

DOI: 10.12737/article_58ef6dde91acc7.45789368

ЭФФЕКТ ЕСЬКОВА-ЗИНЧЕНКО В ОПИСАНИИ ХАОТИЧЕСКОЙ ДИНАМИКИ ПАРАМЕТРОВ НЕРВНО-МЫШЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

А.Е. БАЖЕНОВА*, В.В. ПОВТОРЕЙКО**, К.А. БАСОВА***, Р.О. КАРТОПОЛЕНКО****

* *БУ ВО «Сургутский государственный университет», ул. Ленина, 1, Сургут, 628400, Россия*** *МАУ ДО «СДЮСШОР «Сибиряк»», 3-й микрорайон, д. 23, Нефтеюганск, 628301, Россия**** *МБДОБ ДС «Лебёдушка», ул. Декабристов, 14а, Сургут, 628416, Россия***** *БУ «Сургутская клиническая травматологическая больница»,
Нефтеюганское шоссе, 20, Сургут, 628418, Россия*

Аннотация. В сравнительном анализе изучены особенности хаотической динамики параметров нервно-мышечной системы (на примере тремора) двух групп женщин. Динамика произвольных микродвижений конечностей (тремора пальцев рук), как в режиме релаксации, так и при статической нагрузке, проявлялась в изменении числа «совпадений» произвольных пар выборок (k), которые (пары) можно отнести к одной генеральной совокупности. При этом, сами треморограммы как в спокойном состоянии, так и при нагрузке демонстрировали глобальную статистическую неустойчивость выборок (их статистических функций распределения $f(x)$). Получаемые выборки в одном эксперименте невозможно произвольно повторить в следующем (с аналогичным гомеостазом). Это представляет количественную меру эффекта Еськова-Зинченко в анализе хаотически изменяющихся статистических функций распределения выборок треморограмм. Были рассчитаны среднее число совпадений произвольных пар выборок ($\langle k \rangle$) и стандартные отклонения σ для всех 15-ти матриц без нагрузки и в условиях воздействия нагрузки в 300 г, которые показали увеличение числа k пар совпадений выборок треморограмм в условиях статической нагрузки почти в два раза. Выявлено изменение числа k совпадений произвольных пар выборок в спокойном состоянии: не спортсмены – 2,93, а спортсмены – 2,13.

Ключевые слова: тремор, матрица парного сравнения, эффект Еськова-Зинченко, статическая нагрузка.

ESKOV-ZINCHENKO EFFECT IN THE DESCRIPTION OF CHAOTIC DYNAMICS OF NEUROMUSCULAR SYSTEM PARAMETERS

А.Е. BAZHENOVA*, V.V. POVTOREYKO**, K.A. BASOVA***, R.O. KARTOPOLLENKO****

* *Surgut State University, Lenin pr., 1, Surgut, 628400, Russia*** *Sports School "Sibiryak", 3-d microdistrict, Nefteyugansk, 628301, Russia**** *Kindergarten "Lebodushka", Surgut, 628416, Russia***** *Surgut Clinical Traumatology Hospital, Nefteyugansk highway, 20, Surgut, 628416, Russia*

Abstract. The features of chaotic dynamics of neuromuscular system parameters (tremor) of two groups of women has been studied using comparative analysis. The dynamics of involuntary micro-movements of the limbs (tremor of fingers), with and without static physical loads, manifested in the change of the number of "coincidences" of arbitrary pairs of samples (k), which (pairs) can be attributed to one general population. In this case, tremorograms showed the global statistical instability of the samples (their statistical distribution functions $f(x)$) as in state of rest and under physical load. The samples obtained in one experiment cannot be arbitrarily repeated in the next experiment (similar to homeostasis). This represents a quantitative measure of Eskov-Zinchenko effect in the analysis of randomly varying statistical distribution functions of samples of tremoro-

gramms. The average number of hits random pairs of samples ($\langle k \rangle$) and standard deviation σ were calculated for all 15 matrices without load and under the impact of physical load (300 g), which showed an increase almost in twice in the number k of pairs of matching samples of tremorograms at conditions of a static load. It was revealed changes in number k of matches for arbitrary pairs of samples in a resting state: not athletes – 2,93 and athletes was 2,13.

Key words: tremor, pairwise comparison matrix, Eskov-Zinchenko effect, static load.

Введение. Мозг человека и двигательная система решает сложную задачу построения движения, для решения которой недостаточно простого подсчета количества механических степеней свободы (количество суставов и мышц в руке). Большинство действий динамичны и требуют постоянной и слаженной работы всех элементов системы [8,9]. Актуальность изучения одной из фундаментальных проблем управления отдельными частями тела человека со стороны мозга, с точки зрения биомеханических и функциональных характеристик, очевидна. В этой связи возникает проблема количественного описания эффекта Еськова-Зинченко, в котором наблюдается статистическая неустойчивость параметров движения и который впервые дал количественные подтверждения гипотезы Н.А. Бернштейна [12,20,22,23].

Функциональное состояние организма человека в условиях выполнения специфических двигательных задач представляет особый интерес именно в рамках *теории хаоса и самоорганизации* (ТХС), т.к. стохастический подход дает низкую эффективность в количественном описании любого движения [10,11,19]. В наших исследованиях выполнялся анализ параметров *нервно-мышечной системы* (НМС) человека, который характеризует именно изменения хаотических параметров НМС у женщин при выполнении регулярных физических упражнений (при сравнении с остальной частью населения, без физической подготовки). Объективная оценка состояний НМС при систематических физических нагрузках требует новых методов обработки данных и расширения диагностических признаков, что становится возможным сейчас с позиции новой ТХС в отношении не только НМС, но и *кардио-респираторной системы* (КРС) [1,2,5,14,16,21], а также других гомеостатических систем [4,15,17,18].

В наших исследованиях предлагается внедрение традиционных и новых физических методов в биологические исследования на основе метода многомерных фазовых пространств, для изучения особенностей реакции НМС в ответ на дозированные статические нагрузки [6,13]. При этом 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), или при расчете статистических функций распределения $f(x)$, когда стационарный режим требует неизменности этих $f(x)$ для полученных подряд выборок параметра x , мы используем матрицы парных сравнений выборок. Эти движения имеют хаотический характер, т.е. постоянно $dx/dt \neq 0$, а получить для двух соседних выборок $f_j(x_i(t))=f_{j+1}(x_i(t))$ почти невозможно [3]. В этой связи предложены и новые методы расчета хаотической динамики тремора (как якобы произвольного движения).

Цель исследования – оценка степени влияния регулярных физических нагрузок на женский организм с различной физической подготовленностью, с позиции эффекта Еськова-Зинченко.

Объекты и методы исследования. В исследовании приняли участие женщины, проживающие на территории округа не менее 5 лет. Средний возраст обследуемых – 31 год. В зависимости от степени физической активности было сформировано 2-е группы женщин по 15 человек. В первую группу отнесли женщин, занимающихся физическими упражнениями нерегулярно (не спортсмены), менее 3-х раз в неделю. Во вторую группу вошли женщины, профессионально занимающиеся спортом (спортсмены), имеющие спортивную квалификацию не ниже 1-го взрослого разряда и продолжающие заниматься систематическими физическими упражнениями более

3-х раз в неделю.

У испытуемых регистрировались параметры тремора с помощью биофизического измерительного комплекса, разработанного в Лаборатории биокибернетики и биофизики сложных систем при СурГУ [7,12,13]. Установка включает металлическую пластинку (2), которая крепится жестко к пальцу испытуемого, токовихревой датчик (1), усилитель вместе с аналого-цифровым преобразователем (АЦП) (3) и компьютер с оригинальным программным обеспечением (4). В качестве фазовых координат, помимо координаты $x_1=x_i(t)$ перемещения конечности, использовалась координата скорости перемещения пальца $x_2=dx_1/dt$. Перед испытуемыми стояла задача удержать палец в пределах заданной области, осознанно контролируя его неподвижность в заданной точке пространства. Каждый испытуемый проходил 15 серий эксперимента ($N=15$), в каждой из которых регистрация тремора проводилась 15 раз ($n=15$) в спокойном состоянии и аналогично ($N=15$, $n=15$) при нагрузке 300 г (груз, прикрепляемый к указательному пальцу).

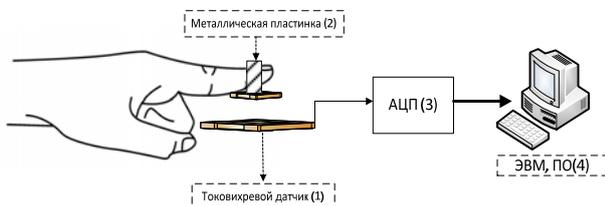


Рис. 1. Схема биоизмерительного комплекса регистрации тремора

Регистрируемые с помощью АЦП (3) ТМГ, квантовались с периодом t квантования всех ТМГ, $t=0,01$ сек. и регистрировались в виде файла (общее время регистрации i -й выборки $T=5$ сек., количество точек в раскрытом файле $z=500$).

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 *тремограмм* (ТМГ) с помощью критерия Вилкоксона были построены 15 таблиц для ка-

ждого испытуемого в спокойном состоянии и 15 в условиях воздействия статической нагрузки 300 г. (всего 225 выборок ТМГ) [3].

Результаты и их обсуждение. Реакция НМС на статическую нагрузку проявлялась в изменении числа совпадений произвольных пар выборок (k), которые (пары) можно отнести к одной генеральной совокупности. Для этого рассчитывались матрицы парных сравнений. Отметим, что в эффекте Еськова-Зинченко базовый постулат декларирует отсутствие статистической устойчивости (нет совпадений подряд полученных выборок x_i) для любых параметров гомеостатичной биосистемы [4]. У нас речь идет о НМС, в которой сейчас мы выделили тремор, как произвольное движение.

Итог сравнения 15-ти серий выборок ТМГ у двух разных групп испытуемых в спокойном состоянии в режиме повторений и 15-ти серий с грузом 300 г показывает, что отсутствует статистическая устойчивость выборок треморограмм как для спортсмена, так и для не спортсмена. Повторение происходит без статистического «повторения», выборки почти все разные для ТМГ, а получить подряд две одинаковые выборки (произвольно!) вообще невозможно. Мы имеем хаотический калейдоскоп статистических функций распределения $f(x)$ для ТМГ.

В качестве примера представлены среднее число совпадений $\langle k \rangle$ матриц парного сравнения ТМГ для испытуемого ФДЮ – не спортсмена (k_1) и БАЕ – спортсмена (k_2) (табл.). Всего по этой методике для каждого испытуемого (отдельно) получено 225 выборок ТМГ. Для каждого испытуемого было построено 15 матриц без нагрузки и при нагрузке в 300 г.

Среднее значение числа совпадений произвольных пар выборок ТМГ испытуемого – не спортсмена $\langle k_{11} \rangle = 2,93$, что существенно меньше, чем при нагрузке $\langle k_{12} \rangle = 5,67$. Всегда люди без физической подготовки демонстрируют подобные различия между состоянием реальным и состоянием с нагрузкой

Таблица

Число совпадений (k_1 и k_2) матриц парного сравнения ТМГ испытуемых в 15-ти сериях экспериментов (использовался критерий Вилкоксона, $p < 0,05$)

	Испытуемый ФДЮ (не спортсмен)		Испытуемый БАЕ (спортсмен)	
	k_{11}	k_{12}	k_{21}	k_{22}
1	2	5	4	2
2	2	8	4	3
3	1	8	2	4
4	2	6	2	2
5	1	7	3	1
6	4	6	1	5
7	4	4	6	4
8	4	4	2	3
9	3	2	1	6
10	9	5	1	3
11	3	10	1	4
12	1	5	0	2
13	2	5	0	1
14	5	4	3	6
15	1	6	2	1
$\langle k \rangle$	2,93	5,67	2,13	3,13
σ, \pm	2,13	1,99	1,64	1,68

Иная ситуация у нас наблюдалась для испытуемого – спортсмена, где $\langle k_{21} \rangle = 2,13$ меньше, чем $\langle k_{22} \rangle = 3,13$, но эти различия меньше (по величине), чем различия для не спортсмена. Такая закономерность наблюдалась у всех испытуемых в режиме 225 повторов измерения ТМГ с грузом (в 300 г) и без груза, однако величины k_1 и k_2 имели индивидуальный характер (у некоторых испытуемых $\langle k_1 \rangle = 4$, а $\langle k_2 \rangle = 7,4$ и т.д.).

Так же было выявлено, что среднее число совпадений $\langle k \rangle$ у не спортсмена и спортсмена в спокойных условиях несколько отличаются (табл.), что является маркером тренированности женского населения Югры (или детренированности). Число совпадений $\langle k_{11} \rangle$ (не спортсмена) изначально больше чем $\langle k_{21} \rangle$ (спортсмена): $k_{11} = 2,93 > k_{21} = 2,13$. Соответствующим образом увеличивается среднее число совпадений $\langle k \rangle$ в условиях воздействием статической нагрузки 300 г: $k_{12} = 5,67 > k_{22} = 3,13$.

Таким образом, число совпадений произвольных пар выборок (k) женщин спортсменок остается меньше, чем у женщин с низкой физической активностью на всех этапах эксперимента. Данная закономерность наблюдалась у всех испытуемых (15 – не спортсменов, 15 – спортсменов).

В целом многократные повторения регистрации выборок ТМГ всегда демонстрируют отсутствие статистической устойчивости выборок. Это проявляется в том, что практически невозможно получить две подряд регистрируемые ТМГ для которых мы бы наблюдали совпадения $f(x)$, т.е. как правило $f_j(x_i) \neq f_{j+1}(x_i)$ для любого номера выборки j . Для тремора любого человека (и тренированного и нетренированного) вероятность p совпадения этих функций (т.е. что бы $f_j(x_i) = f_{j+1}(x_i)$) не превышает $p \leq 0,001$. Это крайне малая величина и она доказывает реалистичность эффекта Еськова-Зинченко.

Заключение. В спокойном состоянии и при нагрузке $P = 3H$ мы всегда наблюдаем хаотическую динамику ТМГ (у всех испытуемых). При этом прослеживается динамика увеличения числа пар совпадений выборок ТМГ в условиях статической нагрузки, что может быть количественной мерой различия в организации тремора в двух разных физиологических состояниях (без нагрузки и с нагрузкой). Среднее число пар k совпадений выборок не превышает $k \leq 5$ для тремора человека, находящегося в спокойном состоянии и это доказывает низкую эффективность стохастики в оценке тремора. Невозможно два раза подряд повторить две (одинаковые) *треморозаммы*. Мы всегда будем иметь эффект Еськова-Зинченко (повторение без повторений по Н.А. Бернштейну), что и представляет неопределенность 2-го типа в ТХС (две соседние выборки, произвольно полученные, нельзя отнести к одной генеральной совокупности).

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. *Адайкин VI, Berestin KN, Glushchuk AA, Lazarev BV, Polukhin VV, Rusak CN, Filatova OE. Stokhasticheskie i khaoticheskie podkhody v otsenke vliyaniya meteofaktorov na zaboлеваemost' nasele-*

- торов 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. Башкатова Ю.В., Еськов В.В., Алиев Н.Ш., Тен Р.Б. Матрицы парных сравнений выборок кардиоинтервалов в оценке влияния физических нагрузок // Вестник новых медицинских технологий. 2016. Т. 23, №4. С. 213–220.
 4. 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.
 5. Газя Г.В., Соколова А.А., Баженова А.Е., Ярмухаметова В.Н. Анализ и синтез параметров вектора состояния вегетативной нервной системы работников нефтегазовой отрасли // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2012. Т. 11, № 4. С. 886–892.
 6. 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.
 7. 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 // Экология человека. 2017. № 1. С. 38–42.
 8. Еськов В.М., Зинченко Ю.П., Филатова О.Е. К проблеме самоорганизации в биологии и психологии // Вестник новых медицинских технологий. 2016. Т. 23, №3. С. 174–181.
 9. 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.
- niya 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.
- Bashkatova YuV, Es'kov VV, Aliev NSh, Ten RB. Matritsy parnykh sravneniy vyborok kardiointervalov v otsenke vliyaniya fizicheskikh nagruzok [Matrices of paired comparisons of samples of cardiointervals in the evaluation of the effect of physical exertion]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2016;23(4):213-20. 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.
- Gazyu GV, Sokolova AA, Bazhenova AE. Yarmukhametova VN. Analiz i sintez parametrov vektora sostoyaniya vegetativnoy nervnoy sistemy rabotnikov neftegazovoy otrasli [Analysis and synthesis of the vector parameters of the vegetative nervous system state of workers in the oil and gas industry]. Sistemnyy analiz i upravlenie v biomeditsinskikh sistemakh. 2012;11(4):886-92. 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 VM, Gudkov AB, Bazhenova AE, Kozupit-sa GS. Kharakteristika parametrov tremora u zhenshin s razlichnoy fizicheskoy nagruzkoj v usloviyakh severa Rossii [Characteristics of tremor parameters in women with different physical activity in the conditions of the north of Russia]. Ekologiya cheloveka. 2017;1:38-42. Russian.
- Es'kov VM, Zinchenko YuP, Filatova OE. K probleme samoorganizatsii v biologii i psikhologii [To problem of self-organizing in biology and psychology]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2016;23(3):174-81. Russian.
- Es'kov VM, Zinchenko YuP, Filatova OE, Veraksa AN. Biofizicheskie problemy v organizatsii dvizheniy 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.

10. 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 effektivnosti kinematicheskoy kharakteristiki vektora so-stoyaniya organizma [Estimation problem of the effectiveness of the kinematic characteristic of the state vector of the organism]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2015;22(1):143-52. Russian.
11. Живогляд Р.Н., Живаева Н.В., Еськов В.В., Насирова А.Р., Чантурия С.М. Методы многомерных фазовых пространств в диагностике эффективности гирудотерапии // Вестник новых медицинских технологий. 2012. Т. 19, № 2. С. 419–420.
Zhivoglyad RN, Zhivaeva NV, Es'kov VV, Nasirova AR, Chanturiya SM. Metody mnogomernykh fazovykh prostranstv v diagnostike effektivnosti girudoterapii [Methods of multidimensional phase spaces in the diagnosis of hirudotherapy]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2012;19(2):419-20. Russian.
12. 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 VG, Es'kov VM, Khadartsev AA, Es'kov VV. Eksperimental'noe podtverzhdenie effekta «Povtorenie bez povtoreniya» N.A. Bernshteyna [Experimental confirmation of the effect of "repetition without repetition" NA. Bernstein]. Byulleten' eksperimental'noy biologii i meditsiny. 2017;1:4-9. Russian.
13. Еськов В.В., Зинченко Ю.П., Филатова О.Е., Стрельцова Т.В. Объективная оценка сознательного и бессознательного в организации движений // Вестник новых медицинских технологий. 2016. Т. 23, №3. С. 31–38.
Es'kov VV, Zinchenko YuP, Filatova OE, Strel'tsova TV. Ob"ektivnaya otsenka soznatel'nogo i bes-soznatel'nogo v organizatsii dvizheniy [Objective evaluation of the conscious and unconscious in the organization motions]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2016;23(3):31-8. Russian.
14. Русак С.Н., Козупица Г.С., Филатова О.Е., Еськов В.В., Шевченко Н.Г. Динамика статуса вегетативной нервной системы у учащихся младших классов в погодных условиях г. Сургута // Вестник новых медицинских технологий. 2013. Т. 20, № 4. С. 92–95.
Rusak SN, Kozupitsa GS, Filatova OE, Es'kov VV, Shevchenko NG. Dinamika statusa vegetativnoy nervnoy sistemy u uchaschchikhsya mladshikh klassov v pogodnykh usloviyakh g. Surguta [Dynamics of status vegetative nervous system in the children in primary school in weather conditions in the surgut]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2013;20(4):92-5. Russian.
15. Системный анализ, управление и обработка информации в биологии и медицине. Часть IV. Обработка информации, системный анализ и управление (общие вопросы в клинике, в эксперименте) / Хадарцев А.А., Сидорова И.С., Еськов В.М. [и др.]. Тула: Изд-во ТулГУ, 2003. 203 с.
Khadartsev AA, Sidorova IS, Es'kov VM, et al. Sistemnyy 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.
16. Филатова Д.Ю., Горбунов Д.В., Эльман К.А., Ворошилова О.М. Теорема Гленсдорфа – Пригожина в оценке параметров кардиоинтервалов школьников при широтных перемещениях // Вестник новых медицинских технологий. 2016. Т. 23, №1. С. 24–30.
Filatova DYu, Gorbunov DV, El'man KA, Voroshilova OM. Teorema Glensdorfa – Prigozhina v otsenke parametrov kardiointervalov shkol'nikov pri shirotnykh peremeshcheniyakh [Theorem of Prigogine's – Glensdorfa in the estimation of the parameters of the cardiointervals of schoolboys with the latitudinal displacements]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2016;23(1):24-30. Russian.
17. 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.
Filatova OE, Khadartseva KA, Filatova DYu, Zhivaeva NV. Biofizika slozhnykh sistem – complexity [Biophysics of the complex systems – complexity]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2016;23(2):9-17. Russian.
18. Хадарцев А.А., Еськов В.М., Филатова О.Е.,
Khadartsev AA, Es'kov VM, Filatova OE., Khadart-

- 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
19. Хадартцев А.А., Филатова О.Е., Джумагалиева Л.Б., Гудкова С.А. Понятие трех глобальных парадигм в науке и социумах. // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2013. №3. С. 35–45.
20. Eskov V.M., Eskov V.V., Gavrilenko T.V., Vochmina Yu.V. Formalization of the Effect of “Repetition without Repetition” discovered by N.A. Bernshtein // Biophysics. 2017. Vol. 62, No. 1. P. 143–150.
21. 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. Vol. 6 (3). P. 191–197.
22. Prigogine I.R. The. End of Certainty: Time, Chaos, and the New Laws of Nature – Free Press, 1997. 228 p.
23. 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. T. 58, №4. С. 65–68.
- seva 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
- Khadartsev AA, Filatova OE, Dzhumagalieva LB, Gudkova SA. Ponyatie trekh global'nykh paradigim v nauke i sotsiumakh. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2013;3:35-45. Russian.
- Eskov VM, Eskov VV, Gavrilenko TV, Vochmina YuV. Formalization of the Effect of “Repetition without Repetition” discovered by N.A. Bernshtein. Biophysics. 2017;62(1):143-50.
- Eskov VM, Khadartsev AA, Eskov VV, Vokhmina JV. Chaotic dynamics of cardio intervals in three age groups of indigenous and nonindigenous populations of Ugra. Advances in Gerontology. 2016;6(3):191-7.
- Prigogine IR. The. End of Certainty: Time, Chaos, and the New Laws of Nature – Free Press; 1997.
- 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.