

I. БИОМЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ И СИНЕРГЕТИКА

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОМИОГРАММ В УСЛОВИЯХ СТРЕСС-РЕАКЦИИ

Д.В. БЕЛОШЧЕНКО¹, А.А. ЧЕРТИЩЕВ¹, И.Г. КУРМАНОВ², И.Н. САМСОНОВ²

¹БУ ВО «Сургутский государственный университет», ул. Ленина, 1, Сургут, 628400, Россия, e-mail: d.beloshhenko@mail.ru

²ОАО «Сургутнефтегаз», ул. Григория Кукуевецкого, 1, Сургут, 628415, Россия

Аннотация. С позиций эффекта Еськова-Зинченко демонстрируется необходимость по-новому рассматривать и прогнозировать на индивидуальном и популяционном уровнях состояние *нервно-мышечной системы* (НМС) организма человека с учетом особого хаоса параметров НМС. В работе анализировались многократные измерения параметров x_i гомеостаза организма человека на примере *электромиограмм* (ЭМГ) у группы девушек в спокойном состоянии и после локального холодового воздействия. Показано, что стохастический подход, расчет статистических функций распределения $f(x)$ получаемых подряд выборок ЭМГ даже у одного испытуемого демонстрирует все-таки хаотическую динамику. Иными словами, 15 измерений ЭМГ длительностью 5 секунд показывают невозможность совпадения $f(x)$ при попарном сравнении (105 разных пар) этих выборок. Ставится под сомнение достоверность информации о состоянии функций организма человека, которую получают при обработке разовой выборки параметров x_i для любой регуляторной системы, как пример – НМС. Организм человека не объект современной стохастической и теории хаоса, для его описания требуются новые методы теории хаоса-самоорганизации.

Ключевые слова: электромиограмма, локальное холодовое воздействие, адаптация, эффект Еськова-Зинченко.

EVALUATION OF ELECTROMYOGRAMS PARAMETERS IN STRESS-REACTION

D.V. BELOSHCHENKO¹, A.A. CHERTISHCHEV¹, I.G. KURMANOV², I.N. SAMSONOV²

¹Surgut State University, Lenina pr., 1, Surgut, 628400, Russia, e-mail: d.beloshhenko@mail.ru

²«Surgutneftgaz», Grigory Kukuevitsky str., 1, Surgut, 628415, Russia

Abstract. The need to reexamine and to predict the state of the neuromuscular system of the human body has been demonstrated from the standpoint of Eskov-Zinchenko effect in individual and population levels at the same time taking into account the special chaos of parameters of neuromuscular system. The multiple repetitions of the homeostasis parameters x_i of the human body as an example of electromyograms from the group of trained girls in a state of rest have been analyzed in this paper. It is shown that the stochastic approach, the calculation of the distribution functions $f(x)$, samples of electromyograms recorded consecutively even for one subject shows a chaotic dynamic. In other words, 15 recordings (5-seconds each) of electromyograms show the impossibility of coincidence of $f(x)$ at pairwise comparison (105 pairs) of these samples. The accuracy of the information on the functional systems of the body that we receive when processing a single sample of the parameters x_i of any functional system of the body is being questioned, as an example – neuromuscular system. Human body is not an object of modern stochastic and dynamical chaos theory of complex biosystems, for theory description needs new methods of chaos-selforganization theory.

Key words: electromyogram, local cold exposure, homeostasis, adaptation, Eskov-Zinchenko effect.

Введение. Особенности влияния низкотемпературных воздействий (холода) на кожу и мышцы человека исследуются специалистами различных областей знаний (и в первую очередь экологами и физиологами в области трудовых процессов) уже на протяжении многих лет. Отметим, что гипотермия – это важнейший фактор, воз-

действующий на организм человека при работе на Севере РФ. Несмотря на многочисленные исследования в области гипотермии, критическая гипотермия продолжает оставаться актуальной (в качестве физиологического и производственного фактора) наряду с другими экофакторами [2-7,9,10-12].

В настоящее время достаточно полно изучены многие аспекты вредного воздействия холодного фактора на организм человека, а также разработаны диагностические и дифференциально-диагностические критерии оценки воздействия гипотермии. Однако, целостное представление о механизмах адаптации организма к холоду в медицинской, физиологической и экологической науке и практике к настоящему моменту изучено еще недостаточно [5,9-12,14,15,22,26,27-33]. Изучению данного вопроса могут способствовать целенаправленные экспериментальные исследования. Известно, что локальное и общее переохлаждение организма часто способствует возникновению миодистрофий. Вместе с тем клинические наблюдения с использованием функциональных методов исследования только усугубляют расхождения во взглядах на роль холодного фактора в возникновении данного феномена. Поэтому результаты экспериментальных физиологических исследований по изучению реакции *нервно-мышечной системы* (НМС) на гипотермию требуют особого внимания с позиций новой *теории хаоса-самоорганизации* (ТХС). При этом хаос параметров НМС сейчас уже описывается в рамках компартментно-кластерного подхода, который активно начал развиваться с конца 20-го века [15-17,22,26,27].

Целью настоящей работы является исследование динамики изменения параметров НМС у группы испытуемых на примере *электромиограмм* (ЭМГ) до и после локального холодного воздействия. Гипотермический фактор представляет особый научно-практический интерес для оценки механизмов адаптации и для понимания принципов функционирования сложных систем, систем третьего типа, *complexity* в особых условиях Севера РФ [1,8,13].

Объект и методы исследования. В настоящих исследованиях объектом для наблюдения являлись испытуемые – молодые девушки в возрасте 23-х лет, которые подвергались локальному холодному воздействию по стандартной методике [2-7,9-12].

Изначально испытуемые находились в положении сидя с вытянутыми руками вдоль туловища в относительно комфортных условиях при полном отсутствии какой-либо нагрузки на мускулатуру. Испытуемым закреплялись 2 электрода: к мышце (передних пучков дельтовидной правой руки) отводящей мизинец (*musculus adductor digiti mini (MADM)*) кисти был прикреплен накожный вилочковый электрод с постоянным межэлектродным расстоянием, а к самой кисти (где находится лучезапястный сустав) был прикреплен заземляющий электрод.

Находясь в комфортном (сидячем) положении испытуемым необходимо было сжимать рабочую часть динамометра мышечной силой 50Н 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 $t \approx +3C^0$ и находилась там, в течение 1 минуты, после чего снимались показатели). В течение 5 секунд по 15 раз записывались показания ЭМГ в режиме биполярного отведения с последующей регистрацией в памяти ЭВМ [4-7,9,10]. Всего было обследовано 15 человек (девушек), которые проживали на Севере более 20 лет.

Во всех случаях у испытуемых регистрировались ЭМГ с частотой дискретизации $\mu=0.25$ мс. Записи файлов ЭМГ мышцы обрабатывались программным комплексом для формирования вектора $x=(x_1, x_2)^T$, где $x_1=x(t)$ – абсолютное значение биопотенциалов мышцы (ЭМГ) на некотором интервале времени Δt , а x_2 – скорость изменения x_1 , т.е. $x_2=dx_1/dt$ [14-22,26,27].

Обработка полученных экспериментальных 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). Поскольку для многих параметров гомеостаза функции распределения $f(x)$ не могут показывать устойчивость ($f(x)$ непрерывно изменяются), то возникает вопрос о целесообразности использования функций распределения $f(x)$ для ЭМГ. Наблюдается их непрерывное изменение при сравнении выборок ЭМГ, и любая ЭМГ имеет свой особый закон распределения и $f(x)$ для каждого интервала. Были составлены матрицы парных сравнений выборок ЭМГ для всех 15-ти пар повторов как до, так и после гипотермического воздействия и установлена закономерность изменения числа «совпадений» пар выборок k , получаемых параметров $x_i(t)$ ЭМГ у группы испытуемых. Систематизация материала и представленных результатов расчетов выполнялась с применением программного пакета электронных таблиц *Microsoft Excel* и в рамках новых методов ТХС [16-21,23-25].

Результаты и их обсуждение. В результате обработки временной развертки сигнала ЭМГ (анализ спектра выборки периодических биомеханических показателей человека) с помощью программы «*MioEcg 2*» были получены 4000 дискретных значений $x(t)$ ЭМГ мышцы при каждом из многократных повторов до и после локального холодового воздействия. Все эти повторы были направлены на разработку методов индивидуальной медицины, в которой необходимо учитывать эффект Еськова-Зинченко [7,17,19-21,23,24,26], когда невозможно подряд произвольно получить две одинаковые $f(x)$ ($f_j(x_i) \neq f_{j+1}(x_i)$). При анализе полученных временных рядов по данным с электромиографии видно, что получаемый сигнал уникален. Это проявляется в хаотической динамике статистических функций распределения ЭМГ, получаемых выборок. Это и есть эффект Еськова-Зинченко в электрофизиологии, который в первые был открыт в биомеханике [2-7,9,10,12,17-21,23-25].

Для группы испытуемых был выполнен сравнительный статистический анализ динамики параметров ЭМГ с более чем 4000-ми точками ЭМГ в каждой выборке из всех

15-ти выборок (всего значений $x_i(t)$ в серии 60000 ЭМГ). Были составлены матрицы парных сравнений выборок ЭМГ до и после локального холодового воздействия, которые демонстрируют различное число пар совпадений (k) у группы испытуемых. При использовании непараметрического критерия Вилкоксона были получены многочисленные таблицы, в которых представлены результаты сравнения значений ЭМГ для 15-ти серий повторов выборок ЭМГ по 15 выборок в каждой серии эксперимента (225 выборок)).

В качестве примера представлены результаты обработки данных значений ЭМГ испытуемой в спокойном состоянии (без какого-либо воздействия) в виде матрицы (15×15) для одной (из всех 15-ти) серии (табл. 1). Эти повторы измерений ЭМГ производили для проверки эффекта Еськова-Зинченко (в физиологии) относительно состояния НМС, как базовой *функциональной системы организма* [2-7,9,10-12,14-16,22,26,27], для каждого испытуемого.

Характерно, что все статистические функции распределения $f(x)$ выборок ЭМГ показывают общую неустойчивость (для подряд регистрируемых повторов). Имеются (в табл.1.) только два поддиагональных элемента ($k_s=2$) с $p>0,05$. Это означает, что из 105 разных пар сравнения ЭМГ только у двух пар (подряд) возможно совпадение выборок ЭМГ. Здесь k – это число пар выборок, которые (пары) можно отнести к одной генеральной совокупности, если их регистрировать подряд.

Из табл. 1 следует, что k имеет небольшие значения ($k=13$) для испытуемой до локального холодового воздействия. Подобные результаты были получены и при сравнении всех 15-ти серий выборок (по 15 в каждой) ЭМГ после гипотермического воздействия. Однако, была отмечена разнонаправленная реакция у всех испытуемых на действие локального охлаждения: в группе девушек значения числа пар выборок k , как уменьшались, так и увеличивались после локального холодового воздействия. У мужского населения таких

разнонаправленных реакций не наблюдается [10,14,19].

Представляем сводную таблицу (табл. 2) результатов обработки данных значений ЭМГ для каждого испытуемого до и после гипотермического воздействия для **одной** из 15-ти серий повторов выборок ЭМГ по 15 выборок в каждой серии эксперимента всего 225 пар сравнения, из которых независимых пар было всего 105 (диагональные элементы исключались, а оставшиеся 210 пар делились пополам из-за симметрии этой матрицы по диагонали).

Таблица 1

Уровни значимости (p) для попарных сравнений параметров ЭМГ испытуемой до локального холодого воздействия с помощью непараметрического критерия Вилкоксона (*Wilcoxon Signed Ranks Test*) (число повторов $N=15$), число совпадений $k=13$

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|-------------|-------------|------|-------------|-------------|------|-------------|-------------|-------------|-------------|------|------|------|------|------|
| | 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 | 0,13 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,44 | 0,13 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2 | 0,00 | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,20 | 0,00 | 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 | 0,00 | 0,00 | | 0,19 | 0,00 | 0,00 | 0,61 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 5 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,19 | | 0,00 | 0,00 | 0,18 | 0,43 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,45 | 0,01 | 0,00 |
| 6 | 0,00 | 0,20 | 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 | 0,13 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,66 | 0,55 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,61 | 0,18 | 0,00 | 0,00 | | 0,94 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 9 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,43 | 0,00 | 0,00 | 0,94 | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,05 | 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 | 0,11 | 0,00 |
| 11 | 0,44 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,66 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 12 | 0,13 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,55 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 13 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,45 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | 0,00 | 0,00 |
| 14 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,11 | 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 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | |

Примечание: p – достигнутый уровень значимости (критическим уровнем принят $p < 0,05$)

В табл. 2 показано для одной из 15-ти серий экспериментов число k пар «совпадений» выборок ЭМГ невелико (табл. 2). Здесь верхняя строка-номер испытуемой, две последующие – числа k (до-после локального холодого воздействия). Из этой таблицы следует, что лишь у 5-ти испытуемых после гипотермии наблюдается уменьшение числа k пар совпадений выборок ЭМГ (№ 4,5,6,10,12)!

Таблица 2

Число пар совпадений выборок (k) для 1 из 15-ти серий матриц парного сравнения выборок ЭМГ у группы испытуемых до и после гипотермического воздействия

| N испытуемого | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | X_{cp} k | max k | min k | |
|------------------|-------------|---|----|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------------|--------------|--------------|----------|
| до охлаждения | k в серии | 7 | 3 | 6 | 8 | 13 | 14 | 10 | 9 | 6 | 11 | 4 | 9 | 14 | 7 | 4 | 8 | 14 | 3 |
| после охлаждения | k в серии | 9 | 16 | 9 | 5 | 4 | 12 | 17 | 10 | 18 | 2 | 11 | 7 | 14 | 14 | 7 | 10 | 18 | 2 |

Обратим внимание-что эти девушки занимаются различными видами спорта (на протяжении многих лет!) Аналогичная динамика нами наблюдалась и при анализе треморограмм (ТМГ) [4,11,18,21,24,26], теппинграмм (ТПГ) [1,3,7] и кардиоинтервалов (КИ) [9,25,28-30].

Это может, является важной характеристикой адаптационных закономерностей поведения хаотической динамики ЭМГ, ТМГ, ТПГ, КИ именно у лиц с хорошей физической подготовкой, что может ха-

актеризовать степень физической подготовленности и отличие спортсмена от человека без физической подготовки (при этом речь идет о женском населении Югры). Все это доказывает реальность эффекта Еськова-Зинченко в электромиографии.

Одновременно, это расширяет область примеров неустойчивости выборок x_i параметров гомеостаза организма человека, находящегося в различных физических состояниях.

Заключение. Электромиограммы являются характерным примером хаотической динамики поведения параметров любой сложной биомеханической системы. Параметры ЭМГ (*биоэлектрическая активность мышцы*), демонстрируют непо-

вторимую 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 ЭМГ) характер изменения (хаотического) [14,17,18,20].

Расчет матриц парных сравнений 15-ти выборок для испытуемых показал, что из 105 пар независимых выборок можно получить не более 14% пар совпадений выборок до локального холододового воздействия и около 18% после гипотермического воздействия (у лиц без физической подготовки). Остальные 86-82% пар сравнения демонстрируют отсутствие возможности их отнесения к одной генеральной совокупности. Это может, является важной характеристикой адаптационных возможностей функциональных систем организма (поведение хаотической динамики ЭМГ). У лиц с хорошей физической подготовкой, мы наблюдаем противоположную реакцию (уменьшение числа k пар совпадений выборок ЭМГ), что говорит о существенном формировании адаптационных механизмов у испытуемых за 23 года жизни на Севере РФ и состоянии адекватной мобилизации в рамках хаотичной, а не стохастической динамики.

Изучение состояния механизмов регуляции, определение степени напряжения регуляторных систем имеют большое значение для оценки особенностей адаптации организма человека к холоду.

Литература

1. Аушева Ф.И., Добрынина И.Ю., Мишина Е.А., Полухин В.В., Хадарцева К.А. Системный анализ суточной динамики показателей сердечно-сосудистой системы у больных при артериальной гипертензии // Вестник новых медицинских технологий. 2008. Т. 15, № 4. С. 208–210.
2. Гавриленко Т.В., Якунин Е.В., Горбунов Д.В., Гимадиев Б.Р., Самсонов И.Н. Эффект Еськова-Зинченко в оценке параметров теппинга // Вестник новых медицинских технологий. – 2017. – Т. 24, № 1. – С. 9-14.
3. Еськов В.В. Математическое моделирование неэргодичных гомеостатических систем // Вестник новых медицинских технологий. – 2017. – Т. 24, № 3. – С. 33-39.
4. Еськов В.М., Зинченко Ю.П., Филатов М.А., Иляшенко Л.К. Теорема Гленддорфа - Пригожина в описании хаотической динамики тремора при холододовом стрессе // Экология человека. – 2017. – № 5. – С. 27-32.
5. Еськов В.М., Томчук А.Г., Широков В.А., Ураева Я.И. Стохастический и хаотический анализ вертебронеурологических показателей и визуальной аналоговой шкалы боли в комплексном лечении хронических мышечно-скелетных болей // Клиническая медицина и фармакология. – 2017. – Т. 3, № 3. – С. 8-12.
6. Еськов В.М., Филатова О.Е., Полухин В.В. Проблема выбора абстракций при применении биофизики в медицине // Вестник новых медицинских технологий. – 2017. – Т. 24, № 1. – С. 158-167.
7. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Филатова О.Е., Л.К. Иляшенко Л.К. Биофизика живых систем в зеркале теории хаоса-самоорганизации // Вестник новых медицинских технологий. – 2017. – Т. 24, № 4. – С. 20-26.
8. Зинченко Ю.П., Хадарцев А.А., Филатова О.Е. Введение в биофизику гомеостатических систем (complexity) // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2016. № 3. С. 6–15. DOI: 10.12737/22107
9. Мирошниченко И.В., Ерега И.Ф., Ерега И.Р., Попов Ю.М. Матрицы парных сравнений выборок в оценке хаотической динамики параметров кардиоритма мужского населения Югры // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. – 2017. – Т. 11, № 4. – С. 58-63.
10. Мирошниченко И.В., Майстренко В.И., Ключ Л.Г., Булатов И.Б. Хаотическая динамика электроэнцефалограмм // Вестник новых медицинских технологий. – 2017. – Т. 24, № 2. – С. 22-28.

11.Филатова О.Е., Баженова А.Е., Иляшенко Л.К., Григорьева С.В. Оценка параметров треморограмм с позиции эффекта Еськова-Зинченко // Биофизика. – 2018. – Т. 63, № 2. – С. 358–364.

12.Филатова О.Е., Прохоров С.А., Иляшенко Л.К. Хаос метеопараметров как признак гомеостатичности // Вестник новых медицинских технологий. – 2017. – Т. 24, № 4. – С. 33-38.

13.Филатова О.Е., Хадарцева К.А., Филатова Д.Ю., Живаева Н.В. Биофизика сложных систем – complexity // Вестник новых медицинских технологий. 2016. Т. 23, №2. С. 9–17.

14.Якунин В.Е., Белощенко Д.В., Камалтдинова К.Р., Потетюрин Е.С. Хаотическая оценка параметров электромиограмм у мужчин при разном статическом усилии // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. – 2017. – Т. 11, № 3. – С. 28-33.

15.Eskov V.M. Models of hierarchical respiratory neuron networks // Neurocomputing. – 1996. – Vol. 11 (2-4). – Pp. 203-226.

16.Eskov V.M., Bazhenova A.E., Vochmina U.V., Filatov M.A., Ilyashenko L.K. N.A. Bernstein hypothesis in the Description of chaotic dynamics of involuntary movements of person // Russian Journal of Biomechanics. – 2017. – Vol. 21. – No. 1. – Pp. 14-23.

17.Eskov V.M., Eskov V.V., Gavrilenko T.V. and Vochmina Yu.V. Formalization of the Effect of “Repetition without Repetition” Discovered by N.A. Bernshtein // Biophysics. – 2017. – Vol. 62. – No. 1. – Pp. 143-150.

18.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. – No. 3. – Pp. 309-317.

19.Eskov V.M., Filatova O.E. A compartmental approach in modeling a neuronal network. Role of inhibitory and excitatory processes // Biofizika. – 1999. – Vol. 44 (3). – Pp. 518-525.

20.Eskov V.M., Filatova O.E. Respiratory rhythm generation in rats: The importance of

inhibition // Neurophysiology. – 1995. – Vol. 25 (6). – Pp. 348-353.

21.Eskov V.M., Filatova O.E., Eskov V.V. and Gavrilenko T.V. The Evolution of the Idea of Homeostasis: Determinism, Stochastics and Chaos–Self-Organization // Biophysics. – 2017. – Vol. 62. – No. 5. – Pp. 809-820.

22.Eskov V.M., Filatova O.E., Ivashenko V.P. Computer identification of compartmental neuron circuits // Measurement Techniques. – 1994. – Vol. 37 (8). – Pp. 967-971.

23.Eskov V.M., Gudkov A.B., Bazhenova A.E., Kozupitsa G.S. The tremor parameters of female with different physical training in the Russian North // Human Ecology. – 2017. – No. 3. – Pp. 38-42.

24.Eskov V.V., Filatova O.E., Gavrilenko T.V. and Gorbunov D.V. Chaotic Dynamics of Neuromuscular System Parameters and the Problems of the Evolution of Complexity // Biophysics. – 2017. – Vol. 62. – No. 6. – Pp. 961-966.

25.Eskov V.V., Gavrilenko T.V., Eskov V.M., Vochmina Yu.V. Static Instability Phenomenon in Type-Three Secretion Systems: Complexity // Technical Physics. – 2017. – Vol. 62. – No. 11. – Pp. 1611-1616.

26.Eskov Valery M. Cyclic respiratory neuron network with subcycles // Neural Network World. – 1994. – Vol. 4 (4). – Pp. 403-416.

27.Eskov, V.M. Hierarchical respiratory neuron networks // Modelling, Measurement and Control C. – 1995. – Vol. 48 (1-2). – Pp. 47-63.

28.Filatova D.U., Veraksa A.N., Berestin D.K., Streltsova T.V. Stochastic and chaotic assessment of human's neuromuscular system in conditions of cold exposure // Human Ecology. – 2017. – No. 8. – Pp. 15-20.

29.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. – No. 3. – Pp. 224-232.

30.Mezentseva L.V. Mathematical modeling of atrial fibrillation // Bulletin of Exper-

imental Biology and Medicine. – 2012. – Vol. 153. – No. 5. – Pp. 800-804.

31. Mezentseva L.V., Pertsov S.S. Computer modeling– based analysis of the persistence of different modes of heart– rate dynamics // *Biophysics*. – 2015. – Vol. 60. – No. 5. – Pp. 823-826.

32. Mezentseva L.V., Pertsov S.S., Kopilov F.Yu., Lastovetsky A.G. Mathematical analysis of the stability of heart– rate dynamics in postinfarction patients // *Biophysics*. – 2017. – Vol. 62. – No. 3. – Pp. 499-502.

33. Zilov V.G., Khadartsev A.A., Eskov V.V. and Eskov V.M. Experimental Study of Statistical Stability of Cardiointerval Samples // *Bulletin of experimental biology and medicine*. – 2017. – Vol. 164. – No. 2. – Pp. 115-117.

Reference

1. Ausheva FI, Dobrytnina IYu, Mishina EA, Polukhin VV, Khadartseva KA. Sistemyy analiz sutochnoy dinamiki pokazateley serdechno-sosudistoy sistemy u bol'nykh pri arterial'noy gipertenzii. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy*. 2008;15(4):208-10. Russian.

2. Gavrilenko T.V., Yakunin E.V., Gorbunov D.V., Gimadiev B.R., Samsonov I.N. Effekt Es'kova-Zinchenko v otsenke parametrov teppinga [Eskov-Zinchenko effect in the estimation of tapping parameters] // *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii* [Journal of new medical technologies]. – 2017. – T. 24, № 1. – S. 9-14.

3. Es'kov V.V. Matematicheskoe modelirovanie neergodichnykh gomeostaticheskikh sistem [Mathematical modeling of non-ergodic homeostatic systems] // *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii* [Journal of new medical technologies]. – 2017. – T. 24, № 3. – S. 33-39.

4. Es'kov V.M., Zinchenko Yu.P., Filatov M.A., Ilyashenko L.K. Teorema Glensdorfa - Prigozhina v opisani khaoticheskoi dinamiki tremora pri kholodovom stresse [Theorem Glansdorff-Prigogine in the description of chaotic dynamics tremor in

cold stress] // *Ekologiya cheloveka* [Human ecology]. – 2017. – № 5. – S. 27-32.

5. Es'kov V.M., Tomchuk A.G., Shirokov V.A., Uraeva Ya.I. Stokhasticheskiy i khaoticheskiy analiz vertebronevrologicheskikh pokazateley i vizual'noi analogovoi shkaly boli v kompleksnom lechenii khronicheskikh myshechno-skeletnykh boley [Stochastic and chaotic analysis of vertebroneurological indicators and visual analogue scale of pain in complex treatment of chronic muscle-skeletal pains] // *Klinicheskaya meditsina i farmakologiya* [Klinicheskaya meditsina i farmakologiya]. – 2017. – T. 3, № 3. – S. 8-12.

6. Es'kov V.M., Filatova O.E., Polukhin V.V. Problema vybora abstraktsii pri primeneni biofiziki v meditsine [Problem of a choice of abstractions: application the biophysics in medicine] // *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii* [Journal of new medical technologies]. – 2017. – T. 24, № 1. – S. 158-167.

7. Es'kov V.M., Khadartsev A.A., Filatova O.E., L.K. Ilyashenko L.K. Biofizika zhivykh sistem v zerkale teorii khaosamoorganizatsii [Biophysics of living systems in mirror of chaos and self-organization theory] // *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii* [Journal of new medical technologies]. – 2017. – T. 24, № 4. – S. 20-26.

8. Zinchenko YuP, Khadartsev AA, Filatova OE. Introduction to home biophysics of homeostatic systems (complexity) // *Complexity. Mind. Postneclassics*. 2016. № 3. P. 6–15. DOI: 10.12737 / 22107

9. Miroshnichenko I.V., Erega I.F., Erega I.R., Popov Yu.M. Matritsy parnykh sravnenii vyborok v otsenke khaoticheskoi dinamiki parametrov kardioritma muzhskogo naseleniya Yugry [Matrixes of pairwise comparisons of samples in assessment of chaotic dynamics of cardiorhythm of men's population of Ugra] // *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii* [Journal of new medical technologies]. Elektronnoe izdanie. – 2017. – T. 11, № 4. – S. 58-63.

10. Miroshnichenko I.V., Maistrenko V.I., Klyus L.G., Bulatov I.B. Khaoticheskaya dinamika elektroentsefalogramm [Chaotic

dynamics of electroencefalogramm] // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii [Journal of new medical technologies]. – 2017. – Т. 24, № 2. – С. 22-28.

11. Filatova O.E., Bazhenova A.E., Ilyashenko L.K., Gpigop'eva C.V. Otsenka parametrov tremorogramm s pozitsii efekta Es'kova-Zinchenko [Tremorogram parameters assessment from the standpoint of Eskov-Zinchenko effect] // Biofizika [Biophysics]. – 2018. – Т. 63, № 2. – С. 358–364.

12. Filatova O.E., Prokhorov S.A., Ilyashenko L.K. Khaos meteoparametrov kak priznak gomeostatichnosti [Chaos of meteorological parameters as a sign of homeostasis] // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii [Journal of new medical technologies]. – 2017. – Т. 24, № 4. – С. 33-38.

13. Yakunin V.E., Beloshchenko D.V., Kamaltdinova K.R., Potetyurina E.S. Khaoticheskaya otsenka parametrov elektromiogramma u muzhchin pri raznom staticheskom usilii [Chaotic assesment of electromyograms parameters in men with different static physical loads] // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii. Elektronnoe izdanie [Journal of new medical technologies]. – 2017. – Т. 11, № 3. – С. 28-33.

14. Eskov Valery M. Cyclic respiratory neuron network with subcycles // Neural Network World. – 1994. – Vol. 4 (4). – Pp. 403-416.

15. Eskov V.M., Filatova O.E., Ivashenko V.P. Computer identification of compartmental neuron circuits // Measurement Techniques. – 1994. – Vol. 37 (8). – Pp. 967-971.

16. Eskov V.M. Hierarchical respiratory neuron networks // Modelling, Measurement and Control C. – 1995. – Vol. 48 (1-2). – Pp. 47-63.

17. Eskov V.M., Filatova O.E. Respiratory rhythm generation in rats: The importance of inhibition // Neurophysiology. – 1995. – Vol. 25 (6). – Pp. 348-353.

18. Eskov V.M. Models of hierarchical respiratory neuron networks // Neurocomputing. – 1996. – Vol. 11 (2-4). – Pp. 203-226.

19. Eskov V.M., Filatova O.E. A compartmental approach in modeling a neuronal network. Role of inhibitory and excitatory

processes // Biofizika. – 1999. – Vol. 44 (3). – Pp. 518-525.

20. Eskov V.V., Filatova O.E., Gavrilenko T.V. and Gorbunov D.V. Chaotic Dynamics of Neuromuscular System Parameters and the Problems of the Evolution of Complexity // Biophysics. – 2017. – Vol. 62. – No. 6. – Pp. 961-966.

21. Eskov V.V., Gavrilenko T.V., Eskov V.M., Vochmina Yu.V. Static Instability Phenomenon in Type-Three Secretion Systems: Complexity // Technical Physics. – 2017. – Vol. 62. – No. 11. – Pp. 1611-1616.

22. Eskov V.M., Filatova O.E., Eskov V.V. and Gavrilenko T.V. The Evolution of the Idea of Homeostasis: Determinism, Stochastics and Chaos–Self-Organization // Biophysics. – 2017. – Vol. 62. – No. 5. – Pp. 809-820.

23. Eskov V.M., Gudkov A.B., Bazhenova A.E., Kozupitsa G.S. The tremor parameters of female with different physical training in the Russian North // Human Ecology. – 2017. – No. 3. – Pp. 38-42.

24. Eskov V.M., Eskov V.V., Gavrilenko T.V. and Vochmina Yu.V. Formalization of the Effect of “Repetition without Repetition” Discovered by N.A. Bernshtein // Biophysics. – 2017. – Vol. 62. – No. 1. – Pp. 143-150.

25. 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. – No. 3. – Pp. 309-317.

26. Eskov V.M., Bazhenova A.E., Vochmina U.V., Filatov M.A., Ilyashenko L.K. N.A. Bernstein hypothesis in the Description of chaotic dynamics of involuntary movements of person // Russian Journal of Biomechanics. – 2017. – Vol. 21. – No. 1. – Pp. 14-23.

27. Zilov V.G., Khadartsev A.A., Eskov V.V. and Eskov V.M. Experimental Study of Statistical Stability of Cardiointerval Samples // Bulletin of experimental biology and medicine. – 2017. – Vol. 164. – No. 2. – Pp. 115-117.

28. Filatova D.U., Veraksa A.N., Berestin D.K., Streltsova T.V. Stochastic and chaotic

assessment of human's neuromuscular system in conditions of cold exposure // Human Ecology. – 2017. – No. 8. – Pp. 15-20.

29. Filatova O.E., Eskov V.V., Filatov M.A., Pyashenko L.K. Statistical instability phenomenon and evaluation of voluntary and involuntary movements // Russian Journal of Biomechanics. – 2017. – Vol 21. – No. 3. – Pp. 224-232.

30. Mezentseva L.V. Mathematical modeling of atrial fibrillation // Bulletin of Exper-

imental Biology and Medicine. – 2012. – Vol. 153. – No. 5. – Pp. 800-804.

31. Mezentseva L.V., Pertsov S.S. Computer modeling– based analysis of the persistence of different modes of heart– rate dynamics // Biophysics. – 2015. – Vol. 60. – No. 5. – Pp. 823-826.

32. Mezentseva L.V., Pertsov S.S., Kopilov F.Yu., Lastovetsky A.G. Mathematical analysis of the stability of heart– rate dynamics in postinfarction patients // Biophysics. – 2017. – Vol. 62. – No. 3. – Pp. 499-502.