

DOI: 10.12737/article_58ef6cb9774501.10816350

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОМИОГРАММ В РАМКАХ ТЕОРИИ ХАОСА-САМООРГАНИЗАЦИИ

В.Е. ЯКУНИН*, Д.В. БЕЛОЩЕНКО**, К.А. АФАНЕВИЧ**, Д.В. ГОРБУНОВ**

*ФБГОУ ВПО «Тольяттинский государственный университет»,
ул. Белорусская, 14, г. Тольятти, 445020, Россия

**БУ ВО «Сургутский государственный университет», ул. Ленина, 1, Сургут, 628400, Россия

Аннотация. В рамках теории хаоса-самоорганизации демонстрируются изменения значений площадей S квазиаттракторов (КА) электромиограмм (биопотенциалов мышцы отводящей мизинец) при повторных экспериментах у испытуемых (молодые девушки Югры), находящихся в разных физиологических состояниях: при слабом напряжении мышцы ($F_1=5$ даН) и при сильном напряжении мышцы ($F_2=20$ даН). При двукратном напряжении мышцы у испытуемых наблюдается уменьшение значения площадей КА параметров электромиограмм и числа k пар совпадений (при построении матриц (15×15)) при их повторных измерениях. Подчеркивается, что динамика на уменьшение k и S (при $k_2 < k_1$ и $KA_2 < KA_1$ соответственно) характерна именно для молодых женщин (девушек Югры). В серии других экспериментов для мужчин мы наблюдали увеличение объемов таких квазиаттракторов (при переходе от F_1 к $F_2=2F_1$).

Ключевые слова: электромиограмма, хаос-самоорганизация, квазиаттрактор, критерий Вилкоксона.

ELECTROMYOGRAMS ASSESMENT BASED ON A THEORY OF CHAOS - SELFORGANIZATION

V.E. YAKUNIN*, D.V. BELOSHCHENKO**, K.A. AFANEVICH**, D.V. GORBUNOV**

*Togliatti State University, Street Belorusskaya, 14, Togliatti, 445020, Russia

**Surgut state University, Lenin pr., 1, Surgut, 628400, Russia

Abstract. Within the framework of the theory of chaos-self-organization it has been demonstrated that the changing of quasi-attractors' (QA) areas S of electromyograms (muscle biopotentials (abductor of the little finger)) in repeated experiments in test subjects (young girls living in Yugra) at different physiological conditions: at low muscle tension ($F_1=5$ daN) and severe muscle tension ($F_2=20$ daN). In case of two-time increase in muscle tension in test subjects the next has been observed: decrease in area values of quasi-attractor parameters of electromyograms and the number k of pairs of matches (when building matrices (15×15)) for repeated measurements. It is emphasized that dynamics of decrease in k and S (when $k_2 < k_1$ and results of $QA_2 < QA_1$, respectively) is typical for young women (girls of Yugra). In other series of experiments we are looking for increasing of such quasiattractors volume (it we from trams form the transition from F_1 to $F_2=2F_1$).

Key words: electromyogram, chaos and self-organization, quasiattractor, Wilcoxon test.

Введение. Экологические и антропогенные факторы Севера формируют неблагоприятный фон для функционального состояния и здоровья человека. Это в первую очередь сказывается на деятельности двигательной системы, которая отражает поведение организма как единого целого. В свя-

зи с этим возникает проблема изучения особенностей поведения параметров двигательных функций человека, проживающего в особых условиях Югры [1,2,17,20]. При этом очень часто приходится выполнять двигательные физические нагрузки при пониженных температурах окружающей сре-

ды.

Предлагается внедрение традиционных и новых физических методов в биологические исследования на основе метода двухмерного фазового пространства для изучения особенностей *электромиограмм* (ЭМГ) при *слабом* и при *сильном* напряжении мышцы у молодых женщин (девушек Югры). Вместо традиционного понимания стационарных режимов биосистем в виде $dx/dt=0$, где $x=x(t)=(x_1, x_2, \dots, x_n)^T$ является *вектором состояния системы* (ВСС), предлагается использовать параметры *квазиаттракторов* (КА), внутри которых наблюдается хаотическое движение ВСС в *фазовом пространстве состояний* (ФПС) [7-9,12,14,15,18,21]. Эти движения имеют хаотический характер, т.е. постоянно $dx/dt \neq 0$. Любое направленное физическое воздействие изменяет значения параметров *нервно-мышечной системы* (НМС) человека, о чем свидетельствуют изменения значения площадей КА параметров ЭМГ. Это представляет количественную меру эффекта Еськова-Зинченко в анализе хаотически изменяющихся статистических функций распределения выборок электромиограмм. Для всех полученных выборок ЭМГ выполняется сравнительный статистический анализ, рассчитываются площади квазиаттракторов, а также строятся фазовые портреты [6,7,9,12,15,18,20,22-24].

Объекты и методы исследования.

Для исследования была привлечена группа испытуемых – молодые девушки, средний возраст 24-е года и проживающие на Севере РФ более 20-ти лет. Регистрация ЭМГ проводилась по стандартной методике: изначально испытуемая находилась в положении сидя с вытянутыми руками вдоль туловища в относительно комфортных условиях при полном отсутствии какой-либо нагрузки на мускулатуру. У испытуемой закреплялся электрод на коже к отводящей мышце мизинца кисти. Накожный биполярный электрод имел постоянное межэлектродное расстояние, а к самой кисти (где находится лучезапястный сустав) был прикреплен заземляющий электрод. Находясь в комфортном сидячем положении испытуемой, необходимо было сжимать ра-

бочую часть *динамометра* (ДМ) мышечной силой ($F_1=5$ и $F_2=20$ *деканьютон* (даН)) кистью правой верхней конечности, вытянутой в горизонтальном положении. В течение 5 секунд по 15 раз записывались показания датчика в виде ЭМГ, как функция биопотенциалов $x_i(t)$. В каждой серии измерений показатели снимались при *слабом* напряжении мышцы ($F_1=5$ даН) и при *сильном* напряжении мышцы ($F_2=20$ даН) в сравнительном аспекте, многократно [2-6,11,13-17].

Во всех случаях у испытуемых регистрировались электромиограммы с частотой дискретизации $\mu=0.25$ мс. Записи электромиограмм 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. $x_2=dx_1/dt$. На основе полученного вектора $x(t)=(x_1, x_2)^T$ строились КА динамики поведения $x(t)$ и рассчитывались площади квазиаттракторов для всех многократных повторов испытуемой. Расчет площади $S_{КА}$ (в общем случае объема V_G , т.к. $x_3=dx_2/dt$) 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 был неповторим и невоспроизводим и поэтому эти движения (как хаотические) происходили в пределах ограниченных объёмов ФПС – квазиаттракторов, динамику которых можно изучать в рамках *теории хаоса-самоорганизации* (ТХС) [5-7,9,11-18].

Обработка полученных экспериментальных данных осуществлялась при помощи программного пакета «*Statistica 6.1*». Были составлены матрицы парных сравнений выборок параметров ЭМГ для всех 15-ти серий эксперимента при слабом напряжении мышцы ($F_1=5$ даН) и при сильном напряжении мышцы ($F_2=20$ даН). Устанавливалась закономерность изменения числа «совпадений» пар выборок k , получаемых параметров $x_i(t)$ ЭМГ у группы испытуемых. Систематизация материала и пред-

ставленных результатов расчетов выполнялась с применением программного пакета электронных таблиц *Microsoft Excel* и в рамках новых методов ТХС [10,11,13,16, 19,20,22,23].

был выполнен статистический анализ динамики значений площадей параметров КА электромиограмм (табл. 1.) для одного (типового) испытуемого – испытуемой (БДВ): при слабом напряжении мышцы ($F_1=5$ даН)

Таблица 1

Результаты статистической проверки на соответствие закону нормального распределения (по критерию Шапиро-Уилка) значений площадей ($Z \times 10^5$ у.е.) параметров квазиаттракторов ЭМГ у испытуемой (БДВ) при слабом напряжении мышцы ($F_1=5$ даН) и при сильном напряжении мышцы ($F_2=20$ даН) при повторных экспериментах ($N=15$)

N	Z ₁ при слабом напряжении мышцы (F ₁ =5 даН)						Z ₂ при сильном напряжении мышцы (F ₁ =20 даН)					
	X _{cp}	W	p	Процентили %			X _{cp}	W	p	Процентили %		
				50, Me	5, %	95, %				50, Me	5, %	95, %
1	7,70	0,86	0,02	8,97	2,21	10,6	5,10	0,79	0,00	4,16	2,8	7,4
2	5,34	0,86	0,02	4,58	3,37	9,97	3,80	0,82	0,01	2,82	1,63	7,17
3	7,23	0,83	0,01	7,07	5,79	10,3	6,97	0,83	0,01	7,18	2,8	8,78
4	5,61	0,91	0,15	5,19	2,93	9,97	4,94	0,90	0,10	4,83	2,8	7,18
5	8,21	0,75	0,00	7,61	7,15	12,4	6,23	0,79	0,00	7,17	2,74	7,92
6	4,82	0,84	0,01	3,37	2,41	9,97	4,31	0,81	0,00	2,95	1,6	7,17
7	4,78	0,88	0,05	3,66	2,26	9,97	5,82	0,89	0,06	5,74	2,8	7,19
8	6,49	0,92	0,17	5,9	2,9	13,3	7,28	0,82	0,01	7,2	2,8	9,65
9	7,84	0,84	0,01	7,6	5,72	11,7	3,73	0,74	0,00	2,36	1,31	7,19
10	4,44	0,89	0,07	3,81	1,93	9,97	6,96	0,80	0,00	7,18	2,8	9,41
11	6,33	0,70	0,00	6,6	2,75	7,8	4,26	0,78	0,00	3,37	2,24	7,19
12	6,97	0,88	0,05	7,19	2,8	8,89	7,82	0,81	0,01	7,78	2,8	9,96
13	5,84	0,88	0,05	5,78	2,8	7,24	7,47	0,76	0,00	7,2	2,8	9,68
14	3,98	0,85	0,02	2,86	1,18	7,97	6,62	0,91	0,14	7,19	2,8	9,11
15	5,36	0,87	0,04	4,85	2,8	7,47	7,06	0,82	0,01	7,19	2,8	9,33
X _{cp}	6,06	0,85	0,05	5,66	3,26	9,83	5,89	0,82	0,02	5,62	2,50	8,28

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_{cp} – средние арифметические значения; Me – медиана (5%;95%) для описания асимметричных распределений использована медиана, а в качестве мер рассеяния процентили (5-й и 95-й)

Результаты и их обсуждения. Для группы испытуемых было получено 15 серий по 15 выборок ЭМГ (225 выборок) с более чем 4000 точек ЭМГ в каждой выборке из всех 15-ти выборок (всего значений $x_i(t)$ в серии 60000 ЭМГ). Далее производился анализ полученных данных с помощью различных методов. Первоначально

и при сильном напряжении мышцы ($F_2=20$ даН) на предмет проверки соответствия нормального закона распределения. Так как данные параметров ЭМГ распределены ненормально, то в дальнейшем результаты представлялись медианами и процентлями (5-й и 95-й).

В табл.1 представлены результаты статистической обработки значений площадей $S(S=Z \times 10^5$ у.е.) параметров квазиаттракторов ЭМГ у испытуемой (БДВ) при слабом напряжении мышцы ($F_1=5$ даН) и при сильном напряжении мышцы ($F_2=20$ даН) при повторных сериях эксперимента ($N=15$). Средние значения показателей (X_{cp}, W, p, 50, Me, 5, % и 95, % процентили) уменьшаются при двукратном увеличении силы напряжения мышцы ($F_2=20$ даН), что доказывает статистическую неустойчивость электромиограмм и может говорить об ответной реакции нервно-мышечной системы на физическую нагрузку у молодых женщин (девушек Югры).

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 статистического распределения $f(x)$ для каждого интервала Δt . Были составлены матрицы парных сравнений значений площадей квазиаттракторов ($Z \times 10^5$ у.е.) параметров электромиограмм для 15-ти серий повторных выборок ЭМГ по 15-ти выбо-

рок в каждой серии (табл. 2-3) у испытуемой (БДВ) при 2-х силах сжатия динамометра ($F_1=5$ даН и $F_2=20$ даН). В качестве характерного примера такой матрицы мы представляем табл. 2.

($F_2=20$ даН) в виде матрицы (15×15) покажет уменьшение числа k до $k_2=33$.

В целом, следует, что число пар k значений площадей ($Z \times 10^5$ у.е.) квазиаттракторов параметров ЭМГ у испытуемой (БДВ)

Таблица 2

Уровни значимости (P) для попарных сравнений 15-ти выборок параметров ЭМГ испытуемой (БДВ) при сильнонапряжении мышцы ($F_2=20$ даН) при повторных экспериментах ($k=13$), с помощью непараметрического критерия Вилкоксона (*Wilcoxon Signed Ranks Test*)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,88	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,02		0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,07	0,04	0,00	0,00	0,02	0,00
3	0,00	0,03		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,88	0,44	0,00	0,00	0,00	0,35	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	0,29
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,48	0,95	0,07	0,00
9	0,00	0,05	0,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,71	0,00	0,00	0,00	0,27	0,00
10	0,00	0,07	0,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,71		0,00	0,00	0,00	0,13	0,00
11	0,88	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,48	0,00	0,00	0,00		0,97	0,01	0,00
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,95	0,00	0,00	0,00	0,97		0,00	0,00
14	0,00	0,02	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,27	0,13	0,00	0,01	0,00		0,00
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

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

Для проверки эффекта Еськова-Зинченко были рассчитаны матрицы парных сравнений выборок самих площадей квазиаттракторов (всего 225 пар сравнения) из которых независимых 105 (табл. 3). Результаты попарного сравнения средних значений рангов (достигнутых уровней значимости) выборок значений площадей ($Z \times 10^5$ у.е.) квазиаттракторов параметров ЭМГ у испытуемой (БДВ) при *слабом* напряжении мышцы ($F_1=5$ даН) с помощью непараметрического критерия Вилкоксона (*Wilcoxon Signed Ranks Test*) представлены в табл. 3. Отсюда следует, что число k пар выборок ЭМГ, которые следует отнести к одной генеральной совокупности, в табл. 3 велико ($k_1=52$). Однако в ТХС имеются другие критерии различий КА (не статистические). Результаты обработки значений площадей ($Z \times 10^5$ у.е.) квазиаттракторов параметров ЭМГ у испытуемой (БДВ) при *двукратном* напряжении мышцы

при четырехкратном увеличении силы сжатия ($F_2=4F_1$), (подчеркнем, что человек находился в другом гомеостазе и выборки ЭМГ (по $n=4000$ точек ЭМГ в каждой) получались подряд) уменьшилось до $\langle k_2 \rangle = 33$. Это малая величина из всех 105 независимых пар сравнения. Оказалось, что в первом случае (для $F_1=5$ даН) матрица 15×15 (105 разных пар сравнений) показывает $\langle k_1 \rangle = 52$. При увеличении напряжения до $F_2=20$ даН наблюдается уменьшение числа совпадений пар значений площадей ($Z \times 10^5$ у.е.) квазиаттракторов параметров ЭМГ [5] до $k_2=33$ (доля стохастики уменьшается (k снижается)). Аналогичная динамика нами наблюдалась и для значений площадей ($Z \times 10^n$ у.е.) квазиаттракторов параметров треморограмм [2,3,10] и кардиоинтервалов [4] у испытуемой (БДВ). Все это доказывает глобальность эффекта Еськова-Зинченко, в котором наблюдается хаотический калейдоскоп статистических функций $f(x)$ для одного гомеостаза.

Таблица 3

Уровни значимости (P) для попарных сравнений 225-ти значений площадей ($Z \times 10^5$ у.е.) параметров квазиаттракторов ЭМГ у испытуемой (БДВ) при слабом напряжении мышцы ($F_1=5$ даН) при повторных экспериментах ($k_1=52$), с помощью непараметрического критерия Вилкоксона (*Wilcoxon Signed Ranks Test*)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0,03	0,55	0,03	0,64	0,02	0,02	0,25	0,88	0,02	0,16	0,43	0,02	0,00	0,01
2	0,03		0,00	0,83	0,00	0,12	0,12	0,07	0,00	0,04	0,13	0,07	0,22	0,03	0,86
3	0,55	0,00		0,00	0,02	0,00	0,00	0,20	0,05	0,00	0,73	0,51	0,00	0,00	0,00
4	0,03	0,83	0,00		0,00	0,16	0,08	0,07	0,00	0,05	0,23	0,21	0,73	0,01	0,50
5	0,64	0,00	0,02	0,00		0,00	0,00	0,04	0,12	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00
6	0,02	0,12	0,00	0,16	0,00		0,88	0,02	0,00	0,78	0,05	0,03	0,09	0,21	0,21
7	0,02	0,12	0,00	0,08	0,00	0,88		0,01	0,00	0,40	0,06	0,02	0,11	0,05	0,38
8	0,25	0,07	0,20	0,07	0,04	0,02	0,01		0,05	0,00	0,55	0,43	0,73	0,01	0,27
9	0,88	0,00	0,05	0,00	0,12	0,00	0,00	0,05		0,00	0,02	0,48	0,00	0,00	0,00
10	0,02	0,04	0,00	0,05	0,00	0,78	0,40	0,00	0,00		0,02	0,01	0,05	0,47	0,18
11	0,16	0,13	0,73	0,23	0,00	0,05	0,06	0,55	0,02	0,02		0,05	0,03	0,00	0,06
12	0,43	0,07	0,51	0,21	0,06	0,03	0,02	0,43	0,48	0,01	0,05		0,05	0,00	0,02
13	0,02	0,22	0,00	0,73	0,00	0,09	0,11	0,73	0,00	0,05	0,03	0,05		0,00	0,39
14	0,00	0,03	0,00	0,01	0,00	0,21	0,05	0,01	0,00	0,47	0,00	0,00	0,00		0,02
15	0,01	0,86	0,00	0,50	0,00	0,21	0,38	0,27	0,00	0,18	0,06	0,02	0,39	0,02	

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

Заключение. Методы математического расчета значений площадей квазиаттракторов параметров ЭМГ у испытуемой БДВ (в сочетании с традиционными детерминистско-стохастическими методами) в виде парных сравнений выборок ЭМГ и постро-

ения матриц (15×15) значений площадей квазиаттракторов ЭМГ обеспечивают получение объективной информации о функциональном состоянии и степени адекватности реакций организма на физическую нагрузку. Таким образом, присильном напряжении мышцы ($F_2=20$ даН) существенно изменяются значения параметров ЭМГ. Это позволяет объективно оценивать динамику резервных возможностей организма и их прогностическую значимость, а также оценивать степень тренированности (или детренированности) испытуемых.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ «Разработка новых информационных моделей и вычислительных алгоритмов для идентификации параметров порядка в описании и прогнозах сложных медико-биологических систем», №15-41-00034 p_урал_a.

Литература

References

1. Адайкин В.И., Берестин К.Н., Глушук А.А., Лазарев В.В., Полухин В.В., Русак С.Н., Филатова О.Е. Стохастические и хаотические подходы в оценке влияния метеофакторов на заболеваемость населения на примере ХМАО-Югры // Вестник новых медицинских технологий. 2008. Т. 15, № 2. С. 7–9.
2. Баженова А.Е., Башкатова Ю.В., Живаева Н.В. Хаотическая динамика ФСО человека на Севере в условиях физической нагрузки. Тула, 2016. 318 с.
3. Балтикова А.А., Баженова А.Е., Башкатова Ю.В., Карпин В.А., Горленко Н.П. Многомерная хаотическая динамика тремора в оценке реакции нервно-мышечной системы

Adaykin VI, Berestin KN, Glushchuk AA, Lazarev BV, Polukhin VV, Rusak CN, Filatova OE. Stokhasticheskie i khaoticheskie podkhody v otsenke vliyaniya meteofaktorov na zaboлеваemost' naseleniya na primere KhMAO-Yugry. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2008;15(2):7-9. Russian.

Bazhenova AE, Bashkatova YuV, Zhivaeva NV. Khaoticheskaya dinamika FSO cheloveka na Severe v usloviyakh fizicheskoy nagruzki [Chaotic dynamics of human FSO in the North under conditions of physical activity]. Tula; 2016. Russian.

Baltikova AA, Bazhenova AE, Bashkatova YuV, Karpin VA, Gorlenko NP. Mnogomernaya khaoticheskaya dinamika tremora v otsenke reaktsii nervno-myshechnoy sistemy cheloveka na fizicheskuyu

- человека на физическую нагрузку // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2013. № 1. Публикация 1-6. URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2013-1/4341.pdf> (Дата обращения: 15.04.2013)
4. Башкатова Ю.В., Добрынина И.Ю., Горленко Н.П., Ельников А.В., Хадарцева К.А., Фудин Н.А. Стохастическая и хаотическая оценка состояния параметров сердечно-сосудистой системы испытуемых в условиях дозированной физической нагрузки // Вестник новых медицинских технологий. 2014. Т. 21, № 4. С. 24–29.
5. Белощенко Д.В., Майстренко Е.В., Алиев А.А., Сорокина Л.С. Влияние локального холодового воздействия на параметры электромиограмм тренированного испытуемого // Клиническая медицина и фармакология. 2016. Т. 2, № 3. С. 42–46.
6. 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.
7. Веракса А.Н., Филатова Д.Ю., Поскина Т.Ю., Ключ Л.Г. Термодинамика в эффекте Еськова – Зинченко при изучении стационарных состояний сложных биомедицинских систем // Вестник новых медицинских технологий. 2016. Т. 23, №2. С. 18–25.
8. Дудин Н.С., Русак С.Н., Хадарцев А.А., Хадарцева К.А. Новые подходы в теории устойчивости биосистем – альтернатива теории А.М. Ляпунова // Вестник новых медицинских технологий. 2011. Т. 18, № 3. С. 336.
9. Еськов В.В., Горбунов Д.В., Григоренко В.В., Шадрин Г.А. Анализ миограмм с позиций стохастики и теории хаоса – самоорганизации // Вестник новых медицинских технологий. 2015. Т. 22, № 2. С. 32–38.
10. Еськов В.М., Гудков А.Б., Баженова А.Е., Козупица Г.С. Характеристика параметров тремора у женщин с различной физической нагрузкой в условиях севера России // Эко-
- nagruzku [Multidimensional chaotic dynamics of the tremor in the assessment of reaction of neuromuscular system of the person on physical activity]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. Elektronnoe izdanie [internet]. 2013[cited 2013 Apr 15];1:[about 4 p.]. Russian. Available from: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2013-1/4341.pdf>.
- Bashkatova YuV, Dobrynina IYu, Gorlenko NP, El'nikov AV, Khadartseva KA, Fudin NA. Stokhasticheskaya i khaoticheskaya otsenka sostoyaniya parametrov serdechnososudistoy sistemy ispytuemykh v usloviyakh dozirovannoy fizicheskoy nagruzki [Stochastic and chaotic estimation of the state of the parameters of the cardiovascular system of subjects under the conditions of the dosed physical load]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2014;21(4):24-9. Russian.
- Beloshchenko DV, Maystrenko EV, Aliev AA, Sorokina LS. Vliyanie lokal'nogo kholodovogo vozdeystviya na parametry elektromiogramm trenirovannogo ispytuemogo [Influence of local cold impact on the parameters of electromyograms of the trained subject]. Klinicheskaya meditsina i farmakologiya. 2016;2(3):42-6. Russian.
- Betelin VB, Es'kov VM, Galkin VA, Gavrilenko TV. Stokhasticheskaya neustoychivost' v dinamike povedeniya slozhnykh gomeostaticeskikh sistem [Stochastic instability in the dynamics of behavior of complex homeostatic systems]. Doklady akademii nauk. 2017;472(6):642-4. Russian.
- Veraksa AN, Filatova DYU, Poskina TYU, Klyus LG. Termodinamika v effekte Es'kova – Zinchenko pri izuchenii statsionarnykh sostoyaniy slozhnykh biomeditsinskikh sistem [Thermodynamics in the effect Of eskova – Zinchenko during the study of the steady states of the complex biomedical systems]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2016;23(2):18-25. Russian.
- Dudin NS, Rusak SN, Khadartsev AA, Khadartseva KA. Novye podkhody v teorii ustoychivosti biosistem – al'ternativa teorii A.M. Lyapunova [New approaches in the theory of biosystems stability – alternative to a.m. lyapunov`s theory]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2011;18(3):336. Russian.
- Es'kov VV, Gorbunov DV, Grigorenko VV, Shadrin GA. Analiz miogramm s pozitsiy stokhastiki i teorii khaosa – samoorganizatsii [Analysis of myograms according to the stochastics and the chaos theory – self-organization]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2015;22(2):32-8. Russian.
- Es'kov VM, Gudkov AB, Bazhenova AE, Kozupitsa GS. Kharakteristika parametrov tremora u zhenshin s razlichnoy fizicheskoy nagruzkoj v usloviyakh severa Rossii [Characteristics of tremor

логия человека. 2017. № 1. С. 38–42.

11. Еськов В.М., Еськов В.В., Гавриленко Т.В., Вохмина Ю.В. Формализация эффекта «Повторение без повторения» Н.А. Бернштейна // Биофизика. 2017. Т. 62, № 1. С. 168–176.
Es'kov VM, Es'kov VV, Gavpilenko TV, Voxmina YuV. Fopmalizatsiya effekta «Povtopenie bez povtopeniya» N.A. Bepnshteyna [Fopmalizatsiya of effect "Povtopenie without povtopeniya" OF N.A. Bepnshteyna]. Biofizika. 2017;62(1):168-76. Russian.
12. Еськов В.М., Еськов В.В., Филатова О.Е., Хадарцев А.А. Фрактальные закономерности развития человека и человечества на базе смены трёх парадигм // Вестник новых медицинских технологий. 2010. Т. 17, № 4. С. 192–194.
Es'kov VM, Es'kov VV, Filatova OE, Khadartsev AA. Fraktal'nye zakonomernosti razvitiya cheloveka i chelovechestva na baze smeny trekh paradigm [Synergetic paradigm at flactal description of man and human]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2010;17(4):192-4. Russian.
13. Еськов В.М., Зинченко Ю.П., Филатова О.Е., Веракса А.Н. Биофизические проблемы в организации движений с позиций теории хаоса – самоорганизации // Вестник новых медицинских технологий. 2016. Т. 23, №2. С. 182–188.
Es'kov VM, Zinchenko YuP, Filatova OE, Veraksa AN. Biofizicheskie problemy v organizatsii dvizheny s pozitsiy teorii khaosa – samoorganizatsii [Biophysical problems in the organization of dvizheny from the positions of the theory of chaos – of self-organizing]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2016;23(2):182-8. Russian.
14. Еськов В.М., Полухин В.В., Филатова Д.Ю., Эльман К.А., Глазова О.А. Гомеостатические системы не могут описываться стохастическим или детерминированным хаосом // Вестник новых медицинских технологий. 2015. Т. 22, № 4. С. 28–33.
Es'kov VM, Polukhin VV, Filatova DYU, El'man KA, Glazova OA. Gomeostaticheskie sistemy ne mogut opisyyvat'sya stokhasticheskim ili determinirovannym khaosom [Homeostatic system can not be described by stochastics or deterministic chaos]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2015;22(4):28-33. Russian.
15. Еськов В.М., Филатова О.Е., Хадарцева К.А., Еськов В.В. Универсальность понятия «гомеостаз» // Клиническая медицина и фармакология. 2015. № 4 (4). С. 29–33.
Es'kov VM, Filatova OE, Khadartseva KA, Es'kov VV. Universal'nost' ponyatiya «gomeostaz» [The universality of the concept of "homeostasis"]. Klinicheskaya meditsina i farmakologiya. 2015;4(4):29-33. Russian.
16. 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.
Es'kov VM, Khadartsev AA, Es'kov VV, Filatov MA. Khaoticheskiy podkhod v novoy interpretatsii gomeostaza [Chaotic approach in the new interpretation of homeostasis]. Klinicheskaya meditsina i farmakologiya. 2016;2(3):47-51. Russian.
17. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Филатова О.Е., Филатов М.А. Живые системы (complexity) с позиций теории хаоса – самоорганизации // Вестник новых медицинских технологий. 2015. Т. 22, № 3. С. 25–32.
Es'kov VM, Khadartsev AA, Filatova OE, Filatov MA. Zhivye sistemy (complexity) s pozitsiy teorii khaosa – samoorganizatsii [Living systems (complexity) from the point of chaos and self-organization theory]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2015;22(3):25-32. Russian.
18. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Филатова О.Е., Хадарцева К.А., Литовченко О.Г. Проблема оценки эффективности кинематической характеристики вектора состояния организма // Вестник новых медицинских технологий. 2015. Т. 22, №1. С. 143–152.
Es'kov VM, Khadartsev AA, Filatova OE, Khadartseva KA, Litovchenko OG. Problema otsenki effektivno-sti kinematischeskoy kharakteristiki vektora so-stoyaniya organizma [Estimation problem of the effec-tiveness of the kinematic characteristic of the state vector of the organism]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2015;22(1):143-52. Russian.
19. Зилов В.Г., Еськов В.М., Хадарцев А.А., Еськов В.В. Экспериментальное подтверждение эффекта «Повторение без повторения» Н.А. Бернштейна [Expere-
Zilov VG, Es'kov VM, Khadartsev AA, Es'kov VV. Eksperimental'noe podtverzhdenie effekta «Povtorenie bez povtoreniya» N.A. Bernshteyna [Expere-

- ния» Н.А. Бернштейна // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2017. № 1. С. 4–9.
20. Русак С.Н., Филатова О.Е., Бикмухаметова Л.М. Неопределенность в оценке погодноклиматических факторов на примере ХМАО – Югры // Вестник новых медицинских технологий. 2016. Т. 23, №1. С. 15–19.
21. Системный анализ, управление и обработка информации в биологии и медицине. Часть IV. Обработка информации, системный анализ и управление (общие вопросы в клинике, в эксперименте) / Сидорова И.С., Хадарцев А.А., Еськов В.М. [и др.]. Тула: Изд-во ТулГУ, 2003. 203 с.
22. Хадарцев А.А., Еськов В.М., Филатова О.Е., Хадарцева К.А. Пять принципов функционирования сложных систем, систем третьего типа // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2015. №1. Публикация 1-2. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-1/5123.pdf> (дата обращения: 25.03.2015). DOI: 10.12737/10410
23. Es'kov V.M., Filatova O.E. A compartmental approach in modeling a neuronal network. role of inhibitory and excitatory processes // Биофизика. 1999. Т. 44, № 3. С. 518–525.
24. Vokhmina Y.V., Eskov V.M., Gavrilenko T.V., Filatova O.E. Medical and biological measurements: measuring order parameters based on neural network technologies // Measurement Techniques. 2015. Т. 58, № 4. С. 65–68.
- experimental confirmation of the effect of "repetition without repetition" NA. Bernstein]. Byulleten' eksperimental'noy biologii i meditsiny. 2017;1:4-9. Russian.
- Rusak SN, Filatova OE, Bikmukhametova LM. Neopredelennost' v otsenke pogodno-klimaticheskikh faktorov na primere KhMAO – Yugry [Uncertainty in the estimation of weather-climatic factors based on the example KhMAO – of Yugry]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2016;23(1):15-9. Russian.
- Sidorova IS, Khadartsev AA, Es'kov VM, et al. Sistemyy analiz, upravlenie i obrabotka informatsii v biologii i meditsine. Chast' IV. Obrabotka informatsii, sistemnyy analiz i upravlenie (obshchie voprosy v klinike, v eksperimente). Tula: Izd-vo TulGU; 2003. Russian.
- Khadartsev AA, Es'kov VM, Filatova OE., Khadartseva KA. Pyat' printsipov funktsionirovaniya slozhnykh sistem, sistem tret'ego tipa [The five principles of the functioning of complex systems, systems of the third type]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. Elektronnoe izdanie [internet]. 2015[cited 2015 Mar 25];1[about 6 r.]. Russian. Available from: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-1/5123.pdf>. DOI: 10.12737/10410
- Es'kov VM, Filatova OE. A compartmental approach in modeling a neuronal network. role of inhibitory and excitatory processes. Biofizika. 1999;44(3):518-25.
- Vokhmina YV, Eskov VM, Gavrilenko TV, Filatova OE. Medical and biological measurements: measuring order parameters based on neural network technologies. Measurement Techniques. 2015;58(4):65-8.