

УДК 616-001.19:612.741.1

ВЛИЯНИЕ ЛОКАЛЬНОГО ХОЛОДОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПАРАМЕТРЫ ЭЛЕКТРОМИОГРАММ У ЖЕНЩИН

© 2018 г. В. В. Еськов, Д. В. Белощенко, А. Е. Баженова, Н. В. Живаева

БУ ВО ХМАО – Югры «Сургутский государственный университет», г. Сургут

Проблема изучения вклада климатозоологических факторов территорий в формирование специфических условий среды обитания человека и его здоровье в целом является весьма актуальной. Влияние таких факторов на функциональное состояние организма целесообразно изучать в рамках новой теории хаоса – самоорганизации (имеется ряд принципиальных отличий от традиционного стохастического подхода). В связи с этим нами ставится *цель* – рассмотреть и спрогнозировать на индивидуальном и групповом уровнях особенности состояния нервно-мышечной системы (НМС) человека, проживающего на территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры с позиций хаотической динамики параметров электромиограмм. Применялись новые *методы* визуализации данных (получение фазовых портретов электромиографии в координатах $x(t)$ – биопотенциалы мышц и $x_2 = dx/dt$ – скорость их изменения), регистрируемых с помощью электромиографа, строилась временная развертка сигнала, которая преобразовывалась его дискретизацией в некоторые числовые ряды, и для них рассчитывались параметры квазиаттракторов (КА). *Результаты*. В работе рассматривались многократные измерения параметров биоэлектрической активности мышцы с позиций эффекта Еськова – Зинченко, т. е. при повторных (одинаковых) экспериментах до и после локального холодного воздействия у группы девушек. Анализ полученных временных рядов показал, что сигнал всегда уникален для каждого интервала регистрации у каждой испытуемой. Охлаждение конечности приводит к увеличению размеров КА, что в рамках статистики сложно зарегистрировать (идет непрерывное статистическое изменение электромиограмм). *Выводы*. Доказана практическая возможность применения метода многомерных фазовых пространств (расчет параметров КА) для идентификации реальных изменений параметров НМС человека в условиях холодного стресса. Расчет параметров КА необходим в качестве количественной меры оценки реакции организма на внешние воздействия.

Ключевые слова: электромиограмма, квазиаттрактор, локальное холодное воздействие, эффект Еськова – Зинченко

THE INFLUENCE OF LOCAL COLD EFFECTS ON ELECTROMYGRAM PARAMETERS IN WOMEN

V. V. Eskov, D. V. Beloshchenko, A. E. Bazhenova, N. V. Zhivaeva

Surgut State University, Surgut, Russia

The problem of studying the effects of climatic-ecological factors of territories to the formation of specific conditions of the human environment and human health in general is very relevant. The study of influence of such factors on the functional state of the body, it is expedient to study within the framework of the new theory of chaos-self-organization (there are a number of fundamental differences from the tacit stochastic approach). In this regard, we set *the aim*: consider and forecast in individual and groups the characteristics of the state of the neuromuscular system of a person living in the territory of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug - Yugra from the standpoint of chaotic dynamics of electromyograms parameters. New *methods* of data visualization were used (obtaining phase portraits EMG in coordinates $x(t)$ - muscle biopotentials, and $x_2 = dx/dt$ - the rate of their change) recorded using an electromyograph, a time scan of the signal was constructed, which was converted by sampling the signal into some numerical series and for them the parameters of quasi-tractors were calculated. *Results*. In the work, multiple measurements of the parameters of the bioelectrical activity of the muscle were analyzed from the position of the Eskova-Zinchenko effect, i. e. with repeated (identical) experiments before and after a local cold exposure in a group of girls. Analysis of the obtained time series showed that the signal is always unique for each recording interval for each subject. Cooling of the limb leads to an increase in the size of quasi-tractors, which is difficult to document in the framework of statistics (there is a continuous statistical change in electromyograms). *Conclusions*. The practical possibility of applying the method of multidimensional phase spaces (calculation of quasi-tractors parameters) for identifying real changes in the parameters of the human neuromuscular system in conditions of cold stress is proved. Calculation of the parameters of quasi-tractors is necessary as a quantitative measure of the reaction of the organism to external influences.

Key words: electromyogram, quasiattractor, local cold exposure, Eskov-Zinchenko effect

Библиографическая ссылка:

Еськов В. В., Белощенко Д. В., Баженова А. Е., Живаева Н. В. Влияние локального холодного воздействия на параметры электромиограмм у женщин // Экология человека. 2018. № 9. С. 42–47.

Eskov V. V., Beloshchenko D. V., Bazhenova A. E., Zhivaeva N. V. The Influence of Local Cold Effects on Electromyogram Parameters in Women. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2018, 9, pp. 42-47.

Организм человека постоянно находится в тесной взаимосвязи с окружающей средой, которая оказывает непосредственное влияние на его регуляторные системы. В условиях Севера человек вынужден прежде всего адаптироваться к холоду, особенно в холодный

период года, когда организм находится в состоянии напряжения [1, 11, 13, 14]. Это связано с необходимостью поддерживать биохимический и температурный гомеостаз на должном уровне [3, 4, 12]. В связи с этим изменения, возникающие в различных системах

организма, так или иначе сказываются на деятельности двигательной системы, которая отражает поведение организма как единого целого. Именно поэтому, например, одним из обязательных признаков утомления является дискоординация движений. И следовательно, использование методов, которые бы позволяли обнаруживать такого рода изменения, может способствовать более объективной оценке функционального состояния организма человека [2, 5, 7].

В исследованиях нервно-мышечной системы (НМС) применяют разнообразные методы — динамометрию, тонусометрию, хронаксиметрию, электромиографию и др. Сейчас в экологии человека для этой цели активно используют и электромиографию (ЭМГ), которая широко распространена в самых различных областях медицины и биологии. С помощью ЭМГ изучается структурная и функциональная организация нервно-мышечного аппарата человека в различных экологических условиях [6, 8–10, 15]. Как правило, при этом основное внимание уделяется рассмотрению биоэлектрической активности мышечных групп или отдельных мышц. Вместе с тем суждение о механизмах центральной нервной регуляции может складываться на основании исследования не только деятельности отдельно взятых мышц, но и их взаимодействия в различных условиях [16–19].

Исходя из этого вопросы влияния холода на организм человека и особенно его функциональные системы остаются актуальными не только для территорий Крайнего Севера, но и для любых климатических условий жизни. В данной работе используются новые подходы и методы анализа НМС человека (ЭМГ) с позиций теории хаоса — самоорганизации [15–17].

Методы

Объектом для наблюдения явились молодые девушки в возрасте 22 лет, проживающие на Севере Российской Федерации более 20 лет, которые подвергались локальному холодному воздействию по стандартной методике [5–7]. Изначально испытуемые находились в положении сидя с вытянутыми вдоль туловища руками в относительно комфортных условиях при полном отсутствии какой-либо нагрузки на мускулатуру. Испытуемым закрепляли два электрода: к мышце (передних пучков дельтовидной правой руки), отводящей мизинец (*musculus abductor digiti minimi*) кисти правой верхней конечности, — вилочковый электрод с постоянным межэлектродным расстоянием (1 см), а к самой кисти, где находится лучезапястный сустав, — заземляющий. В комфортном (сидячем) положении девушкам необходимо было сжимать рабочую часть динамометра ДК мышечной силой 50 (Н) кистью правой верхней конечности, вытянутой в горизонтальном положении до и после гипотермического (локального холодного) воздействия (верхняя конечность (правая кисть руки) испытуемого помещалась в емкость с талой водой при $t \approx +3$ °C на 1 минуту, после чего снимались показатели). Всего на предмет состояния НМС в условиях гипотермии было обследовано 15 человек. В течение 5 секунд по 15 раз записывались показания ЭМГ в

режиме биполярного отведения с последующей регистрацией в памяти ЭВМ [8–10].

Обследование производилось неинвазивными методами и соответствовало этическим нормам Хельсинкской декларации (2000). Работа выполнялась в рамках плана научных исследований лаборатории «Функциональные системы организма человека на Севере» при Сургутском государственном университете.

Критерии включения в исследование: возраст 20–22 года; отсутствие жалоб на состояние здоровья в период обследований; наличие информированного согласия на участие в исследовании. Критерии исключения: болезнь учащегося в период обследования.

Во всех случаях у испытуемых регистрировались электромиограммы с частотой дискретизации 4 000 Гц. Записи электромиограмм мышцы обрабатывались программным комплексом для формирования вектора $x = (x_1, x_2)^T$, где $x_1 = x(t)$ — абсолютное значение биопотенциалов мышцы (БПМ) на некотором интервале времени Dt , а x_2 — скорость изменения x_1 , т. е. $x_2 = dx_1/dt$. На основе полученного вектора $x(t) = (x_1, x_2)^T$ строились квазиаттракторы (КА) динамики поведения вектора состояния системы и рассчитывались площади КА для всех многократных повторов у испытуемых до и после локального холодного воздействия. Расчет площади $S_{КА}$ (а в общем случае — объема V_G , так как $x_3 = dx_2/dt$) производился на основе общей формулы: $V_G^k = \prod_{i=1}^m D_i^k$, где D_i^k представляли вариационные размахи по каждой x_i -координате. Любой динамический отрезок для координат $x_1(t)$ и $x_2(t)$ в фазовом пространстве неповторим и невоспроизводим [2, 6, 16, 19]. Это движение хаотическое, но в пределах ограниченных объемов фазового пространства состояний (ФПС) — квазиаттракторов, динамику которых можно изучать в рамках теории хаоса — самоорганизации [17–19].

Статистическая обработка данных осуществлялась при помощи программного пакета «Statistica 10». Проверка данных на соответствие закону нормального распределения оценивалась на основе вычисления критерия Шапиро — Уилка. Дальнейшие исследования производились методами непараметрической статистики (критерий Вилкоксона). Систематизация материала и представленных результатов расчетов выполнялась с применением программного пакета электронных таблиц Microsoft EXCEL.

Результаты

В результате статистической обработки временной развертки сигнала электромиограмм (анализ спектра периодических биомеханических показателей человека) с помощью программы «Mio Ecg 2» были получены 4 000 дискретных значений $x(t)$ электромиограмм мышцы при каждом из многократных повторов до и после локального холодного воздействия. Все повторы были направлены на разработку методов индивидуальной медицины, в которой необходимо учитывать эффект Еськова — Зинченко [7–10].

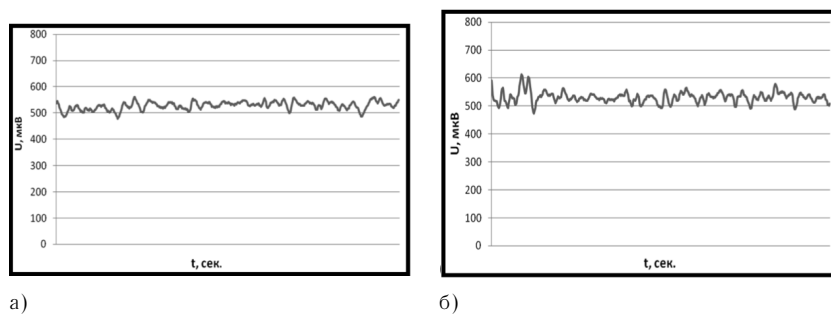


Рис. 1. Динамика параметров электромиограмм у испытуемой А. Ю. И.: а) до локального холодного воздействия, б) после локального холодного воздействия. По оси у – амплитуда напряжения (абсолютное значение биопотенциалов мышцы, мкВ); по оси х – время (0,125 сек)

Для визуальной оценки данных, полученных с электромиографа, строилась временная развертка сигнала (рис. 1), которая преобразовывалась его дискретизацией в некоторые числовые ряды (выборки электромиограмм). Выбраны первые 500 значений электромиограмм в течение 0,125 сек. При анализе полученных временных рядов по данным ЭМГ видно, что получаемый сигнал уникален. Это проявляется в хаотической динамике статистических функций распределения электромиограмм получаемых выборок. Невозможно произвольно получить две одинаковые подряд $f(x)$ ($f_j(x_i) \neq f_{j+1}(x_i)$). Это и есть эффект Еськова – Зинченко [7–10, 17].

На рис. 1 представлен характерный пример сокращений мышцы, отводящей мизинец, у испытуемых до и после локального холодного воздействия (регистрация в течение 0,125 сек).

Была отмечена различная динамика параметров электромиограмм при анализе 0,125-секундной вре-

менной развертки сигнала. Выявлено существенное различие в поведении значений амплитуд параметров биоэлектрической активности мышцы (ЭМГ) во времени до и после локального холодного воздействия у испытуемой А. Ю. И. Наблюдается увеличение амплитуды параметров сокращения мышцы, отводящей мизинец, кисти правой верхней конечности испытуемой, находящейся в условиях физической нагрузки после локального холодного воздействия. Напряжение мышцы до локального холодного воздействия варьирует в пределах 472–561 мкВ, после локального холодного воздействия 474–613 мкВ, причем у девушек увеличение параметров ЭМГ после гипотермического воздействия наблюдалось практически во всей группе, это подтверждается данными рис. 1 и табл. 1, 2.

Была произведена статистическая обработка динамики параметров электромиограмм (анализ 4 000 значений сокращений мышцы в каждой вы-

Таблица 1

Результаты статистической проверки на соответствие закону нормального распределения (по критерию Шапиро – Уилка) значений параметров электромиограмм у группы девушек до и после локального холодного воздействия

N	До локального холодного воздействия						После локального холодного воздействия					
	X _{ср}	W	p	Процентиль, %			X _{ср}	W	p	Процентиль, %		
				50, Ме	5-й	95-й				50, Ме	5-й	95-й
1	519	0,99	0,00	518	487	553	538	0,98	0,00	537	514	563
2	525	0,97	0,00	542	331	663	512	1,00	0,00	511	414	615
3	549	0,88	0,00	560	459	691	531	0,93	0,00	549	423	604
4	529	0,91	0,00	529	522	535	549	0,99	0,00	550	524	570
5	486	0,92	0,00	479	295	610	568	0,99	0,00	571	314	895
6	540	0,90	0,00	532	423	723	535	0,99	0,00	535	456	612
7	533	0,91	0,00	555	430	602	533	0,91	0,00	555	430	602
8	530	0,99	0,00	530	523	537	530	0,99	0,00	530	523	537
9	537	0,92	0,00	545	437	600	523	0,99	0,00	526	153	867
10	495	0,97	0,00	494	371	599	545	0,91	0,00	549	436	606
11	527	1,00	0,00	530	434	615	539	0,98	0,00	540	425	646
12	483	0,99	0,00	487	411	549	534	0,99	0,00	536	496	563
13	525	0,98	0,00	526	503	547	530	0,96	0,00	536	484	562
14	528	0,99	0,00	528	491	567	473	0,98	0,00	470	368	604
15	446	0,98	0,00	456	257	606	533	0,99	0,00	535	387	673
X _{ср}	517	0,95	0,00	521	425	600	532	0,97	0,00	535	423	635

Примечание: W – критерий Шапиро – Уилка (Shapiro-Wilk) для проверки типа распределения признака; p – достигнутый уровень значимости, полученный в результате проверки типа распределения по критерию Шапиро – Уилка (критическим уровнем значимости принят $p < 0,05$); X_{ср} – средние арифметические значения; Ме – медиана (5 %; 95 %), для описания асимметричных распределений использована медиана, а в качестве мер рассеяния – процентиля (5-й и 95-й).

Таблица 2
 Результаты значений площадей КА ($S \cdot 10^4$ у. е.) параметров электромиограмм у группы девушек до (S_1) и после (S_2) локального холододового воздействия

№	S_1	S_2
1	6,62	5,92
2	10,2	7,31
3	4,81	8,44
4	4,52	8,29
5	13,6	15,8
6	7,68	5,71
7	5,73	5,82
8	4,81	4,94
9	0,39	4,21
10	2,43	0,36
11	7,24	17,1
12	2,26	0,83
13	8,31	4,09
14	1,61	9,47
15	17,4	18,1
<S>	6,51	7,76

борке электромиограмм) у испытуемых до и после локального холододового воздействия. Результаты проверки на нормальность распределения параметров электромиограмм по критерию Шапиро – Уилка показали, что значения параметров биоэлектрической активности мышцы имеют непараметрический тип распределения (распределение, отличное от нормального, имеет $p < 0,05$), следовательно, значения электромиограмм представлялись медианами и процентилями (5-й и 95-й).

В табл. 1 представлена динамика параметров электромиограмм у 15 девушек до и после локального холододового воздействия (1-й из серии 15 экспериментов). Их средние значения и значения медиан в большинстве случаев увеличиваются после локального холододового воздействия. При сравнении выборок электромиограмм до и после охлаждения с помощью критерия Вилкоксона статистически значимых различий в оценке ответной реакции НМС человека на внешнее неблагоприятное воздействие выявлено

не было (при критическом уровне значимости $p < 0,10$). Иными словами, традиционная статистика дает низкую эффективность в оценке электромиограмм при локальной гипотермии [2, 4–10].

Далее представлен сравнительный анализ поведения системы регуляции сокращений мышцы, отводящей мизинец, в режиме покоя и при локальном холододовом воздействии на фазовой плоскости методом многомерных фазовых пространств. Таким образом, была получена табл. 2 площадей КА (S) до и после локального холододового воздействия. Два столбца образовывали параметры вектора состояния $x = (x_1, x_2)^T$, который характеризовал группу из 15 человек с позиций хаоса электромиограмм (сокращений мышцы, отводящей мизинец), до и после локального холододового воздействия.

Динамика значений S площадей КА параметров электромиограмм группы девушек для одной из серий экспериментов показывает, что средние значения площадей КА увеличиваются после воздействия холодом на 1,25 у. е.

Для наглядной оценки хаотической динамики параметров электромиограмм были построены фазовые портреты их КА у группы испытуемых. Нами была установлена разнонаправленная реакция у всех девушек на действие локального охлаждения. Значения площадей КА как уменьшались, так и увеличивались после локального холододового воздействия. Показатель x_1 (динамика абсолютного значения БПМ) изменялся в диапазонах от 450 до 750 мкВ, а скорость x_2 (изменение сигнала БПМ) варьировала от ± 10 до ± 500 мкВ/сек.

На рис. 2 представлен характерный пример фазовых портретов сокращений мышцы, отводящей мизинец, в координатах x_i ($x_i = x_i(t)$, т. е. динамика абсолютного значения БПМ и $x_2 = dx_1/dt$ (скорость изменения x_1) для полученных электромиограмм группы девушек до и после локального холододового воздействия.

Этот пример фазового портрета для испытуемой А. Ю. И. показывает увеличение S_2 относительно S_1 . Площадь КА у испытуемой выросла в 6 раз после локального холододового воздействия ($S_{1КА} =$

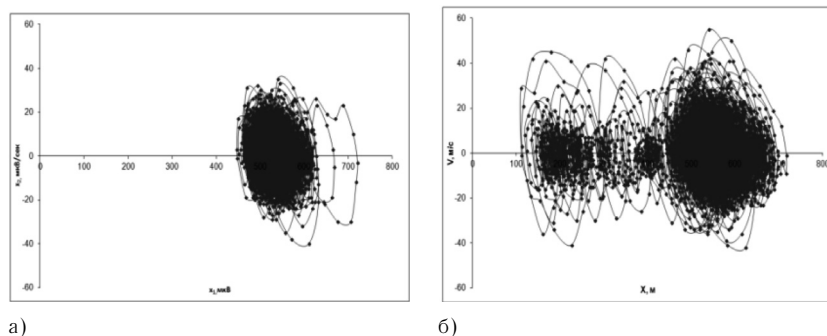


Рис. 2. Фазовый портрет параметров электромиограмм испытуемой А. Ю. И. с координатами $x_1, x_2 = dx_1/dt$: а) конфигурация квазиаттрактора до локального холододового воздействия $S_{1КА} = 2,19 \cdot 10^4$ у. е.; б) изменения конфигурации квазиаттрактора после локального холододового воздействия $S_{2КА} = 12,84 \cdot 10^4$ у. е.

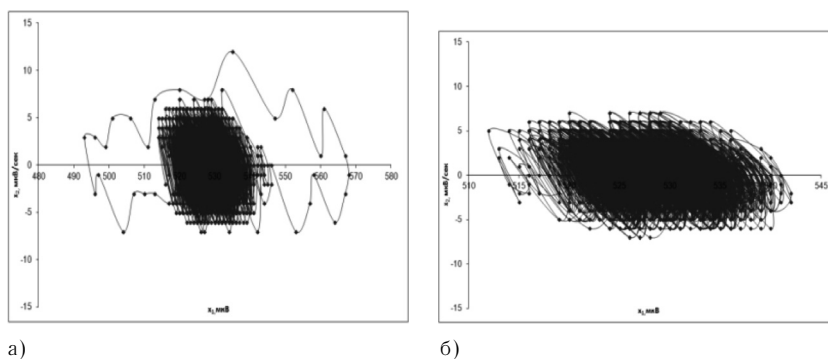


Рис. 3. Фазовый портрет параметров электромиограмм испытуемой К. В. И. с координатами $x_1, x_2 = dx_1/dt$: а) конфигурация квазиаттрактора до локального холодного воздействия $S_{3КА} = 2,26 \cdot 10^4$ у. е.; б) изменения конфигурации квазиаттрактора после локального холодного воздействия $S_{4КА} = 0,83 \cdot 10^4$ у. е.

$1,61 \cdot 10^4$ у. е. до $S_{2КА} = 9,47 \cdot 10^4$ у. е.), при этом напряжение x_1 (динамика абсолютного значения БПМ) доходило до 730 мкВ, а скорость x_2 (изменение сигнала БПМ) колебалась в пределах от -60 до 60 мкВ/сек, что говорит об индивидуальных особенностях организма человека и слабой его адаптации к воздействию холодом [4–7, 10, 12].

В большинстве случаев в группе девушек после локального холодного воздействия значения площадей КА увеличивались, однако имеется пример, когда у испытуемой К. В. И. значение площади КА уменьшилось в 2,7 раза (с $S_{3КА} = 2,26 \cdot 10^4$ у. е. до $S_{4КА} = 0,83 \cdot 10^4$ у. е.), при этом напряжение x_1 доходило до 570 мкВ, а скорость x_2 варьировала в пределах от -15 до 15 мкВ/сек, что свидетельствовало об адаптации организма к воздействию холодом [12] (рис. 3).

Обсуждение результатов

Электромиограммы являются характерным примером хаотической динамики поведения параметров любой сложной биосистемы. Параметры электромиограмм (биоэлектрическая активность мышцы демонстрируют неповторимую динамику, которую невозможно изучать в рамках традиционной науки, т. е. детерминизма или стохастики. Функции распределения у испытуемых непрерывно изменяются при повторных экспериментах, а значит, любые статистические результаты имеют ежесекундный (для электромиограмм) характер изменения (хаотического). Статистический анализ параметров электромиограмм (при повторных экспериментах) до и после локального холодного воздействия демонстрирует определенную закономерность: образуются выборки с непараметрическим типом распределения, которые существенно отличаются до и после гипотермического воздействия. Электромиография у напряженной мышцы до локального холодного воздействия отличается от биоэлектрической активности после него. Также исследование подтвердило эффективность применения методов многомерных фазовых пространств в качестве меры оценки динамики изменения электромиограмм. Любое направленное холодное воздействие изменяет значения параметров

электромиограмм НМС человека, о чем свидетельствует изменение значений площадей КА.

Методы математического моделирования параметров электромиограмм у испытуемых в многомерном фазовом пространстве состояний (в сочетании с традиционными детерминистско-стохастическими методами) обеспечивают получение объективной информации о функциональном состоянии организма человека и степени адекватности его реакций на холод. Установленные в значениях КА различия параметров электромиограмм у группы девушек демонстрируют в большинстве случаев увеличение значения площадей КА. Это является маркером изменения хаотической динамики статистических функций распределения $f(x)$.

Подводя итог вышесказанному, отметим, что новые методы расчета электромиограмм на основе стохастики реально могут характеризовать интегральные значения их параметров при разных состояниях мышц. Изучение состояния механизмов регуляции, определение степени напряжения регуляторных систем имеют большое значение для оценки особенностей адаптации организма человека к холоду.

Список литературы / References

1. Агаджанян Н. А., Ермакова Н. В. Экологический портрет человека на Севере. М.: КРЧК, 1997. 208 с.
Agadzhanyan N. A., Ermakova N. V. *Ekologicheskii portret cheloveka na Severe* [Environmental portrait of a man in the North]. Moscow, 1997, 208 p.
2. Бетелин В. Б., Еськов В. М., Галкин В. А., Гавриленко Т. В. Стохастическая неустойчивость в динамике поведения сложных гомеостатических систем // Доклады академии наук. 2017. Т. 472, № 6. С. 642–644.
Betelin V. B., Eskov V. M., Galkin V. A., Gavrilenko T. V. Stochastic volatility in the dynamics of the homeostatic behavior of complex systems. *Doklady akademii nauk* [Doklady of the Russian Academy of Sciences]. 2017, 472 (6), pp. 642-644. [In Russian]
3. Гудков А. Б., Теддер Ю. Р., Дёгтева Г. Н. Некоторые особенности физиологических реакций организма рабочих при экспедиционно-вахтовом методе организации труда в Заполярье // Физиология человека. 1996. Т. 22, № 4. С. 137–142.
Gudkov A. B., Tedder Yu. R., Degteva G. N. Physiological

Responses of shift-workers in polar regions. *Fiziologiya cheloveka*. 1996, 22 (4), pp. 137-142. [In Russian]

4. Еськов В. В., Филатова О. Е., Гавриленко Т. В., Химикова О. И. Прогнозирование долгожительства у российской народности ханты по хаотической динамике параметров сердечно-сосудистой системы // Экология человека. 2014. № 11. С. 3–8.

Eskov V. V., Filatova O. E., Gavrilenko T. V., Khimikova O. I. Longevity Forecasting at the Russian peoples Khanty on chaotic dynamics of the cardiovascular system parameters. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2014, 11, pp 3-8. [In Russian]

5. Еськов В. М., Гавриленко Т. В., Козлова В. В., Филатов М. А. Измерение параметров динамики микрохаоса в поведении реальных биосистем // Метрология. 2012. № 7. С. 38–48.

Eskov V. M., Gavrilenko T. V., Kozlova V. V., Filatov M. A. Measurement of the Metrologiya [Metrology]. 2012, 7, pp. 39-48. [In Russian]

6. Еськов В. М., Еськов В. В., Гавриленко Т. В., Вохмина Ю. В. Кинематика биосистем как эволюция: стационарные режимы и скорость движения сложных систем – complexity // Вестник Московского университета. Серия 3: Физика. Астрономия. 2015. № 2. С. 62–73.

Eskov V. M., Eskov V. V., Gavrilenko T. V., Vokhmina Yu. V. Biosystem kinematics as evolution: stationary modes and movement speed of complex systems: complexity. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 3: Fizika. Astronomiya* [Moscow University Physics Bulletin]. 2015, 2, pp. 62-73. [In Russian]

7. Еськов В. М., Хадарцев А. А., Еськов В. В., Филатов М. А. Хаотический подход в новой интерпретации гомеостаза // Клиническая медицина и фармакология. 2016. Т. 2, № 3. С. 47–51.

Eskov V. M., Khadartsev A. A., Eskov V. V., Filatov M. A. Chaotic approach in the new interpretation of homeostasis. *Klinicheskaya meditsina i farmakologiya* [Clinical Medicine and Pharmacology]. 2016, 2 (3), pp. 47-51. [In Russian]

8. Еськов В. М., Еськов В. В., Гавриленко Т. В., Вохмина Ю. В. Формализация эффекта «повторение без повторения» Н. А. Бернштейна // Биофизика. 2017. Т. 62, Вып. 1. С. 168–176.

Eskov V. M., Eskov V. V., Gavrilenko T. V., Vokhmina Yu. V. Formalization of the Effect of "Repetition without Repetition" by N. A. Bernstein. *Biofizika* [Biofizika]. 2017, 62 (1), pp. 168-176. [In Russian]

9. Зилов В. Г., Еськов В. М., Хадарцев А. А., Еськов В. В. Экспериментальное подтверждение эффекта «Повторение без повторения» Н. А. Бернштейна // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2017. № 1. С. 4–9.

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, 1, pp. 4-9. [In Russian]

10. Зинченко Ю. П., Еськов В. М., Еськов В. В. Понятие эволюции Глендсдорфа – Пригожина и проблема гомеостатического регулирования в психофизиологии // Вестник Московского университета. Серия 14: Психология. 2016. № 1. С. 3–24.

Zinchenko Yu. P., Eskov V. M., Eskov V. V. The concept of the evolution of Glensdorf-Prigogine and the problem of homeostatic regulation in psychophysiology. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 14: Psikhologiya* [Bulletin of Moscow University. Series 14: Psychology]. 2016, 1, pp. 3-24. [In Russian]

11. Никитин Ю. П., Хаснулин Ю. В., Гудков А. Б. Итоги

деятельности академии полярной медицины и экстремальной экологии человека за 1995–2015 года: современные проблемы северной медицины и усилия учёных по их решению // Медицина Кыргызстана. 2015. Т. 1, № 2. С. 8–14.

Nikitin Yu. P., Khasnulin Yu. V., Gudkov A. B. Results of the activities of the Academy of Polar Medicine and Extreme Human Ecology for 1995-2015: contemporary problems of Northern medicine and researchers' efforts to solve them. *Meditsina Kyrgyzstana* [Medicine of Kyrgyzstan]. 2015, 1 (2), pp. 8-14. [In Russian]

12. Русак С. Н., Еськов В. В., Молягов Д. И., Филатова О. Е. Годовая динамика погодно-климатических факторов и здоровье населения Ханты-Мансийского автономного округа // Экология человека. 2013. № 11. С. 19–24.

Rusak S. N., Eskov V. V., Molyagov D. I., Filatova O. E. Annual dynamics of climatic factors and population health in Khanty-Mansiysk autonomous area. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2013, 11, pp. 19-24. [In Russian]

13. Сарычев А. С., Гудков А. Б., Попова О. Н., Ивченко Е. В., Беляев В. Р. Характеристика компенсаторно-приспособительных реакций внешнего дыхания у нефтяников в динамике экспедиционно-вахтового режима труда в Заполярье // Вестник Российской Военно-медицинской академии. 2011. № 3 (35). С. 163–166.

Sarychev A. S., Gudkov A. B., Popova O. N., Ivchenko E. V., Belyaev V. R. Characteristics of compensatory-adaptive reactions of external respiration at oil industry workers in dynamics expeditionary rotational team work in the Polar region. *Vestnik Rossiiskoi voenno-meditsinskoi akademii* [Bulletin of Russian military-medicine academy]. 2011, 3 (35), pp. 163-166. [In Russian]

14. Чащин В. П., Гудков А. Б., Чащин М. В., Попова О. Н. Предиктивная оценка индивидуальной восприимчивости организма человека к опасному воздействию холода // Экология человека. 2017. № 5. С. 3–13.

15. 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.

16. Eskov V. M., Eskov V. V., Vokhmina J. V., Gavrilenko T. V. The evolution of the chaotic dynamics of collective modes as a method for the behavioral description of living systems. *Moscow University Physics Bulletin*. 2016, 71 (2), pp. 143-154.

17. Eskov V. M., Bazhenova A. E., Vokhmina 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, 21 (1), pp. 14-23.

18. 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.

19. Khadartsev A. A., Nesmeyanov A. A., Eskov V. M., Filatov M. A., Pab W. Fundamentals of chaos and self-organization theory in sports. *Integrative medicine international*. 2017, 4, pp. 57-65.

Контактная информация:

Еськов Валерий Валериевич – кандидат медицинских наук, доцент кафедры биофизики и нейрокибернетики Института естественных и технических наук БУ ВО «Сургутский государственный университет»

Адрес: 628412, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, г. Сургут, пр. Ленина, д. 1
E-mail: firing.squad@mail.ru