

10.12737/article_5cb82c6828cf34.65546123

РАБОТА НЕЙРОСЕТЕЙ МОЗГА И ИХ МОДЕЛЕЙ В РЕЖИМЕ СИСТЕМНОГО СИНТЕЗА

В.Ф. ПЯТИН¹, В.В. ЕСЬКОВ², Н.В. ИВАНОВА², В.В. ХАКИМОВА², Е.Д. ТАГИРОВА²

¹*ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России, ул. Гагарина, 18, Самара, Россия, 443079*

²*БУ ВО ХМАО-Югры «Сургутский государственный университет», ул. Ленина, 1, Сургут, Россия, 628400, e-mail: firing.squad@mail.ru*

Аннотация. До настоящего времени в математике нет моделей эвристической деятельности мозга человека. Одновременно не решена в общем виде задача системного синтеза, т.е. нахождение параметров порядка – главных диагностических признаков в медицине. За последние годы развитие теории хаоса-самоорганизации привело к доказательству двух особых режимов реальных нейронных сетей (хаос и многократные реверберации). Если эти режимы включить в работу нейро-ЭВМ (искусственных нейросетей), то они обеспечивают и разделение выборок (в неопределенности 1-го типа) и решают задачу системного синтеза. Фактически речь идет об открытии нового направления в медицине и биологии – внедрение нейро-ЭВМ в работу медицинских учреждений. Такая общая компьютеризация даст толчок развитию и индивидуализированной медицины.

Ключевые слова: *нейро-ЭВМ, эффект Еськова-Зинченко, хаос и реверберации.*

THE NEURAL NETWORKS OF THE BRAIN AND THEIR MODELS IN THE SYSTEM SYNTHESIS MODE

V.F. PYATIN¹, V.V. ESKOV², N.V. IVANOVA², V.V. HAKIMOVA², E.D. TAGIROVA²

¹*Samara State Medical University of the Health Ministry, Gagarina st., 18, Samara, Russia, 443079*

²*Surgut State University, Lenina pr., 1, Surgut, Russia, 628400, e-mail: firing.squad@mail.ru*

Abstract. So far, in mathematics there are no models for heuristic activity of human brain. At the same time, the problem of system synthesis has not been solved, i.e. finding order parameters - the main diagnostic features in medicine. In recent years, the development of the theory of chaos-self-organization led to the proof of two special modes of real neural networks (chaos and multiple reverberations). If these modes are included in the work of neuro-computer (artificial neural networks), then they provide the separation of samples (in type 1 uncertainty) and solve the problem of system synthesis. In fact, we are talking about opening of a new direction in medicine and biology - the introduction of neuro-computers into the work of medical institutions. Such a general computerization will give impetus to the development of individualized medicine.

Key words: *neuro-computer, Eskov-Zinchenko effect, chaos and reverberation.*

Введение. Трехуровневая (трех-кластерная) организации системы регуляции движением сейчас уже не вызывает сомнений, т.к. она базируется на реальности *нейросетей мозга* - НСМ (1-й кластер), систем управления на описательном уровне (включая и мышцы) и последний кластер – биомеханика конечности. Однако, при этом главная проблема все-таки заключается в принципах работы головного мозга человека, т.е. 1-го кластера – иерарха всей трехкластерной системы. Как работают НСМ, как работает головной мозг в режиме

управления, каковы основные режимы НСМ и можно ли создать модели НСМ, которые обеспечат основные свойства мозга (в режиме управления НСМ)?

Все это составляет фундаментальные основы физиологии *центральной нервной системы* (ЦНС) и *нервно-мышечной системы* (НМС), всей иерархической системы организации движения. Над этой проблемой бьются все физиологи мира последние 100-150 лет, но пока успехи небольшие. Сейчас это стало возможным изучать с позиций *компарментно - кластерной теории биосистем* (ККТБ) и

работы нейроэмуляторов (искусственных нейронных сетей – НЭВМ) [12, 13, 14, 15, 16, 17, 18]. Именно в аспекте хаоса и самоорганизации НСМ, т.к. до настоящего времени хаос параметров НСМ, НМС, *сердечно-сосудистой системы* (ССС) никем не учитывался. Все исследования *функциональных систем организма* (ФСО) базировались на стохастике (расчетах статистический функций $f(x_i)$, *спектральной плотности сигнала* (СПС), автокорреляций $A(t)$ и т.д.).

1. Нейросети мозга искусственные нейросети (модели мозга). Напомним, что в 80-х годах был сделан рывок в организации работы искусственных нейросетей (нейроэмуляторов, НЭВМ), когда В.А. Охонин (г. Красноярск) предложил алгоритм обратной ошибки (*back propagation* - ВР). Несомненно, что этот принцип как-то реализуется в рамках физиологических систем за счет огромного количества проприорецепторов (в мышцах, сухожилиях и т.д.). Именно эти обратные

связи (импульсы от рецепторов мышц, например) и реализуют определенную точность в работе НМС. Однако, этого свойства (ВР) все – таки оказалось мало для создания реальных моделей НМС, для их (НЭВМ) практического использования в медицине и физиологии.

Из всего полученного нами материала следует [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25], что *электроэнцефалограмма* – ЭЭГ (т.е. НСМ) демонстрирует непрерывный хаос $x_i(t)$ и реверберации (многократные повторения возбудимости НСМ в виде суммарной ЭЭГ). Эти реверберации НСМ (в виде хаоса ЭЭГ, см. табл.1) должны бы были и как-то учитываться в работе *искусственных нейронных сетей* – ИНС, но этого на сегодня нет. Хаос и реверберации в этих искусственных НЭВМ (нейроэмуляторах) отсутствуют, но их необходимо было ввести и мы это сделали (за последние 10-15 лет).

Таблица 1

Матрица парного сравнения ЭЭГ одного и того же здорового человека (число повторов N=15) в период релаксации в отведении Т6-Ref, использовался критерий Вилкоксона (число совпадений k=25)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.04
2	0.00		0.99	0.00	0.06	0.93	0.02	0.25	0.33	0.57	0.00	0.03	0.04	0.00	0.00
3	0.00	0.99		0.00	0.09	0.75	0.03	0.21	0.50	0.95	0.00	0.10	0.10	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.03	0.00	0.51	0.00	0.15	0.00
5	0.00	0.06	0.09	0.00		0.28	0.29	0.00	0.88	0.11	0.00	0.00	0.65	0.00	0.00
6	0.00	0.93	0.75	0.00	0.28		0.11	0.07	0.57	0.39	0.00	0.09	0.40	0.00	0.00
7	0.19	0.02	0.03	0.00	0.29	0.11		0.00	0.09	0.10	0.00	0.00	0.58	0.00	0.01
8	0.00	0.25	0.21	0.02	0.00	0.07	0.00		0.05	0.71	0.00	0.43	0.07	0.00	0.00
9	0.00	0.33	0.50	0.00	0.88	0.57	0.09	0.05		0.08	0.00	0.00	0.60	0.00	0.00
10	0.00	0.57	0.95	0.03	0.11	0.39	0.10	0.71	0.08		0.00	0.18	0.60	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	0.30
12	0.00	0.03	0.10	0.51	0.00	0.09	0.00	0.43	0.00	0.18	0.00		0.00	0.01	0.00
13	0.01	0.04	0.10	0.00	0.65	0.40	0.58	0.07	0.60	0.60	0.00	0.00		0.00	0.00
14	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00		0.00
15	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	

Оказывается, если в ИНС повторить решение задачи бинарной классификации, т.е. делать многочисленные ($N \geq 1000$) повторения настройки нейросети, и при этом на каждой итерации работы ИНС повторять хаотически (из интервала (0,1)) начальные веса w_{i0} диагностических признаков x_i , то ИНС будет работать как

мозг талантливого человека [12, 13, 14, 15, 16, 18]. Подчеркнем, что эти признаки x_i являются параметрами работы ИНС и ФСО т.е. они всегда на некотором интервале времени T_i образуют выборку $x_i(t)$, которая демонстрирует статистическую неустойчивость (подобно табл. 1) в виде

двух эффектов *Еськова-Зинченко* (ЭЗ) и *Еськова-Филатовой* (ЭФ) [4, 7].

В этом случае мозг может решать задачу системного синтеза – находить главные диагностические признаки (*параметры порядка* - ПП) и при этом моделировать эвристическую работу талантливого врача. Отметим, что ИНС в этом случае использует хаос и реверберации, т.е. они (ИНС) становится подобными реальным нейросетям мозга. Это наше открытие в области физиологии. ИНС сейчас обеспечивает диагностику ФСО (различия гомеостазов H_1 и H_2) там, где статистика бессильна.

В этом случае все выборки (с позиции общепринятой статистики) x_i для ФСО могут совпадать, а ИНС будут различать гомеостазы (покажет, что $H_1 \neq H_2$). Это и есть СС для НЭВМ. Мы предполагаем, что в таких режимах работает и мозг человека, когда многократно запускается решение одной и той же задачи (ранее никем не разрешенной) и при этом талантливый человек (врач) пытается решить эту задачу (в режиме хаоса и ревербераций)

2. Аппроксимация ИНС на другие области знаний. Таким образом, сейчас мы предлагаем объяснение не только механизмов хаоса статистических функций $f(x_i)$ для ТМГ, ЭЭГ, ЭМГ, но и представляем новые физиологические модели организации такого хаоса. Этот хаос начинается в работе мозга, его НСМ. Без этого хаоса мозг не может выбрать и оптимальную траекторию движения конечности (при треморе или теппинге). Однако мозгом передается этот хаос на периферию и при работе сознания, в организации не только движений, но и поведения человека.

Эвристическая деятельность мозга невозможна без хаоса и ревербераций в ИНС. В итоге в этих двух режимах он (мозг) управляет движениями, действиями человека, его поведением в обществе. Мы сейчас объясняем почему возникают «повторения без повторений» Н.А. Бернштейна в организации движений. Это сейчас объясняется суперпозицией хаоса и самоорганизации на всех трех уровнях (НСМ, спинальный уровень,

биомеханический аппарат, конечности) [4, 9, 22, 24].

Возникает новая концепция гомеостатического регулирования НМС (именно для НМС мы сейчас все это представили), которая базируется на хаосе и реверберациях возбуждений как в нейросетях мозга, так и на уровне организации биопотенциалов мышц (ЭМГ). Однако этот хаос имеет ограничение – он происходит в пределах *квазиаттракторов* - КА [2, 4, 8, 11]. Параметры квазиаттракторов ограничивают движение вектора состояния системы $x=x(t)=(x_1, x_2, x_3)^T$, где у нас для НМС $x_1(t)$ – это реальная координата конечности (пальца) по отношению к каждому перемещению, $x_2=dx_1/dt$ – скорость движения конечности, $x_3=dx_2/dt$ – ускорение движения конечности [4, 11, 20, 22].

В таком трехмерном фазовом пространстве состояний мы имеем непрерывное и хаотическое движение $x(t)$, но оно происходит в пределах КА [2, 4, 8, 11, 24, 25, 26]. Все это довольно хорошо описывает и движение конечности и работу мозга (в виде моделей - НЭВМ). Открываются особые перспективы в области новой (иной) интерпретации гомеостаза (управления ФСО и НСМ). Возникают и новые перспективы в области индивидуализированной медицины, т.к. работать с отдельными выборками (их статистическими характеристиками) в физиологии НМС теперь уже не имеет смысла (ТМГ и ЭМГ уникальны). Выборки непрерывно и хаотически изменяются, их статистические функции $f(x_i)$, их СПС, $A(t)$ непрерывно и хаотически изменяются. Мы до настоящего времени работали с неоднородными выборками ТМГ, ТПГ, ЭМГ, ЭЭГ и различных других параметров ССС, например, *кардиоинтервалов* – КИ [5, 6, 7, 18, 19, 29, 33, 34]. Если все эти выборки непрерывно и хаотически изменяются, то как вообще следует анализировать различные параметры в физиологии гомеостатических систем? Где новые критерии однородности выборок всех этих диагностических признаков (ЭМГ, ЭЭГ, КИ, и т.д.)? Ответ на этот вопрос представлен в новой *теории хаоса-*

самоорганизации (ТХС), где вводятся новые критерии неустойчивости гомеостаза или его изменения (эволюции) [8, 11, 20]. В рамках нового понимания гомеостаза (как хаоса на всех уровнях организации НМС) мы сейчас доказали, что в неизменном гомеостазе остаются неизменными параметры КА, а не статистических функций распределения $f(x)$. Именно КА (в координатах x_1 и $x_2=dx_1/dt$) обеспечат диагностику гомеостаза [2, 3, 4, 8, 11, 20, 22].

Классики физиологии 20-го века (W. Cannon, П.К. Анохин, Н.А. Бернштейн) понимали неустойчивость параметров гомеостаза ФСО, любой регулярной системы. Однако, точного количественного описания этой неустойчивости даже во всем естествознании в наше время пока еще нет. Хаос параметров x_i гомеостаза ФСО и ИНС никак сейчас не описан и даже не предполагается, т.к. тогда окажется, что ДСН не может описывать гомеостатические системы [4, 20, 23, 30, 31, 32].

Как оказалось, многократные повторения выборок ТМГ и ТПГ для одного человека (или группы) показывают отсутствие устойчивости подряд получаемых выборок (в неизменном гомеостазе). Возникает новое понимание гомеостатического регулирования в НМС, которое основано на хаосе выборок ТМГ, ТПГ, ЭМГ. Предлагаются новые модели для описания ГС в виде квазиаттракторов и с использованием ККТБ. В рамках ККТБ имеется трехкластерная система регуляции НМС, в которой первичный хаос возникает в НСМ. Однако, доля хаоса в НСМ не превышает 60-65%, но далее (на нижнем уровне) он усиливается в мышцах (до 90%), и, наконец, биомеханическая система (кисть, палец) демонстрирует 95-97% хаоса выборок ТМГ (для ТМГ это 85-90%). Таким образом, сознание в произвольных движениях не только снижает долю хаоса, но он (наос) в любом случае доминирует в параметрах ТМГ, ТПГ, ЭМГ, ЭЭГ, КИ и т.д.

Заключение. Введение хаоса и ревербераций в работу искусственных нейросетей (моделей НМС, ИНС) порождает новые качества таких

нейроэмуляторов. В частности, НЭВМ решает задачи системного анализа, находит главные диагностические признаки (параметры порядка). Одновременно мы получаем и новые модели хаотической организации всей трехкластерной системы регуляции движений (НМС). Хаос и реверберации имеются и в ЭМГ, и в ТМГ (ТПГ), что подтверждает новые механизмы работы мозга и всей системы регуляции НМС.

Эти механизмы основаны на статистической неустойчивости любых выборок x_i параметров любой гомеостатической системы, на градуальном нарастании хаоса от центра (ЦНС) к периферии и на сохранении параметров КА (если гомеостаз биосистемы существенно не изменился). Искусственные нейросети (НЭВМ) и расчет КА весьма полезны в развитии индивидуализированной медицины, т.к. любая выборка уникальна, а ее статистические параметры не дают объективной информации (в следующий момент времени мы получим другие статистические характеристики того же человека в неизменном гомеостазе). Если использовать ИНС, то мы накрываем и неопределенность 1-го типа и моделируем эвристическую работу мозга талантливого человека.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-07-00161 А

Литература

1. Еськов В.В., Белощенко Д.В., Баженова А.Е., Живаева Н.В. Влияние локального холодового воздействия на параметры электромиограмм у женщин // Экология человека. – 2018. – № 9. – С. 42-47.
2. Еськов В.В. Проблема статистической неустойчивости в биомеханике и в биофизике в целом // Вестник новых медицинских технологий. – 2018. – Т. 25, № 2. – С. 166-175.
3. Еськов В.В., Пятин В.Ф., Ключ Л.Г., Миллер А.В. Гомеостатичность нейросетей мозга // Вестник новых медицинских

технологий. – 2018. – Т. 25, № 1. – С. 102-113.

4. Еськов В.М., Зинченко Ю.П., Филатова О.Е., Еськов В.В. Гипотеза Н.А. Бернштейна и реальный хаос гомеостатических систем в психологии // Вестник Московского университета. Серия 14: Психология. – 2017. – № 3. – С. 22-38.

5. Еськов В.М., Белощенко Д.В., Башкатова Ю.В., Иляшенко Л.К. Параметры кардиоинтервалов испытуемых в условиях гипотермии// Экология человека. – 2018. – № 10. – С. 39-45.

6. Мирошниченко И.В., Прохоров С.В., Эльман К.А., Срыбник М.А. Сравнительный анализ хаотической динамики показателей сердечно-сосудистой системы пришлого детско-юношеского населения Югры // Вестник новых медицинских технологий. – 2018. – Т. 25, № 1. – С. 154-160.

7. Мирошниченко И.В., Башкатова Ю.В., Филатова Д.Ю., Ураева Я.И. Эффект Еськова-Филатовой в регуляции сердечно-сосудистой системы – переход к персонализированной медицине // Вестник новых медицинских технологий. – 2018. – Т. 25, № 2. – С. 200-208.

8. 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.

9. Bernstein N.A. The coordination and regulation of movements // Oxford, UK: Pergamon Press, 1967. – 196 p.

10. 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.

11. 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.

12. Eskov V. M. Cyclic respiratory neuron network with subcycles // Neural Network World. – 1994. – Vol. 4, No. 4. – Pp. 403-416.

13. Eskov V.M., Filatova O.E., Ivashenko V.P. Computer identification of compartmental neuron circuits // Measurement Techniques. – 1994. – Vol. 37, No. 8. – Pp. 967-971.

14. Eskov V.M. Hierarchical respiratory neuron networks // Modelling, Measurement and Control C. – 1995. – Vol. 48, No. (1-2). – Pp. 47-63.

15. Eskov V.M., Filatova O.E. Respiratory rhythm generation in rats: The importance of inhibition // Neurophysiology. – 1995. – Vol. 25, No. 6. – Pp. 348-353.

16. Eskov V.M. Models of hierarchical respiratory neuron networks // Neurocomputing. – 1996. – Vol. 11, No. (2-4). – Pp. 203-226.

17. Eskov V.M., Filatova O.E. A compartmental approach in modeling a neuronal network. Role of inhibitory and excitatory processes // Biophysics. – 1999. – Vol. 44, No. 3. – Pp. 518-525.

18. Eskov V.M., Eskov V.V., Filatova O.E., Khadartsev A.A., Sinenko D.V. Neurocomputational identification of order parameters in gerontology // Advances in Gerontology. – 2016. – Vol. 6, No. 1. – Pp. 24-28.

19. 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, No. 3. – Pp. 191-197.

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

21. 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 [In Russian]. – 2017. – No. 3. – Pp. 38-42.

22. 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.

23. 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.

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

25. 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 [In Russian]*. – 2017. – No. 8. – Pp. 15-20.

26. 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.

27. 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.

28. Ilyashenko L.K., Bazhenova A.E., Berestin D.K., Grigorieva S.V. Chaotic dynamics parameters of the tremograms at the stress exposure // *Russian Journal of Biomechanics*. – 2018. – Vol. 22, No. 1. – Pp. 62-71.

29. Leonov B.I., Grigorenko V.V., Eskov V.M., Khadartsev A.A., and Ilyashenko L.K. Automation of the Diagnosis of Age-Related Changes in Parameters of the Cardiovascular System // *Biomedical Engineering*. – 2018. – Vol. 52, No. 3. – Pp. 210-214.

30. Prigogine I. R. *The End of Certainty: Time, Chaos, and the New Laws of Nature*; Free Press. 1997.

31. Weaver W. *Science and Complexity*. Rockefeller Foundation, New York City // *American Scientist*. – 1948. – Vol. 36. – Pp. 536-544.

32. Wheeler J.A. Information, physics, quantum: the search for links. In Feynman and Computation: Exploring the Limits of

Computers, ed A.J.G. Hey, Cambridge, MA / Perseus Books, 1999. – 309 p.

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

34. Zilov V.G., Khadartsev A.A., Ilyashenko L.K., Eskov V.V., Minenko I.A. Experimental analysis of the chaotic dynamics of muscle biopotentials under various static loads // *Bulletin of experimental biology and medicine*. – 2018. – Vol. 165, No. 4. – Pp. 415-418.

References

1. Es'kov V.V., Beloshchenko D.V., Bazhenova A.E., Zhivaeva N.V. Vliyanie lokal'nogo holodovogo vozdeystviya na parametry ehlektromiogramm u zhenshchin [The influence of local cold effects on electromyogram parameters in women] // *Ekologiya cheloveka [Human Ecology]*. – 2018. – № 9. – S. 42-47.

2. Es'kov V.V. Problema statisticheskoj neustojchivosti v biomekhanike i v biofizike v celom [The problem of statistical instability in biomechanics and biophysics in general] // *Vestnik novyh medicinskih tekhnologij [Journal of new medical technologies]*. – 2018. – T. 25, № 2. – S. 166-175.

3. Es'kov V.V., Pyatin V.F., Klyus L.G., Miller A.V. Gomeostatichnost' nejrosetej mozga [Homeostasis of brain neural network] // *Vestnik novyh medicinskih tekhnologij [Journal of new medical technologies]*. – 2018. – T. 25, № 1. – S. 102-113.

4. Es'kov V.M., Zinchenko Yu.P., Filatova O.Ye., Yes'kov V.V. Gipoteza N.A. Bernshteyna i real'nyy khaos gomeostaticheskikh sistem v psikhologii [Hypothesis N.A. Bernstein and the real chaos of homeostatic systems in psychology] // *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 14: Psikhologiya [Moscow University Psychology bulletin]*. – 2017. – № 3. – S. 22-38.

5. Es'kov V.M., Beloshchenko D.V., Bashkatova Yu.V., Ilyashenko L.K. Parametry kardiointervalov ispytuemyh v usloviyah gipotermii [Cardiointervals parameters of

human body in response to hypothermia] // *Ekologiya cheloveka [Human Ecology]*. – 2018. – № 10. – S. 39-45.

6. Mirosnichenko I.V., Prohorov S.V., Ehl'man K.A., Srybnik M.A. Sravnitel'nyj analiz haoticheskoy dinamiki pokazatelej serdechno-sosudistoj sistemy prishlogo detsko-yunosheskogo naseleniya Yugry [Comparative analysis of the chaotic dynamics of the CVS alien youth of Ugra population] // *Vestnik novykh medicinskih tekhnologij [Journal of new medical technologies]*. – 2018. – T. 25. – № 1. – S. 154-160.

7. Mirosnichenko I.V., Bashkatova Yu.V., Filatova D.Yu., Urayeva Ya.I. Effekt Yes'kova-Filatovoy v regulyatsii serdechno-sosudistoj sistemy – perekhod k personifitsirovannoy meditsine [The effect of Eskov-Filatova in regulation of the cardiovascular system as a transition to individualized medicine] // *Vestnik novykh medicinskih tekhnologiy [Journal of new medical technologies]*. – 2018. – T. 25, № 2. – S. 200-208.

8. Pyatin V.F., Es'kov V.V., Aliev N.Sh., Vorob'eva L.A. Haos parametrov gomeostaza funkcional'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. – T. 25, № 1. – S. 143-153.

9. Bernstein N.A. The coordination and regulation of movements // Oxford, UK: Pergamon Press, 1967. – 196 p.

10. 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.

11. 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.

12. Eskov V. M. Cyclic respiratory neuron network with subcycles // *Neural Network World*. – 1994. – Vol. 4, No. 4. – Pp. 403-416.

13. Eskov V.M., Filatova O.E., Ivashenko V.P. Computer identification of compartmental neuron circuits // *Measurement*

Techniques. – 1994. – Vol. 37, No. 8. – Pp. 967-971.

14. Eskov V.M. Hierarchical respiratory neuron networks // *Modelling, Measurement and Control C*. – 1995. – Vol. 48, No. (1-2). – Pp. 47-63.

15. Eskov V.M., Filatova O.E. Respiratory rhythm generation in rats: The importance of inhibition // *Neurophysiology*. – 1995. – Vol. 25, No. 6. – Pp. 348-353.

16. Eskov V.M. Models of hierarchical respiratory neuron networks // *Neurocomputing*. – 1996. – Vol. 11, No. (2-4). – Pp. 203-226.

17. Eskov V.M., Filatova O.E. A compartmental approach in modeling a neuronal network. Role of inhibitory and excitatory processes // *Biophysics*. – 1999. – Vol. 44, No. 3. – Pp. 518-525.

18. Eskov V.M., Eskov V.V., Filatova O.E., Khadartsev A.A., Sinenko D.V. Neurocomputational identification of order parameters in gerontology // *Advances in Gerontology*. – 2016. – Vol. 6, No. 1. – Pp. 24-28.

19. Eskov V.M., Khadartsev A.A., Eskov V.V., Vochmina J.V. Chaotic dynamics of cardio intervals in three age groups of indigenous and nonindigenous populations of Ugra // *Advances in Gerontology*. – 2016. – Vol. 6, No. 3. – Pp. 191-197.

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

21. 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 [In Russian]*. – 2017. – No. 3. – Pp. 38-42.

22. 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.

23. 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.

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

25. 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 [In Russian]. – 2017. – No. 8. – Pp. 15-20.

26. 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.

27. 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.

28. Ilyashenko L.K., Bazhenova A.E., Berestin D.K., Grigorieva S.V. Chaotic dynamics parameters of the tremograms at the stress exposure // Russian Journal of Biomechanics. – 2018. – Vol. 22, No. 1. – Pp. 62-71.

29. Leonov B.I., Grigorenko V.V., Eskov V.M., Khadartsev A.A., and Ilyashenko L.K. Automation of the Diagnosis of Age-Related Changes in Parameters of the Cardiovascular System // Biomedical Engineering. – 2018. – Vol. 52, No. 3. – Pp. 210-214.

30. Prigogine I. R. The End of Certainty: Time, Chaos, and the New Laws of Nature; Free Press. 1997.

31. Weaver W. Science and Complexity. Rockefeller Foundation, New York City // American Scientist. – 1948. – Vol. 36. – Pp. 536-544.

32. Wheeler J.A. Information, physics, quantum: the search for links. In Feynman and Computation: Exploring the Limits of Computers, ed A.J.G. Hey, Cambridge, MA / Perseus Books, 1999. – 309 p.

33. Zilov V.G., Khadartsev A.A., Eskov V.V. and Eskov V.M. Experimental Study of

Statistical Stability of Cardiointerval Samples // Bulletin of experimental biology and medicine. – 2017. – Vol. 164, No. 2. – Pp. 115-117.

34. Zilov V.G., Khadartsev A.A., Ilyashenko L.K., Eskov V.V., Minenko I.A. Experimental analysis of the chaotic dynamics of muscle biopotentials under various static loads // Bulletin of experimental biology and medicine. – 2018. – Vol. 165, No. 4. – Pp. 415-418.