Обсуждение результатов

Эффект Еськова – Зинченко в условиях действия холодого стресса в биомеханике накладывает существенные ограничения на применение традиционного стохастического подхода [12–18] в оценке параметров не только тремора, но и других параметров гомеостаза [12, 13]. Всегда отсутствует статистическая устойчивость у подряд регистрируемых выборок ТМГ у одного испытуемого в неизменном гомеостазе. В этой связи разрабатывается новая ТХС, в рамках которой мы оперируем другими величинами при сравнении выборок ТМГ для испытуемых в разных гомеостазах [14–19]. При проведении повторных исследований (15 раз по 15 выборок) число пар совпадений k незначительно изменяется, и всегда из всевозможных 105 пар имеем 3–7 % совпадений (и не более, для ТМГ). Однако метод расчета матриц парных сравнений выборок ТМГ – это трудоемкий процесс для оценки реакции системы регуляции тремора при различных состояниях НМС (у нас речь идет о стресс-агенте). Он требует многократных повторений выборок ТМГ (у нас это было по 225 выборок в каждом отдельном гомеостазе). Более того, математическое моделирование такой статистической неустойчивости возможно только в рамках компартментно-кластерного подхода [9, 10, 17].

Все это доказывает низкую эффективность стохастического подхода в оценке степени тренированности мужского населения Югры, и по этой причине мы ввели понятие квазиаттрактора – КА. Расчет параметров КА показывает устойчивость ТМГ (а также других параметров гомеостаза, например теппинграмм) на фоне хаоса стохастических функций распределения $f(x)$. Для доказательства этого утверждения мы продемонстрировали два набора выборок ТМГ и их площадей (S) квазиаттракторов в двух разных состояниях (до локального холодого воздействия и после) у испытуемых с разной физической подготовкой.

Выводы

1. Наблюдается трехкратное превышение числа k пар совпадений выборок ТМГ до воздействия и после холодого стресса, т. е. возрастание k_2 и k_4 по отношению к k_1 и k_3 . Это характеризует различия в реакциях НМС до и после локального холодого воздействия у испытуемых с физической подготовкой и без таковой. Установлено, что направленность различий в значениях k не зависит от физической подготовленности, но сами k для спортсмена и неспортсмена различаются существенно как до воздействия, так и после стресс-агента.

2. Одновременно и динамика увеличения площадей КА после локального холодого воздействия зависит

от спортивной подготовки испытуемого. Параметры и площади S могут быть моделями гомеостаза НМС в двумерном фазовом пространстве состояний (вместо статистических функций распределения, которые непрерывно изменяются в неизменном гомеостазе НМС). Такой подход можно использовать в биатлоне, где охлаждение спортсмена влияет на параметры его тремора (при стрельбе). Изменение S для КА является мерой тренированности человека на Севере России.

Авторство

Еськов В. М. подготовил первый вариант статьи, окончательно утвердил присланную в редакцию рукопись; Баженова А. Е. участвовала в анализе данных, внесла существенный вклад в получение и анализ данных; Иляшенко Л. К. внесла существенный вклад в концепцию и дизайн исследования; Григорьева С. В. участвовала в анализе данных.

Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов.

Еськов Валерий Матвеевич – ORCID 0000-0002-1497-897X; SPIN 6349-8387

Баженова Анастасия Егоровна – ORCID 0000-0001-5257-3618; SPIN 3115-4811

Иляшенко Любовь Кирыловна – ORCID 0000-0002-7637-8590; SPIN 6071-4770

Григорьева Светлана Владимировна – ORCID 0000-0001-7153-3697; SPIN 1126-4131

Список литературы

1. Агаджанян Н. А., Ермакова Н. В. Экологический портрет человека на Севере. М.: КРУК, 1997. 208 с.

2. Гудков А. Б., Попова О. Н., Скрипаль Б. А. Реакция системы внешнего дыхания на локальное охлаждение у молодых лиц трудоспособного возраста // Медицина труда и промышленная экология. 2009. № 4. С. 26–30.

3. Еськов В. В. Термодинамика неравновесных систем I. R. Prigogine и энтропийный подход в физике живых систем // Вестник новых медицинских технологий. 2017. Т. 24, № 2. С. 7–15

4. Еськов В. В. Математическое моделирование неэргодичных гомеостатических систем // Вестник новых медицинских технологий. 2017. Т. 24, № 3. С. 33–39.

5. Еськов В. В. Эволюция систем третьего типа в фазовом пространстве состояний // Вестник кибернетики. 2017. Т. 3, № 27. С. 53–58.

6. Еськов В. М., Козупица Г. С., Шелим Л. И. Третья парадигма и детерминистско-стохастическая наука // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2017. № 3. С. 60–70.

7. Попова О. Н., Гудков А. Б. Особенности внешнего дыхания у молодых лиц, уроженцев Европейского Севера // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2007. Т. 1. С. 71–76.

8. Betelin V. B., Eskov V. M., Galkin V. A., Gavrilenko T. V. Stochastic volatility in the dynamics of complex homeostatic systems // Doklady Mathematics. 2017. Vol. 95, N 1. P. 92–94.

9. Eskov V. M., Filatova O. E. A compartmental approach in modeling a neuronal network. Role of inhibitory and excitatory processes // Biophysics. 1999. Vol. 44, N 3. P. 518–525.

10. Eskov V. M., Filatova O. E. Problem of identity of functional states of neuronal // Biophysics. 2003. Vol. 48, N 3. P. 526–534.

11. 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, N 1. P. 24–28.

12. Eskov V. M., Khadartsev A. A., Eskov V. V., Vochmina J. V. Chaotic dynamics of cardio intervals in three age groups of indigenous and nonindigenous populations of Ugra // Advances in Gerontology. 2016. Vol. 6, N 3. P. 191–197.

13. Eskov V. M., Eskov V. V., Gavrilenko T. V., Vochmina Y. V. Formalization of the effect of “repetition without repetition” discovered by N.A. Bernshtein // Biophysics. 2017. Vol. 62, N 1. P. 143–150.

14. 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. N 5. P. 809–820.

15. Eskov V. M., Eskov V. V., Vochmina Y. V., Gorbunov D. V., Ilyashenko L. K. Shannon entropy in the research on stationary regimes and the evolution of complexity // Moscow University Physics Bulletin. 2017. Vol. 72, N 3. P. 309–317.

16. Eskov V. V., Gavrilenko T. V., Eskov V. M., Vochmina Yu. V. Phenomenon of statistical instability of the third type systems - complexity // Technical Physics. 2017. Vol. 62, N 11. P. 1611–1616.

17. Filatova O. E., Eskov V. V., Filatov M. A., Ilyashenko L. K. Statistical instability phenomenon and evaluation of voluntary and involuntary movements // Russian Journal of Biomechanics. 2017. Vol. 21, N 3. P. 224–232.

18. Zilov V. G., Eskov V. M., Khadartsev A. A., Eskov V. V. Experimental verification of the Bernstein effect “repetition without repetition” // Bulletin of Experimental Biology and Medicine. 2017. Vol. 163, N 1. P. 4–8.

19. 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, N 2. P. 115–117.

References

1. Agadzhanyan N. A., Ermakova N. V. *Ekologicheskii portret cheloveka na Severe* [Environmental portrait of a man in the North]. Moscow, 1997, 208 p.

2. Gudkov A. B., Popova O. N., Skripal' B. A. External respiration system reaction to local cooling of skin of young able-bodied persons. *Meditcina truda i promyshlennaia ekologiya*. 2009, 4, pp. 26-30. [In Russian]

3. Eskov V. V. Thermodynamics of nonequilibrium systems I. R. Prigogine and entropy approach in the physics of living systems. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii* [Journal of new medical technologies]. 2017, 24 (2), pp. 7-15. [In Russian]

4. Eskov V. V. Mathematical modeling of nonergodic homeostatic systems. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii* [Journal of new medical technologies]. 2017, 24 (3), pp. 33-39. [In Russian]

5. Eskov V. V. Evolution of the third type systems in phase space state. *Vestnik kibernetiki* [Herald of Cybernetics]. 2017, 3 (27), pp. 53-58. [In Russian]

6. Eskov V. M., Kozupitsa G. S., Shelim L. I. The third paradigm and the deterministic stochastic science. *Slozhnost'. Razum. Postneklassika* [Complexity. Mind. Postnonclassical]. 2017, 3, pp. 60-70. [In Russian]

7. Popova O. N., Gudkov A. B. Peculiarities of external respiration in young persons, natives of the European North. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN* [Proceedings

of Samara Scientific Center RAS]. 2007, 1, pp. 71-76. [In Russian]

8. Betelin V. B., Eskov V. M., Galkin V. A., Gavrilenko T. V. Stochastic volatility in the dynamics of complex homeostatic systems. *Doklady Mathematics*. 2017, 95 (1), pp. 92-94.

9. Eskov V. M., Filatova O. E. A compartmental approach in modeling a neuronal network. Role of inhibitory and excitatory processes. *Biophysics*. 1999, 44 (3), pp. 518-525.

10. Eskov V. M., Filatova O. E. Problem of identity of functional states of neuronal. *Biophysics*. 2003, 48 (3), pp. 526-534.

11. 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.

12. 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.

13. Eskov V. M., Eskov V. V., Gavrilenko T. V., Vochmina Y. V. Formalization of the effect of "repetition without repetition" discovered by N. A. Bernshtein. *Biophysics*. 2017, 62 (1), pp. 143-150.

14. 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.

15. Eskov V. M., Eskov V. V., Vochmina Y. V., Gorbunov D. V., Ilyashenko L. K. Shannon entropy in the research on stationary

regimes and the evolution of complexity. *Moscow University Physics Bulletin*. 2017, 72 (3), pp. 309-317.

16. Eskov V. V., Gavrilenko T. V., Eskov V. M., Vochmina Yu. V. Phenomenon of statistical instability of the third type systems - complexity. *Technical Physics*. 2017, 62 (11), pp. 1611-1616.

17. Filatova O. E., Eskov V. V., Filatov M. A., Ilyashenko L. K. Statistical instability phenomenon and evaluation of voluntary and involuntary movements. *Russian Journal of Biomechanics*. 2017, 21 (3), pp. 224-232.

18. Zilov V. G., Eskov V. M., Khadartsev A. A., Eskov V. V. Experimental verification of the Bernstein effect "repetition without repetition". *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. 2017, 163 (1), pp. 4-8.

19. 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.

Контактная информация:

Баженова Анастасия Егоровна – кандидат биологических наук, магистр кафедры экологии и биофизики Института естественных и технических наук БУ ВО Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный университет»

Адрес: 628412, Тюменская обл., г. Сургут, пр. Ленина, д. 1

E-mail: ae_bazhenova@mail.ru