

ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНТРОПИЙНОГО ПОДХОДА В ОЦЕНКЕ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЙ

Т.В. ГАВРИЛЕНКО¹, Д.В. ГОРБУНОВ¹, Д.С. ГОРБУНОВА², И.Б. БУЛАТОВ¹

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

²НГДУ "ЛянторНефть" ОАО "Сургутнефтегаз", ул. Назаргалеева, 22, Сургутский р-н, г. Лянтор, 628449, Россия

Аннотация. При изучении и моделировании сложных биологических объектов существует возможность внедрения традиционных физических методов в биологические исследования и новых методов теории хаоса-самоорганизации. В задачи исследования входит проверка эффективности расчета значений энтропии Шеннона E при анализе параметров тремора и теппинга, а также его сравнение с методами *теории хаоса-самоорганизации*. Функции распределения $f(x)$, энтропия E и использования статистических (термодинамических) подходов весьма проблемно использовать для описания сложных биосистем (*complexity*). Показана граница применимости термодинамики в оценке гомеостаза сложных биосистем (*complexity*).

Ключевые слова: тремор, теппинг, квазиаттрактор, энтропия.

THE POSSIBILITY OF USING THE ENTROPICAL APPROACH IN THE EVALUATION OF THE MOVEMENT PARAMETERS

T.V. GAVRILENKO¹, D.V. GORBUNOV¹, D.S. GORBUNOVA², I.B. BULATOV¹

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

²GNDU "LyantorNeft" OJSC "Surgutneftegas", Nasargaleeva ul, 22, Surgut district, Lyantor, 628449, Russia

Abstract. It was studying and modeling complex biological objects. It is possible to introduce traditional physical methods into biological research and new methods of the theory of chaos-self-organization. The research tasks include checking the effectiveness of calculating the Shannon entropy values E for analyzing the parameters of tremor and tethering, as well as its comparison with TSC methods. The distribution functions $f(x)$, entropy E , etc. statistical (thermodynamic) approaches are very problematically used to describe complex biosystems (*complexity*). It was demonstrated the border of traditional thermodynamics approaching for complexity biosystems description.

Key words: tremor, teping, quasiattractor, entropy.

Введение. Ранее нами было установлено, что использование новых методов в рамках *теории хаоса-самоорганизации* (ТХС) помогает выявить различия в ряде параметров гомеостаза, в частности, параметров тремора и теппинга [1-6]. При различных исследованиях сейчас все более активно используется метод многомерных фазовых пространств [1-12]. При изучении и моделировании сложных биологических объектов существует возможность внедрения традиционных физических методов в биологические исследования и новых методов ТХС для сравнения их эффективности [13-21]. В этой связи в представленной работе демонстрируется реализация такого подхода на основе метода анализа двумер-

ных фазовых пространств при изучении тремора, как не произвольных движений и теппинга, как произвольных движений.

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), в этом случае используются параметры *квазиаттракторов* (КА), внутри которых наблюдается движение ВСС в *фазовом пространстве состояний* (ФПС). Эти движения имеют хаотический характер, т.е. всегда $dx/dt \neq 0$, но при этом движение ВСС ограничено в ФПС объемом квазиаттрактора [10-13]. Все это лежит в основе новой ТХС [2-4,7,8]. В задачи данного исследования входит проверка эффективности расче-

та значений энтропии Шеннона при анализе параметров тремора и теппинга, а также его сравнение с методами ТХС. В свою очередь ставится задача оценить возможности использования в качестве количественной меры, наблюдаемой в экспериментальных измерениях хаотической динамики тремора и теппинга, величину объемов КА многомерных фазовых пространств состояний. Установленные нами ранее зависимости подвергаются перепроверке [22-30]. При этом организм испытуемых представлен особым ВСС $x=x(t)$, который совершает непрерывные хаотические движения (т.е. постоянно $dx/dt \neq 0$) в пределах, ограниченных КА [11-30]. В настоящей работе мы демонстрируем так же модели в рамках ТХС [1-9].

1. Эффект Еськова-Зинченко и ТНС I.R. Prigogine в описании треморограмм и теппинграмм. Для исследования была привлечен один испытуемый ГДВ в возрасте 25 лет. У испытуемого регистрировались параметры тремора и теппинга с частотой дискретизации $\mu=0.1$ мс но в режиме 15-ти повторов (серий) регистрации ТМГ и ТПГ. Записи тремора и теппинга обрабатывались программным комплексом для формирования вектора $x=(x_1, x_2)^T$, где $x_1=x(t)$ – значение перемещения пальца руки в пространстве 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 ВСС и определялись объемы полученных квазиаттракторов V_G по формуле $V_G^{max} \geq \Delta x_1 * \Delta x_2 \geq V_G^{min}$ [1-6,8], где Δx_1 – вариационный размах перемещения пальца в пространстве, а Δx_2 – вариационный размах для скорости перемещения. В конечном итоге анализ состояния биомеханической системы проводился на основе сравнения V_G КА, а также на основе анализа значений энтропии Шеннона E , где E определяется по формуле $E(x) = -\sum_{i=1}^n p(i) \log_2 p(i)$, здесь p – функция вероятности. *Треморogramмы* (ТМГ) и *теппинграммы* (ТПГ) регистрировались в спокойном состоянии (число повторов $N=15$) [18-29].

Для визуализации данных, полученных с термографа, строилась временная развертка сигнала [3-6], которая преобразовывалась

в некоторые числовые ряды. При анализе полученных временных разверток по полученным данным можно сказать, что получаемые сигналы уникальны для каждого замера (при построении матрицы) производилась регистрация параметров $N=15$ раз подряд, но при этом сохраняется некоторая закономерность. Она связана с объемом КА V_G в фазовом пространстве x_1 и x_2 [6-8]. Каждый из векторов перемещения по осям (x_1 и x_2) образует фазовую плоскость, описывающую динамику поведения двумерного ВСС $x=(x_1, x_2)^T$ в ФПС.

Так как для многих параметров гомеостаза функции распределения $f(x)$ не могут продемонстрировать устойчивость ($f(x)$ непрерывно и хаотически изменяются), то возникает вопрос о целесообразности использования функций распределения $f(x)$ для выборок ЭМГ. Наблюдается их непрерывное изменение при сравнении выборок ТМГ или ТПГ, и любая выборка имеет свой особый закон распределения и $f(x)$ для каждого интервала. В рамках стохастического подхода были построены матрицы парных сравнений выборок ТМГ и ТПГ для одного и того же испытуемого ГДВ (число повторов $N=15$) и установлена закономерность изменения числа «совпадений» пар выборок k , получаемых параметров. Оказалось, что в первом случае (для тремора) матрица 15×15 (105 разных пар сравнений) показывает $k_1=4$. При регистрации теппинга наблюдается увеличение числа совпадений до $k_2=15$. Аналогичные расчеты производились и для 15-ти выборок ТМГ и ТПГ для группы испытуемых (число человек $N=15$). Здесь получилось, что число пар совпадений $k_3=5$ для тремора, а для теппинга число пар увеличилось до $k_4=16$.

В самом начале исследования рассчитывались матрицы парных сравнений для 15-ти серий исследований по 15 выборок в каждой серии. Типовой пример одной из таких матриц парного сравнения выборок ТПГ одного и того же испытуемого (число повторов $N=15$), полученную с помощью непараметрического критерия Вилкоксона представлен в табл. 1 ниже. В этой матрице число совпадений $k=13$, т.е. из всех возможных пар сравнения (всего 105 пар) только 13 пар можно отнести к одной гене-

ральной совокупности. Оставшиеся 92 пары разные и это свидетельствует о статистическом хаосе в теппинграммах (невозможно произвольно дважды повторить выборки).

Очевидно, что возможность «совпадения» выборок очень невелика, практически все выборки разные и это является особенностью систем третьего типа (*complexity*) и количественно представляет эффект Ескова-Зинченко (ЭЕЗ) [19-30]. Отметим, что для теппинга всегда число k совпадений выборок x_i несколько выше, чем для тремора [3-5]. Более того при повторных прове-

дениях исследований в виде 15-ти серий по 15 выборок, число совпадений k незначительно изменяется и всегда из всевозможных 105 разных пар сравнения выборок ТПГ имеем 13-17% совпадений. Напомним, что в статистике говорят о совпадениях, если доверительная вероятность $\beta \geq 0,95$ (это требует более 96% совпадений ТПГ). Таким образом, статистика здесь практически бесполезна (неэффективна), т.к. мы имеем инверсию понятий: несовпадения соседних выборок происходят с вероятностью $p \geq 0,95$, т.е. $f_j(x_i) \neq f_{j+1}(x_i)$.

Таблица 1

Матрица парного сравнения выборок ТПГ испытуемого ГДВ (число повторов в одной серии опытов $N=15$), использовался критерий Вилкоксона (уровень значимости $p < 0,05$, число совпадений $k=13$)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00		0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.46	0.00
3	0.00	0.10		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48	0.00
4	0.20	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	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	0.16	0.01	0.00	0.00	0.01
6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.07	0.65	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	0.11	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00		0.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.65	0.11	0.98		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.29	0.00	0.00	0.01	0.16	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	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.01	0.00	0.92
13	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01		0.00	0.01
14	0.00	0.46	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00
15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.92	0.01	0.00	

2. Расчет энтропии Шеннона E для анализа движений. С учетом непрерывного хаоса ТМГ и ТПГ, рассмотрим возможности применения расчёта значений энтропии Шеннона в подобных исследованиях. Были проведены исследования, в которых сравнивались показатели энтропий и квазиаттракторов (КА) тремора и теппинга. В результате этих исследований была выявлена определенная закономерность в изменении числа совпадений k при построении матриц парного сравнения и в значениях E . Но более выраженные значения были получены по площади квазиаттракторов S для этих же ТМГ и ТПГ.

Как оказалось, энтропийный подход при анализе выборок ТМГ и ТПГ не демон-

стрирует различий. Согласно этим результатам, выборки данных тремора и теппинга довольно редко можно отнести к одной генеральной совокупности. В этом случае уровень значимости критерия Вилкоксона $p > 0,05$ (это условие статистического совпадения) при критическом уровне значимости $p < 0,05$. Иными словами, эти выборки для E_1 (тремор) и E_2 (теппинг) статистически не различаются, что представлено в табл. 2. Результаты такого сравнения, представленные в табл. 2 существенно отличаются от значений S – площади КА, что однозначно позволяет различать различить тремор от теппинга (см. табл. 2), на фоне особого хаоса ТМГ и ТПГ.

Таблица 2

Значения энтропии Шеннона E выборки ТМГ и ТПГ для одного испытуемого ГДВ (число повторов $N=15$) в спокойном состоянии (уровень значимости при парном сравнении критерия Вилкоксона $p=0,00$)

	E_1 , ТМГ	E_2 , ТПГ
1	2,6464	3,3219
2	3,3219	2,8464
3	3,3219	3,3219
4	3,1219	3,3219
5	3,1219	3,1219
6	3,1219	2,6464
7	2,9219	3,3219
8	3,1219	2,6464
9	3,1219	3,3219
10	3,1219	3,3219
11	3,3219	2,5219
12	3,3219	3,1219
13	3,3219	2,9219
14	2,9219	2,7219
15	3,1219	3,3219
$\langle E \rangle$	3,1302	3,0535
Критерий Вилкоксона, значимость функций $f(x)$ $p=0,48$		

Исследование подтвердило эффективность применения методов многомерных фазовых пространств в качестве меры динамики изменения параметров тремора и теппинга. Сравнение традиционных методов обработки тремора и теппинга и показывает низкую эффективность моделей в рамках расчета энтропий E , а также расчета спектральной плотности сигнала (СПС), и автокорреляционных функций $A(t)$.

Напомним, что основу третьей парадигмы и ТХС составляет проблема определенности и неопределенности биосистем – *complexity* (СТТ), которая в итоге сводится к проблеме порядка и беспорядка в оценке и моделировании *complexity* [14]. На этом фоне сейчас все еще отсутствует понимание особенностей динамики (а их сейчас 5) и принципов организации биосистем, принципиальной невозможности их описания в рамках детерминизма, стохастики и детерминированного хаоса Арнольда-Тома. Хаос ТПГ и ТМГ другой, это хаос стати-

стических функций на фоне слабой ($k < 20\%$) статистической устойчивости.

Заключение. Функции распределения $f(x)$, энтропия E и др. статистические (термодинамические) подходы весьма проблемно использовать для описания СТТ. Однако, созданные новые методы и подходы, объединяющие стохастику и хаос СТТ, обеспечивают в ряде случаев получение объективной информации о состоянии особей биосистем – гомеостатических (по природе). Таким образом, становится возможным объединить усилия основоположников синергетики (Н. Haken) и теории *complexity* – эмерджентности (I.R. Prigogine, M. Gell-Mann, J.A. Wheeler и др.) в рамках третьей парадигмы и ТХС в деле описания и моделирования свойств сложных биосистем. При этом главная проблема такого объединения – это проблема описания гомеостаза, гомеостатических систем (*complexity*).

Энтропия E при уходе из стационарного режима (длительного покоя при треморе) в неустойчивое состояние (при теппинге) не изменяется и это ограничивает возможности применения термодинамики неравновесных систем И.Р. Пригожина в описании неравновесных биосистем. Изменение психофизиологического статуса человека, изменение площади квазиаттракторов в виде S , даёт в руки экспериментаторов новый метод оценки изменений субъективных ощущений, которые подтверждаются количественными изменениями параметров тремора и теппинга. С позиций стохастики, для выборок ТМГ и ТПГ, их $f(x)$, СПС и $A(t)$ изменяются хаотически и непрерывно. Это даёт иллюстрацию эффекта Еськова-Зинченко. Этот эффект дает количественную оценку изменений ощущений в биомеханике в виде изменений параметров квазиаттракторов, что доказывает целесообразность применения ТХС в психологии и физиологии движений.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ А 18-07-00162, мол_а 18-37-00113

Литература

1. Баженова А.Е., Белощенко Д.В., Щипицин К.П., Королев Ю.Ю. Эффект Еськова-Зинченко в организации произвольных движений человека в режиме повторения // Вестник новых медицинских технологий. – 2017. – Т. 24. – № 1. – С. 29-35.
2. Бодин О.Н., Гавриленко Т.В., Горбунов Д.В., Самсонов И.Н. Влияние статической нагрузки мышц на параметры энтропии электромиограмм // Вестник новых медицинских технологий. – 2017. – Т. 24. – № 3. – С. 47-52.
3. 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.
4. Гавриленко Т.В., Горбунов Д.В., Белощенко Д.В., Чертищев А.А. Теорема Гленсдорфа-Пригожина в оценке параметров треморограмм // Вестник новых медицинских технологий. – 2017. – Т. 24. – № 2. – С. 16-21. DOI: 10.12737/article_5947ca1ae38667.30772161
5. Денисова Л.А., Белощенко Д.В., Башкатова Ю.В., Горбунов Д.В. Особенности регуляции двигательных функций у женщин // Клиническая медицина и фармакология. – 2017. – Т. 3. – № 4. – С. 11-16.
6. Еськов В.В. Математическое моделирование гомеостаза и эволюции complexity: монография. Тула: изд-во ТулГУ, 2016. – 372 с.
7. Еськов В.В. Термодинамика неравновесных систем I.R. Prigogine и энтропийный подход в физике живых систем // Вестник новых медицинских технологий. – 2017. – Т. 24. – № 2. – С. 7-15. DOI: 10.12737/article_5947c927ded276.09686393
8. Еськов В.М., Зинченко Ю.П., Филатов М.А., Поскина Т.Ю. Эффект Н.А. Бернштейна в оценке параметров тремора при различных акустических воздействиях // Национальный психологический журнал. – 2015. – № 4 (20). – С. 66-73.
9. Еськов В.М., Галкин В.А., Филатова О.Е. Complexity: хаос гомеостатических систем: монография / Под ред. Г.С. Розенберга. Самара: изд-во ООО «Потро-принт», 2017. – 388 с.
10. Еськов В.М., Галкин В.А., Филатова О.Е. Конец определенности: хаос гомеостатических систем: монография / Под ред. А.А. Хадарцева, Г. С. Розенберга. Тула: изд-во ООО «ТППО», 2017. – 596 с.
11. Еськов В.М., Зинченко Ю.П., Филатова О.Е. Признаки парадигмы и обоснование третьей парадигмы в психологии // Вестник Московского университета. Серия 14: Психология. – 2017. – № 1. – С. 3-17.
12. 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. DOI: 12737/25253
13. Зилов В.Г., Хадарцев А.А., Иляшенко Л.К., Еськов В.В., Миненко И.А. Экспериментальные исследования хаотической динамики биопотенциалов мышц при различных статических нагрузках // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2018. – Т. 165. – № 4. – С. 400-403.
14. 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
15. Пятин В.Ф., Еськов В.В., Алиев Н.Ш., Воробьева Л.А. Хаос параметров гомеостаза функциональных систем организма человека // Вестник новых медицинских технологий. – 2018. – Т. 25. – № 1. – С. 143-153. DOI:10.24411/1609-2163-2018-15990
16. Филатова Д.Ю., Башкатова Ю.В., Филатов М.А., Иляшенко Л.К. Анализ параметров деятельности сердечно-сосудистой системы у школьников в условиях широтных перемещений // Экология человека. – 2018. – № 4. – С. 30-35.
17. Филатова О.Е., Майстренко Е.В., Болтаев А.В., Газя Г.В. Влияние промышленных электромагнитных полей на динамику сердечно-сосудистых систем работниц нефтегазового комплекса // Экология и промышленность России. – 2017. – Т. 21. – № 7. – С. 46-51.
18. Якунин В.Е., Белощенко Д.В., Афаневич К.А., Горбунов Д.В. Оценка параметров электромиограмм в рамках теории

хаоса-самоорганизации // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2017. – № 1. – С. 33-40.

19. Eskov V.V., Filatova O.E., Gavrilenco 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.

20. Eskov V.V., Gavrilenco 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.

21. Eskov, V.M., Zinchenko, Y.P., Filatov, M.A., Ilyashenko, L.K. Glansdorff-prigogine theorem in the description of tremor chaotic dynamics in cold stress // Human Ecology (Russian Federation). – 2017. – No. 5. – Pp. 27-32.

22. Eskov V.M., Filatova O.E., Eskov V.V. and Gavrilenco 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., Gavrilenco 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., Zinchenko, Y.P., Filatov, M.A., Ilyashenko, L.K. Glansdorff-prigogine theorem in the description of tremor chaotic dynamics in cold stress // Human Ecology (Russian Federation). – 2017. – No. 5. – Pp. 27-32.

27. 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.

28. 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.

29. Filatova O.E., Bazhenova A.E., Ilyashenko L.K., Grigorieva S.V. Estimation of the Parameters for Tremograms According to the Eskov–Zinchenko Effect Biophysics // Biophysics. – 2018. – Vol. 63. – No. 2. – Pp. 125-130.

30. 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. – № 2. – Pp. 115-117.

Reference

1. Bazhenova A.E., Beloshchenko D.V., Shchipicin K.P., Korolev YU.YU. Effekt Es'kova-Zinchenko v organizacii neproizvol'nyh dvizhenij cheloveka v rezhime povtoreniya [Eskov-Zinchenko effect: human involuntary movements organization during repetitions] // Vestnik novyh medicinskih tekhnologij [Journal of new medical technologies]. – 2017. – T. 24. – № 1. – S. 29-35.

2. Bodin O.N., Gavrilenco T.V., Gorbunov D.V., Samsonov I.N. Vliyanie staticheskoy nagruzki myshc na parametry ehntropii elektromiogramm [Thermodynamic method in analyzing the parameters bioelectrical muscles at different static loads] // Vestnik novyh medicinskih tekhnologij [Journal of new medical technologies]. – 2017. – T. 24. – № 3. – S. 47-52.

3. Gavrilenco T.V., Yakunin E.V., Gorbunov D.V., Gimadiev B.R., Samsonov I.N. Effekt Es'kova-Zinchenko v ocenke parametrov teppinga [Eskov-Zinchenko effect in the estimation of tapping parameters] // Vestnik novyh medicinskih tekhnologij [Journal of new medical technologies]. – 2017. – T. 24. – № 1. – S. 9-14.

4. Gavrilenco T.V., Gorbunov D.V., Beloshchenko D.V., Chertishchev A.A. Teorema Glensdorfa-Prigozhina v ocenke parametrov tremorogramm [The Glensdorf-Prigogine theorem in the estimation of tremograms pa-

rameters] // Vestnik novykh medi-cinskih tekhnologij [Journal of new medical technologies]. – 2017. – Т. 24. – № 2. – С. 16-21.

5. Denisova L.A., Beloshchenko D.V., Bashkatova YU.V., Gorbunov D.V. Osobnosti regulyatsii dvigatel'nyh funktsij u zhenshchin [Features of the regulation of motor functions in women] // Klinicheskaya medicina i farmakologiya [Clinical medicine and pharmacology]. – 2017. – Т. 3. – № 4. – С. 11-16. DOI:10.12737/article_5a72e5f37c5f67.24241158

6. Es'kov V.V. Matematicheskoe modelirovanie gomeostaza i ehvol'yucii complexity: monografiya. Tula: izd-vo Tul-GU, 2016. – 372 s.

7. Es'kov V.V. Termodinamika neravnovesnyh sistem I.R. Prigogine i ehntro-pijnyj podhod v fizike zhivyh sistem [Thermodynamics of nonequilibrium systems I.R. Prigogine and entropy approach in the physics of living systems] // Vestnik novykh medicinskih tekhnologij [Journal of new medical technologies]. – 2017. – Т. 24. – № 2. – С. 7-15. DOI: 10.12737/article_5947c927ded276.09686393

8. Es'kov V.M., Zinchenko Yu.P., Filatov M.A., Poskina T.YU. Effekt N.A. Bernshtejna v ocenke parametrov tremora pri razlichnyh akusticheskikh vozdeystviyah [The effect of N.A. Bernstein in the evaluation of tremor parameters for different acoustic effects] // Nacional'nyj psihologicheskij zhurnal [National Psychological Journal]. – 2015. – № 4 (20). – С. 66-73.

9. Es'kov V.M., Galkin V.A., Filatova O.E. Complexity: haos gomeostaticheskikh sistem: monografiya / Pod red. G.S. Rozenberga. Samara: izd-vo OOO «Potro-print», 2017. – 388 s.

10. Es'kov V.M., Galkin V.A., Filatova O.E. Konec opredelennosti: haos gomeostaticheskikh sistem: monografiya / Pod red. A.A. Hadarceva, G. S. Rozenberga. Tula: izd-vo OOO «TPPO», 2017. – 596 s.

11. Es'kov V.M., Zinchenko Yu.P., Filatova O.E. Priznaki paradigmy i obosnovanie tret'ej paradigmy v psihologii [Indications of paradigm and justification of the third paradigm in psychology] // Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 14: Psihologiya [Moscow University Psychology bulletin]. – 2017. – № 1. – С. 3-17.

12. Es'kov V.M., Filatova O.E., Poluhin V.V. Problema vybora abstraktsij pri primenenii biofiziki v medicine [Problem of a choice of abstractions: application the biophysics in medicine] // Vestnik novykh medicinskih tekhnologij [Journal of new medical technologies]. – 2017. – Т. 24. – № 1. – С. 158-167. DOI: 12737/25253

13. Zilov V.G., Hadarcev A.A., Ilyashenko L.K., Es'kov V.V., Minenko I.A. Eksperimental'nye issledovaniya haoticheskoy dinamiki biopotencialov myshc pri razlichnyh staticheskikh nagruzkah // Byulleten' eksperimental'noj biologii i mediciny [Bulletin of experimental biology and medicine]. – 2018. – Т. 165. – № 4. – С. 400-403.

14. Zinchenko Yu.P., Hadarcev A.A., Filatova O.E. Vvedenie v biofiziku gomeostaticheskikh sistem (complexity) [Introduction to the biophysics of homeostatic systems (complexity)] // Slozhnost'. Razum. Postneklassika [Complexity. Mind. Postnonclassic]. – 2016. – № 3. – С. 6-15. DOI: 10.12737/22107

15. Pyatin V.F., Es'kov V.V., Aliev N.Sh., Vorob'eva L.A. Haos parametrov gomeostaza funktsional'nyh sistem organizma cheloveka [Chaos of homeostasis parameters of functional systems of the human body] // Vestnik novykh medicinskih tekhnologij [Journal of new medical technologies]. – 2018. – Т. 25. – № 1. – С. 143-153. DOI:10.24411/1609-2163-2018-15990

16. Filatova D.YU., Bashkatova YU.V., Filatov M.A., Ilyashenko L.K. Analiz parametrov deyatelnosti serdechno-sosudistoy sistemy u shkol'nikov v uslo-viyah shirotnykh peremeshchenij [Parameter evaluation of cardiovascular system in schoolchildren under the conditions of latitudinal displacement] // Ekologiya cheloveka [Human ecology]. – 2018. – № 4. – С. 30-35.

17. Filatova O.E., Majstrenko E.V., Boltav A.V., Gazya G.V. Vliyanie promyshlennykh ehlektromagnitnykh polej na dinamiku serdechno-sosudistykh sistem rabotnic neftegazovogo kompleksa [The influence of industrial electromagnetic fields on cardio-respiratory systems dynamics of oil-gas industry complex female workers] // Ekologiya i promyshlennost' Rossii [Ecology and Industry of Russia]. – 2017. – Т. 21. – № 7. – С. 46-51.

18. Yakunin V.E., Beloshchenko D.V., Afanovich K.A., Gorbunov D.V. Ocenka parametrov ehlektromiogramm v ramkah teorii haosa-samoorganizacii [Electromyograms assesment based on a theory of chaos - selforganization] // Slozhnost'. Razum. Postneklassika [Complexity. Mind. Postnonclassic]. – 2017. – № 1. – S. 33-40. DOI: 10.12737/article_58ef6cb9774501.10816350
19. 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.
20. 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.
21. Eskov, V.M., Zinchenko, Y.P., Filatov, M.A., Ilyashenko, L.K. Glansdorff-prigogine theorem in the description of tremor chaotic dynamics in cold stress // Human Ecology (Russian Federation). – 2017. – No. 5. – Pp. 27-32.
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 // Bio-physics. – 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., Zinchenko, Y.P., Filatov, M.A., Ilyashenko, L.K. Glansdorff-prigogine theorem in the description of tremor chaotic dynamics in cold stress // Human Ecology (Russian Federation). – 2017. – No. 5. – Pp. 27-32.
27. 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.
28. 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.
29. Filatova O.E., Bazhenova A.E., Ilyashenko L.K., Grigorieva S.V. Estimation of the Parameters for Tremograms According to the Eskov–Zinchenko Effect Biophysics // Biophysics. – 2018. – Vol. 63. – No. 2. – Pp. 125-130.
30. 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. – № 2. – Pp. 115-117.