

ХАОТИЧЕСКАЯ ДИНАМИКА СИСТЕМ ТРЕТЬЕГО ТИПА – COMPLEXITY

В.В. ЕСЬКОВ

БУ ВО «Сургутский государственный университет», ул. Ленина, 1, Сургут, 628400, Россия,
E-mail: firing.squad@mail.ru

Аннотация. Гомеостатические системы сейчас относят к особым системам – *complexity*, которые выходят за пределы детерминистской и стохастической науки. В 1948 г. *W. Weaver* ввел понятие систем третьего типа, которые он противопоставлял детерминистским системам (функциональный анализ) и стохастическим системам. Сейчас такие системы (*complexity*) исследуются в рамках стохастики и новой теории хаоса-самоорганизации. Доказывается статистическая неустойчивость подряд получаемых выборок параметров x_i при условии, что *complexity* находится в неизменном состоянии (гомеостазе). Вводится понятие эволюции сложной системы, которая приводит к изменению числа k совпадений выборок в матрицах парных сравнений подряд получаемых выборок для гомеостатической системы. Такие системы характеризуются нерегулярной динамикой и не являются объектами современной науки.

Ключевые слова: системы третьего типа, гомеостаз, сложность.

CHAOTIC DYNAMICS OF SYSTEMS OF THE THIRD TYPE –COMPLEXITY

V.V. ESKOV

Surgut State University, Lenin av., 1, Surgut, 628400, Russia, E-mail: firing.squad@mail.ru

Abstract. Now, the homeostatic systems are classified as special complex systems – *complexity* which moves beyond deterministic and stochastic sciences. In 1948 W. Weaver introduced the concept of systems of the third type; these systems contrast deterministic (functional analysis) and stochastic systems. Now, such systems (complex systems) are being studied within the frame of stochastics and a new theory of chaos-self-organization. The statistical instability of successive samples of parameters x_i has been proved for the case when complex system is in unchanged state (homeostasis). We introduce the concept of evolution of a complex system that leads to a change in the number k of samples coincidences in matrices of pairwise comparisons in successive samples of homeostatic system. Such systems show irregular dynamics and should not be viewed as objects of modern science.

Key words: systems of the third type, homeostasis, complexity.

Введение. С момента выхода статьи *W. Weaver* [24] и гипотезы Н.А. Бернштейна [14] о повторении без повторений в биомеханике не изучались эффекты статистической неустойчивости любых параметров x_i , описывающих динамику поведения систем третьего типа (СТТ) (по классификации *W. Weaver* [24]). В биомедицине, психологии, экологии и многих других «нечетких» науках о живых системах господствует центральная догма: стохастика адекватно описывает такие системы в режиме разового получения выборок x_i . Это означает отсутствие уникальности в динамике поведения СТТ-*complexity* или гомеостатических систем, как мы такие системы сейчас определяем [1-10, 12].

Однако, уже более 25 лет мы доказываем статистическую неустойчивость подряд получаемых выборок особых компонент x_i , входящих в общий вектор состояния $x=x(t)=(x_1, x_2, \dots, x_m)^T$, который описывает динамику поведения СТТ-*complexity*. Эти особые системы не могут произвольно демонстрировать совпадение статистических функций распределения $f(x_i)$ для j -й и $j+1$ выборок (получаемых для СТТ в неизменном гомеостазе). Более того, в рамках новой, разрабатываемой нами сейчас теории хаоса-самоорганизации (ТХС) [8-13] доказывается, что $f_j(x_i) \neq f_{j+1}(x_i)$ для любых параметров x_i в m -мерном фазовом пространстве состояний (ФПС). Вероятность такого неравенства в биомеханике исчисляется величиной $p \geq 0,99$ и более, что ставит под сомнение любые измерения в биологии, медицине, психологии и др. науках о живом. Тогда каковы закономерности такой нерегулярной динамики и как её описывать в рамках современной детерминистской и стохастической науки (ДСН)?

1. Хаос в динамике $x_i(t)$ с позиций теории *complexity*. Отметим, что два нобелевских лауреата (*I.R. Prigogine* [23] и *M. Gell-Mann* [21]), а также выдающиеся физики и математики 20-го века (например, *R. Penrose* и *J.A. Wheeler*) относили особые живые системы к объектам динамического хаоса Лоренца. В рамках ТХС сейчас нами доказывается, что это было ошибкой, СТТ-*complexity* не являются объектом теории динамического хаоса [15-20, 22, 25]. У них нет отрицательных показателей Ляпунова, автокорреляционные функции не сходятся к нулю (при нарастании времени измерения, $t \rightarrow \infty$) и нет инвариантно-

сти мер (нет аттракторов Лоренца и даже квазиаттракторов, которые сейчас изучаются в теории динамического хаоса) [10, 15-19].

СТТ *-complexity* имеют особую нерегулярную динамику, для которой характерна статистическая неустойчивость подряд получаемых выборок x_i всего вектора состояния биосистемы $x(t)$. Это означает, что статистические функции не совпадают ($f_j(x_i) \neq f_{j+1}(x_i)$) для любых двух особых выборок x_i , которые могут быть получены у одного и того же биообъекта (в неизменном гомеостазе). Мы имеем хаотическую динамику x_i в ФПС, но этот хаос отличен от хаоса Лоренца.

Статистическая неустойчивость x_i должна положить конец традиционному применению различных статистических методов в биологии, медицине и др. бионауках. Это означает, что до настоящего времени все математические модели на основе функционального анализа и стохастики имеют уникальный характер [4-10]. На следующем интервале времени Δt_2 после измерения на интервале Δt_1 и получения статистической функции $f_i(x_i)$, мы получим другую выборку x_i и другую статистическую функцию распределения $f(x)$ с вероятностью $P \geq 0,99$ (и более, для тремора, например). Все измерения в биомедицине и психологии имеют разовый характер (они уникальны) [14-19, 21, 24].

Доказательство этому мы получили еще в биомеханике 25 лет назад, когда начали проверять гипотезу Н.А. Бернштейна «О повторении без повторений». Оказалось, что при регистрации *треморграмм* (ТМГ) на интервале 5 сек (с частотой дискретизации $\tau=10$ мсек мы получаем выборку из $n=500$ точек) мы в следующие 5 сек не можем получить статистическое совпадение функции распределения, т.е. $f_i(x_i) \neq f_{j+1}(x_i)$. Эти две выборки невозможно отнести к одной генеральной совокупности. Для иллюстрации этого факта мы приводим табл. 1, в которой приводится попарное статистическое сравнение 15-ти подряд полученных ТМГ от одного человека, находящегося в одном, неизменном состоянии (одном гомеостазе) [2-7].

Таблица 1

Уровни значимости (P) для попарных сравнений 15-ти выборок параметров ТМГ при повторных экспериментах ($k=3$), 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		0,73	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,73		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
3	0,18	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		0,00	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	0,76	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	0,00
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,76	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	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
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	0,00	0,00
11	0,01	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
12	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
13	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
14	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
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 $p < 0,05$)

Из 105 независимых пар сравнения выборок x_i (по 500 точек в каждой) мы имеем только $k=3$ – число пар статистических совпадений выборок (остальные 102 пары – это разные выборки!). Таким образом получить просто совпадение двух разных выборок x_i (не соседних) имеет частоту $P^* \leq 0,03$ (точнее $3/105$ в нашем примере). Это обычный результат для биомеханики. Получить же совпадение двух соседних выборок, т.е. что бы $f_j(x_i) = f_{j+1}(x_i)$ – это задача крайне сложная. Обычно она имеет в биомеханике вероятность $p \leq 0,01$, т.е. это очень малая величина и она доказывает несостоятельность применения статистических методов в изучении особых СТТ *-complexity*. Их нерегулярная динамика характеризуется статистической неустойчивостью подряд получаемых выборок x_i и тогда требуется разработка других методов и моделей для описания СТТ. Рассмотрим некоторые из них, которые мы сейчас используем в новой ТХС.

2. Устойчивость СТТ *-complexity* в ФПС. Общепринято, что наука (детерминистская и стохастическая, т.е. функциональный анализ и статистика) начинается там, где есть повторение, некоторые зако-

номерности. Сразу отметим, что для СТТ мы не можем произвольно повторить не только исходное значение $x(t_0)$, т.е. в начальный момент времени $t=t_0$, но даже статистическую функцию $f(x)$ выборок этих «исходных» значений $x(t_0)$. При многократных повторах начальных состояний СТТ-complexity, мы не можем произвольно повторить. Нерегулярная динамика СТТ произвольно неповторима в любой момент времени t и на любом интервале времени Δt . Это особые хаотические системы, без статистической устойчивости [1-8,15-17].

За прошедшие 25 лет исследований мы зарегистрировали наблюдения и эксперименты с более чем 20000 испытуемыми, и более чем с одним миллионом выборок x_i – не только в биомеханике, но и в различных других областях биологии, медицины, психологии, экологии и др. неточных науках. Везде картина одинакова: получить $f_j(x_i)=f_{j+1}(x_i)$ можно с частотой $P_1^* \leq 0,04$, реже $P_2^* \leq 0,1$. Говорить о доверительной вероятности $\beta \geq 0,95$, которая общепринята в биологии, не приходится. Все непрерывно и хаотически изменяется [11-18].

Это касается и работы нейросетей мозга, с которых и начинается любая организация и управление биосистемами в организме. Нейросети самые неустойчивые, нерегулярные системы. Однако, на фоне этого особого хаоса СТТ-complexity (это является 2-м принципом в ТХС организации СТТ из всех 5-ти) всё-таки можно установить некоторые закономерности, которые тоже характеризуют эти особые нестабильные системы. Эта закономерность проявляется при многократных повторениях регистрации одних и тех же процессов у одного и того же испытуемого. Рассмотрим это на примере треморограмм.

Если регистрировать у одного испытуемого (находящегося в неизменном гомеостазе) по 15 выборок ТМГ ($N=15$) и построить 15 матриц, подобных табл. 1, то мы получим 15 серий измерений. В этих 15-ти матрицах регистрируются числа k пар статистических совпадений выборок ТМГ (такие две выборки мы относим к одной генеральной совокупности). Тогда таблицы из чисел k обладают определённой статистической закономерностью. Во-первых, они зависят от самого испытуемого (спортсмен или не спортсмен, в каком физическом состоянии он находится и т.д.). Во-вторых, среднее значение $\langle k \rangle$ такой выборки из 15 серий повторов может характеризовать сам гомеостаз испытуемого, т.е. являться маркером стационарного состояния (если $\langle k \rangle$ не изменяется) гомеостатической системы.

При переходе в другой гомеостаз меняется и $\langle k \rangle$. Если в исходном, спокойном состоянии мы имеем $\langle k_1 \rangle$, то при переходе в другой гомеостаз мы будем иметь другое значение $\langle k_2 \rangle \neq \langle k_1 \rangle$. Сейчас мы это уже используем в биологии, медицине, психологии [1-10] для диагностики различий двух стационарных состояний вектора $x(t)$ в одном гомеостазе и в другом. С позиций стохастики это выполнить невозможно, т.к. там, в неизменном гомеостазе, уже будем получать различия статистических функций распределения $f_j(x_i) \neq f_{j+1}(x_i)$ с частотой $P^* \leq 0,95$ и более.

Для примера мы представляем табл. 2, где используются выборки для k и рассчитаны их средние значения $\langle k \rangle$ у одного и того же испытуемого, но он находится в двух разных состояниях гомеостаза. В 1-м случае испытуемый был без нагрузки на конечность ($F_1=0H$), а во 2-м случае он имел нагрузку в 3 ньютона ($F_2=3H$) на палец. Наблюдается существенное различие между этими двумя выборками для k в каждой из 15-ти серий испытаний (для одного и того же человека). Это характерный пример из многих тысяч других подобных испытаний как с одним и тем же испытуемым, так и с группами испытуемых, находящихся в разных гомеостазах.

Таблица 2

Число пар совпадений выборок (k) для всех 15-ти матриц парного сравнения параметров ТМГ у испытуемого (АНШ) до и после статических нагрузок при повторных экспериментах

N серии		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	X_{cp} k	max k	min k
до нагрузки ($F_1=0H$)	k в серии	0	3	3	5	1	2	1	4	5	4	4	3	3	2	2	2,8	5	0
после нагрузки ($F_2=3H$)	k в серии	7	5	1	1	0	3	4	3	7	1	1	3	6	3	2	3,1	7	0

Таким образом, матрицы парных сравнений выборок x_i могут быть использованы для оценки изменности гомеостаза (стационарного состояния СТТ с позиций ТХС) или его изменений. В первом случае $\langle k \rangle$ существенно не изменяется, но при переходе в другой гомеостаз регистрируются неравенства $\langle k_2 \rangle \neq \langle k_1 \rangle$. Фактически, мы сейчас говорим о сохранении стохастического подхода в биомедицине, но это все требует многократных повторений, что крайне трудозатратно (не целесообразно и не применимо на практике). Мы предложили метод расчета квазиаттракторов (КА), но это уже другая область (и тема

для изложения) [7-20]. Сейчас в биомеханике такая закономерность получила название эффекта Еськова-Зинченко [1, 2, 18-20] и она активно изучается.

Выводы:

1. Организм человека, его психика, параметры биосистем в целом обладают особыми гомеостатическими свойствами. Для них характерно отсутствие статистической устойчивости для подряд получаемых выборок ($f_j(x_i) \neq f_{j+1}(x_i)$). Это означает, фактически, окончание статистического описания параметров биосистем, находящихся в неизменном гомеостазе.

2. Для описания таких сложных СТТ-*complexity* с нерегулярной динамикой можно использовать многократные повторы измерений и расчет матриц парных сравнений выборок x_i . Получаемое при этом число k пар статистических совпадений выборок является характеристикой гомеостаза. При этом средние значение самих $x_i (<x_i>)$ меняются от выборки к выборке (вместе с дисперсией и другими параметрами статистических функций распределения $f_j(x)$).

Литература

1. Баженова А.Е., Повторейко В.В., Басова К.А., Картополенко Р.О. Эффект Еськова-Зинченко в описании хаотической динамики параметров нервно-мышечной системы // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2017. № 1. С. 50–56.
2. Белощенко Д.В., Якунин В.Е., Потетюрин Е.С., Королев Ю.Ю. Оценка параметров электромиограмм у женщин при разном статическом усилии в режиме повторения // Клиническая медицина и фармакология. 2017. Т. 3, № 1. С. 26–31.
3. 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.
4. Галкин В.А., Филатова О.Е., Журавлева О.А., Шелим Л.И. Новая наука и новое понимание гомеостатических систем // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2017. № 1. С. 75–86.
5. Галкин В.А., Попов Ю.М., Берестин Д.К., Монастырская О.А. Статика и кинематика гомеостатических систем – complexity // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2017. № 2. С. 63–69.
6. 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.
7. 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.
8. Еськов В.М., Зинченко Ю.П., Филатов М.А., Иляшенко Л.К. Теорема Гленсдорфа - Пригожина в описании хаотической динамики тремора при холодовом стрессе // Экология человека. 2017. № 5. С. 27–32.
9. Еськов В.М., Галкин В.А., Филатова О.Е. Конец определенности: хаос гомеостатических систем. Тула, 2017. 596 с.
10. Зилов В.Г., Хадарцев А.А., Еськов В.В., Еськов В.М. Экспериментальные исследования статистической устойчивости выборок кардиоинтервалов // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2017. Т. 164, № 8. С. 136–139.
11. Хадарцев А.А., Еськов В.М. Внутренние болезни с позиции теории хаоса и самоорганизации систем (научный обзор) // Терапевт. 2017. № 5-6. С. 5–12.
12. Хадарцев А.А., Зинченко Ю.П., Филатова О.Е. Введение в биофизику гомеостатических систем (complexity) // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2016. № 3. С. 6–15.
13. Широков В.А, Томчук А.Г, Роговский Д.А. Стохастический и хаотический анализ вертебро-неврологических показателей пациентов при остеохондрозе позвоночника в условиях севера // Клиническая медицина и фармакология. 2017. Т. 3, № 1. С. 34–38.
14. Bernshtein N.A. The coordination and regulation of movements. Oxford. New York: Pergamon Press, 1967.
15. Betelin V.B., Eskov V.M., Galkin V.A. and Gavrilenko T.V. Stochastic Volatility in the Dynamics of Complex Homeostatic Systems // Doklady Mathematics. 2017. Vol. 95, № 1. P. 92–94.
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, № 1. P. 14–23.
17. 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, №3. P. 309–317.
18. 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, №1. P. 143–150.
19. 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. №3. P. 38–42.

20. 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. № 8. P. 15–20.
21. Gell-Mann M. Fundamental Sources of Unpredictability // *Complexity*. 1997. Vol. 3, №1. P. 13–19.
22. Khadartsev A.A., Nesmeyanov A.A., Eskov V.M., Filatov M.A., Pab W. Fundamentals of chaos and self-organization theory in sports // *Integrative medicine international*. 2017. Vol. 4. P. 57–65.
23. Prigogine I.R. *The End of Certainty: Time, Chaos, and the New Laws of Nature*. Free Press, 1996.
24. Weaver W. *Science and Complexity*. Rockefeller Foundation, New York City // *American Scientist*. 1948. Vol. 36. P. 536–544.
25. Zilov V.G., Eskov V.M., Khadartsev A.A., Eskov V.V. Experimental Verification of the Bernstein Effect “Repetition without Repetition” // *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. 2017. №1. P. 1–5.

References

1. Bazhenova AE, Povtoreyko VV, Basova KA, Kartopolenko RO. Effekt Es'kova-Zinchenko v opisani khaoticheskoy dinamiki parametrov nervno-myshechnoy sistemy [The effect of Eskova-Zinchenko in the description of the chaotic dynamics of the parameters of the neuromuscular system]. *Slozhnost'. Razum. Postneklassika*. 2017;1:50-6. Russian.
2. Beloshchenko DV, Yakunin VE Potetyurina ES, Korolev YYu. Otsenka parametrov elektromiogramma u zhenshchin pri raznom staticheskom usilii v rezhime povtoreniya [Evaluation of the parameters of electro-myograms in women under different static stress in the repetition mode]. *Klinicheskaya meditsina i farmakologiya*. 2017;3(1):26-31. Russian.
3. Gavrilenko TV, Gorbunov DV, Beloshchenko DV, Chertishchev AA. Teorema Glensdorfa-Prigozhina v otsenke parametrov tremorogramma [Glensdorff-Prigogine's theorem in the estimation of parameters of tremograms]. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy*. 2017;24(2):16-21. Russian.
4. Galkin VA, Filatova OE, Zhuravleva OA, Shelim LI. Novaya nauka i novoe ponimanie gomeostaticheskikh sistem [New science and a new understanding of homeostatic systems]. *Slozhnost'. Razum. Postneklassika*. 2017;1:75-86. Russian.
5. Galkin VA, Popov YM, Berestin DK, Monastyretskaya OA. Statika i kinematika gomeo-staticheskikh sistem – complexity [Statics and kinematics of homeostatic systems - complexites]. *Slozhnost'. Razum. Postneklassika*. 2017;2:63-9. Russian.
6. Es'kov VV. Termodinamika neravnovesnykh sistem I.R. Prigogine i entropiynny podkhod v fizike zhivyykh sistem [Thermodynamics of nonequilibrium systems Prizhogine and the entropy approach in the physics of living systems]. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy*. 2017;24(2):7-15. Russian.
7. Es'kov VM, Filatova OE, Polukhin VV. Problema vybora abstraktsiy pri primenenii biofiziki v meditsine [The problem of choice of abstraction in the application of biophysics in medicine]. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy*. 2017;24(1):158-67. Russian.
8. Es'kov VM, Zinchenko YP, Filatov MA, Ilyashenko LK. Teorema Glensdorfa - Pri-gozhina v opisani khaoticheskoy dinamiki tremora pri kholodovom stresse [The Glensdorf-Prigozhin theorem in the description of the chaotic dynamics of a tremor in cold stress]. *Ekologiya cheloveka*. 2017;5:27-32. Russian.
9. Es'kov VM, Galkin VA, Filatova OE. Konets opredelennosti: khaos gomeostaticheskikh sistem [End of certainty: chaos of homeostatic systems]. Tula; 2017. Russian.
10. Zilov VG, Khadartsev AA, Es'kov VV, Es'kov VM. Eksperimental'nye issledovaniya statisticheskoy ustoychivosti vyborok kardiointervalov [Experimental studies of the statistical stability of samples of cardiointervals]. *Byulleten' eksperimental'noy biologii i meditsiny*. 2017;164(8):136-9. Russian.
11. Khadartsev AA, Es'kov VM. Vnutrennie bolezni s pozitsii teorii khaosa i samoorganizatsii sistem (nauchnyy obzor) [Internal diseases from the position of the theory of chaos and self-organization of systems (scientific review)]. *Terapevt*. 2017;5-6:5-12. Russian.
12. Khadartsev AA, Zinchenko YP, Filatova OE. Vvedenie v biofiziku gomeostaticheskikh sistem (complexity) [Introduction to biophysics of homeostatic systems (complexites)]. *Slozhnost'. Razum. Postneklassika*. 2016;3:6-15. Russian.
13. Shirokov VA, Tomchuk AG, Rogovskiy DA. Stokhasticheskiy i khaoticheskiy analiz vertebro-nevrologicheskikh pokazateley patsientov pri osteokhondroze pozvonochnika v usloviyakh severa [Stochastic and chaotic analysis of vertebro-neurological parameters of patients with osteochondrosis of the spine in conditions of the north]. *Klinicheskaya meditsina i farmakologiya*. 2017;3(1):34-8. Russian.
14. Bernshtein NA. *The coordination and regulation of movements*. Oxford. New York: Pergamon Press, 1967.
15. Betelin VB, Eskov VM, Galkin VA, Gavrilenko TV. Stochastic Volatility in the Dynamics of Complex Homeostatic Systems. *Doklady Mathematics*. 2017;95(1):92-4.
16. Eskov VM, Bazhenova AE, Vochmina UV, Filatov MA, Ilyashenko LK. N.A. Bernstein hypothesis in the Description of chaotic dynamics of involuntary movements of person. *Russian Journal of Biomechanics*. 2017;21(1):14-23.

17. Eskov VM, Eskov VV, Vochmina YV, Gorbunov DV, Ilyashenko LK. Shannon entropy in the research on stationary regimes and the evolution of complexity. Moscow University Physics Bulletin. 2017;72(3):309-17.

18. Eskov VM, Eskov VV, Gavrilenko TV, Vochmina YV. Formalization of the Effect of “Repetition without Repetition” Discovered by N.A. Bernshtein. Biophysics. 2017;62(1):143-50.

19. Eskov VM, Gudkov AB, Bazhenova AE, Kozupitsa GS. The tremor parameters of female with different physical training in the Russian North. Human Ecology. 2017;3:38-42.

20. Filatova DU, Veraksa AN, Berestin DK, Streltsova TV. Stochastic and chaotic assessment of human's neuromuscular system in conditions of cold exposure. Human Ecology. 2017;8:15-20.

21. Gell-Mann M. Fundamental Sources of Unpredictability. Complexity. 1997;3(1):13-9.

22. Khadartsev AA, Nesmeyanov AA, Eskov VM, Filatov MA, Pab W. Fundamentals of chaos and self-organization theory in sports. Integrative medicine international. 2017;4:57-65.

23. Prigogine I.R. The End of Certainty: Time, Chaos, and the New Laws of Nature. Free Press; 1996.

24. Weaver W. Science and Complexity. Rockefeller Foundation, New York City. American Scientist. 1948;36:536-44.

25. Zilov VG, Eskov VM, Khadartsev AA., Eskov VV. Experimental Verification of the Bernstein Effect “Repetition without Repetition”. Bulletin of Experimental Biology and Medicine. 2017;1:1-5.

Библиографическая ссылка:

Еськов В.В. Хаотическая динамика систем третьего типа – *complexity* // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2017. №3. Публикация 1-3. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2017-3/1-3.pdf> (дата обращения: 18.09.2017). DOI: 10.12737/article_59c4b240bddaa8.13118952.