

DOI: 10.12737/article\_5a1c003abde006.99788062

## ГРАНИЦЫ СТОХАСТИКИ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ЭЭГ В НОРМЕ И ПРИ ПАТОЛОГИИ

В.М. ЕСЬКОВ, О.Е. ФИЛАТОВА, Л.Г. КЛЮС, Р.Б. ТЕН

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

*E-mail: firing.squad@mail.ru*

**Аннотация.** В настоящее время доказан эффект Еськова-Зинченко в виде статистической неустойчивости подряд получаемых выборок различных параметров сложных биосистем (*complexity*). Хаотическая динамика функциональных систем организма человека подтверждается работой мозга, высшей нервной деятельностью, и моделируется с позиций теории хаоса и самоорганизации. Доказывается, что хаос в организации движений начинается с хаоса в работе нейросетей, в хаосе биоэлектрической активности мозга и электромиограмм. Все биопотенциалы при целенаправленной деятельности (т.е. с участием высшей нервной деятельности, сознания) демонстрируют хаотическую динамику статистических функций распределения  $f(x)$  и их характеристик. Это характерно для биомеханики (эффект Еськова-Зинченко), а сейчас развивается и на нейросети мозга. Сознание не может исключить хаос в организации движений, в работе нейросетей мозга. Оно может только влиять на долю стохастики в конечном акте – в любом движении с участием сознания. В работе представлен хаос биопотенциалов мозга человека, который не является хаосом Лоренца. При этом матрицы парных сравнений выборок ЭЭГ показывают низкий процент участия стохастики в генерации ЭЭГ нейросетями мозга.

**Ключевые слова:** хаос, электроэнцефалограмма, эффект Еськова-Зинченко.

## STOCHASTICS BORDERS IN MODELING OF EEGS IN THE NORM AND IN PATHOLOGY

V.M. ESKOV, O.E. FILATOVA, I.V. KLYUS, P.B. TEN

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

*E-mail: firing.squad@mail.ru*

**Abstract.** Now we proved the Eskov-Zinchenko effect as stochastics instability of any parameters samples of complex biosystems (*complexity*). The chaotic dynamics of human functional systems is confirmed by the brain, higher nervous activity, and maybe modeled in terms of the theory of chaos and self-organization. It was proved that the chaos in the organization of movements begins with the chaos in the neural networks, as chaos in bioelectric activity of the brain and electromyogram. All potentials in purposeful activities (i.e., with the participation of the higher nervous activity, of consciousness) show chaotic dynamics statistical distribution functions  $f(x)$  and their characteristics. Consciousness cannot eliminate chaos in the organization of movements in the neural networks of the brain too. It is typical for biomechanics (Eskov-Zinchenko effect) and now we demonstrate chaos of neural network of the brain. It can only influence the share of stochastics in the ultimate act – in any movement involving consciousness. The paper presents chaos of brain biopotentials of man and the chaos is not Lorenz. The calculation of matrix parameters on EEG demonstrates very low level of stochastics in EEG generation of neuron network.

**Key words:** chaos, electroencephalogram, Eskov-Zinchenko effect.

**Введение.** Более 50 лет уже в науке демонстрируются многочисленные попытки изучения особой неустойчивости биосистем, в частности, в биомеханике [1-13]. Имеются работы, в которых хаос параметров *треморграмм* (ТМГ) представляется как динамический хаос Лоренца. При этом модели таких процессов строятся в рамках функционального анализа или стохастики, что противоречит гипотезе Н.А. Бернштейна о «повторении без повторений» [2].

Реальность оказалась более драматичной и сложной, если детально изучать *системы третьего типа* (СТТ). То, что несколько разных систем участвуют каждый раз в организации движений в биомеханике (как характерный пример хаоса в организации тремора или теппинга) различным образом в организации одного и определённого двигательного акта – это несомненно имеет место. Но при этом, как мы сейчас доказываем, и сама отдельная (каждая)

структура работает каждый раз различным образом. Это различие выходит за рамки детерминизма, стохастики и динамического хаоса Лоренца [16-28]. Главная идея *теории хаоса и самоорганизации* (ТХС) и третьей парадигмы в целом заключается именно в уникальности каждого элемента (начиная с нейрона), обеспечивающего определённую функцию в любой регуляторной работе органа (или системы) [12-21]. Как отдельный нейрон, так и пулы (компарменты и кластеры нейронов) не подчиняются законам стохастики [9-28]. Это и было положено в основу *компарментно-кластерной теории биосистем* (ККТБ) [12,15].

**1. Особый хаос СТТ-complexity в биомедицине.** Существенно, что и сам эффекторный орган (например, мышцы), и его отдельные элементы (нейроны, миофибриллы, другие клетки) работают тоже хаотически. Для их выборок параметров  $x_i(t)$  нет статистической устойчивости в виде  $f(x_i)=f_{j+1}(x_i)$ . При этом весь ансамбль клеток или компарментов, кластеров клеток и тканей отдельная – *функциональная система организма* (ФСО), орган, система органов – работает с позиций детерминизма и стохастики хаотично, но в пределах определённых *квазиаттракторов* [16-28]. Подчеркнем, что речь идет не о динамическом хаосе Лоренца, а о статистической неустойчивости выборок  $x_i$ , представляющих динамику системы. Понятие *квазиаттрактора* логично вытекало из модели ККТБ, которая описывала работу пула или кластера как в ТХС, так и в ККТБ [15]. Отрицание устойчивости статистических функций распределения  $f(x)$  и их числовых характеристик: *амплитудно-частотных характеристик* (АЧХ), *автокорреляций*  $A(t)$ , мультифракталов и т.д. – составляет фундаментальное понятие неопределённости в изучении сложных биосистем – *систем третьего типа* – СТТ (*complexity*, эмерджентных систем). Именно СТТ-complexity и составляют основу ФСО, их регуляторных систем со стороны *центральной нервной системы* (ЦНС) и всей высшей нервной деятельности [11,17].

Хаос и самоорганизация присущи любым гомеостатическим системам, но их (СТТ-

*complexity*) хаос не имеет аналогов в современной науке (для них нет моделей [15-26]). Именно для таких систем (СТТ-complexity) в ТХС вводится понятие неопределённости 1-го и 2-го типа, которое приближает СТТ к квантовым системам (сейчас используется аналог принципа неопределённости Гейзенберга в биомеханике) [18-25]. Во всей ТХС сейчас именно это свойство хаоса  $f(x)$ , а не статистическая динамика  $x(t)$ , является характеристикой гомеостаза, определителем гомеостатических систем в природе. Гомеостатические системы невозможно описывать в рамках детерминизма и стохастики [16-26]. Именно это свойство и модели СТТ-complexity составляют сейчас основу новых представлений об организации нейросетей мозга. Если искать первопричину хаоса в динамике ФСО [1-8], то хаос биосистем начинается с хаоса систем управления – с нейросетей [13-20].

Действительно, при описании гомеостаза мозга (его нейросетей) возникает базовый вопрос всего естествознания: что такое с позиций психологии и психофизиологии гомеостаз (о какой стационарности можно говорить вообще?) и что такое изменение гомеостаза? Это сейчас пока не является основной проблемой биомедицины, которая базируется на законах стохастики [17-26]. Ответим первоначально на первый вопрос: как в хаосе «повторений без повторений» Бернштейна [2] уже на клеточном уровне (на уровне нейронов мозга) можно идентифицировать гомеостатическое состояние СТТ-complexity? Ибо после ответа на этот фундаментальный для всего естествознания (и психологии) вопрос будет легче понять методы ТХС по регистрации таких изменений [6-10, 13-20] на уровне и ФСО, и нейросетей мозга (хотя именно хаос нейросетей является первичным в организации любых движений) [14-28].

Как определить различия в треморе (или теппинге) левой и правой руки человека, треморе психически здорового или больного человека [7,13], как идентифицировать эмоциональные состояния при различных звуковых воздействиях (шум, классическая музыка, рок), как различать параметры



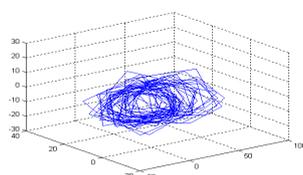
Таблица 2

Матрица парного сравнения выборок ЭЭГ одного и того же здорового человека (число повторов  $N=15$ ) в период фотостимуляции в отведении  $Fz-Ref$ , использовался критерий Вилкоксона (число совпадений  $k=34$ ) при  $p>0,05$

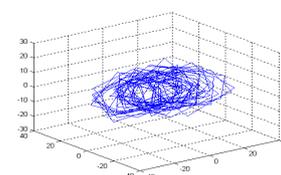
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.04	0.00	0.01	<b>0.23</b>	0.00	0.05	0.00	<b>0.14</b>	
2	0.00		0.00	0.00	0.05	<b>0.53</b>	<b>0.57</b>	<b>0.32</b>	<b>0.66</b>	<b>0.40</b>	0.01	0.00	0.03	0.02	0.00
3	0.00	0.00		<b>0.58</b>	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	<b>0.47</b>	0.00
4	0.00	0.00	0.58		<b>0.12</b>	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	<b>0.94</b>	0.00
5	0.00	0.05	0.01	0.12		0.03	<b>0.44</b>	0.00	0.06	0.02	0.00	0.00	0.00	<b>0.49</b>	0.00
6	0.01	0.53	0.00	0.00	0.03		<b>0.41</b>	<b>0.71</b>	<b>0.95</b>	<b>0.86</b>	<b>0.13</b>	0.00	<b>0.11</b>	0.02	<b>0.06</b>
7	0.00	0.57	0.01	0.02	0.44	0.41		0.03	<b>0.79</b>	0.05	0.01	0.00	0.05	<b>0.23</b>	0.00
8	0.04	0.32	0.00	0.00	0.00	0.71	0.03		<b>0.71</b>	<b>0.59</b>	<b>0.25</b>	0.00	<b>0.68</b>	0.01	<b>0.11</b>
9	0.00	0.66	0.00	0.01	0.06	0.95	0.79	0.71		<b>0.92</b>	0.05	0.00	0.07	0.02	0.02
10	0.01	0.40	0.00	0.00	0.02	0.86	0.05	0.59	0.92		<b>0.03</b>	0.00	<b>0.24</b>	0.00	<b>0.06</b>
11	0.23	0.01	0.00	0.00	0.00	0.13	0.01	0.25	0.05	0.03		0.00	<b>0.70</b>	0.00	<b>0.72</b>
12	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
13	0.05	0.03	0.00	0.00	0.00	0.11	0.05	0.68	0.07	0.24	0.70	0.00		0.00	<b>0.58</b>
14	0.00	0.02	0.47	0.94	0.49	0.02	0.23	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00
15	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.11	0.02	0.06	0.72	0.00	0.58	0.00	

Внешнее воздействие для здорового человека (табл.1 и табл.2) в виде навязывания ритма (фотостимуляция) путем раздражения зрительного анализатора не приводит к существенному приближению к стохастике. У нас число повторов  $k$  возросло от  $k_1=25$  до  $k_2=34$  (при фотостимуляции). У здорового человека особая динамика ЭЭГ, которая отлична от таковой у больного эпилепсией. Здесь, наоборот, число  $k$  сразу очень велико и приближается при фотостимуляции почти к 100% стохастического совпадения ( $k_1=92$  без фотостимуляции и  $k_2=102$  с фотостимуляцией). Исходя из этих данных мы

можем говорить, что мозг здорового организма живет по законам хаоса, в непрерывном изменении статистических функций распределения  $f(x)$  (доля стохастики менее 30%). Наоборот, больной паркинсонизмом человек живет по законам стохастики ( $k>90\%$ ), т.е. патология – это выраженная стохастика, она характеризуется определенной регулярностью (см. рис.1 и рис.2 для сравнения). На рис.2 четко видна периодичность в фазовых траекториях движения вектора  $x(t)$  в ФПС (здесь  $x_3=dx_2/dt$  – ускорение для  $x_1(t)$ ).

 $V_{G1} = 239\ 001$  у.е.

A

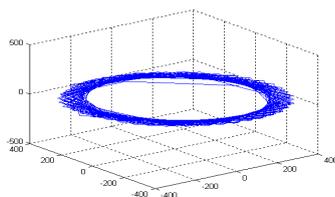
 $V_{G2} = 132\ 762$  у.е.

B

Рис. 1. Фазовые портреты движения вектора состояния  $x = (x_1, x_2, x_3)^T$  ЭЭГ условно здорового испытуемого в период: A – релаксации (спокойное состояние), площадь квазиаттрактора  $V_{G1} = 239\ 001$  у.е.; B – при фотостимуляции  $V_{G2} = 132\ 762$  у.е., где по оси абсцисс откладываются величины измеряемых биопотенциалов  $x_1$  (в мкВ), по оси ординат – скорости изменения этих же

биопотенциалов ( $x_2 = dx_1 / dt$ ), а по оси аппликат ускорение изменения величины биопотенциалов ( $x_3 = dx_2 / dt$ ) в отведение *Fz-Ref*.

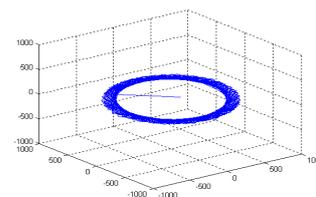
В целом, мы всегда имеем существенные различия в параметрах КА, которые описывают норму и патологию в состоянии мозга, высшей нервной деятельности. На двух рисунках (рис. 1 – трехмерный КА здорового испытуемого при релаксации – *A* и в условиях



$$V^1_{G1} = 0.51 \times 10^9 \text{ у.е.}$$

**A**

фотостимуляции – *B*) мы представляем характерные примеры динамики поведения  $x(t)$  в ФПС. Для здорового испытуемого (рис. 1) и больного эпилепсией человека в условиях фотостимуляции (рис.2) существенно



$$V^2_{G2} = 2.12 \times 10^9 \text{ у.е.}$$

**B**

$V_G$  резко увеличивается (в 4 раза) при фотостимуляции (рис.1, здесь разные масштабы).

*Рис. 2.* Фазовые портреты движения вектора состояния  $x = (x_1, x_2, x_3)^T$  ЭЭГ испытуемого с эпилепсией в период: *A* – релаксации (спокойного состояния)  $V^1_{G1} = 0.51 \times 10^9$  у.е.; *B* – при фотостимуляции  $V^2_{G2} = 2.12 \times 10^9$  у.е., где по оси абсцисс откладываются величины измеряемых биопотенциалов  $x_1$  (в мкВ), по оси ординат – скорости изменения этих же биопотенциалов ( $x_2 = dx_1 / dt$ ), а по оси аппликат скорость изменения величины биопотенциалов ( $x_3 = dx_2 / dt$ ) в отведение *FP1-F3*

Таким образом, по параметрам КА динамика изменения КА у здорового и больного при фотостимуляции резко различается. В условиях фотостимуляции для больного человека уже исходный объём  $V_{G1} = 0.51 \times 10^9$  у.е. весьма велик. После фотостимуляции мы наблюдаем резкое, четырёхкратное увеличение объёма КА до  $V_{G2} = 2.12 \times 10^9$  (у.е.). Очевидно различие в величинах объёмов КА и в динамике их изменений у здорового человека. У здорового человека объём КА уменьшается при фотостимуляции, а у больного – увеличивается.

## Выводы

1. В современной электромиографии необходимо завершить использование *только*

статистических подходов в анализе ЭЭГ. Гомеостатический мозг человека генерирует статистический хаос и стохастика мало эффективна для анализа ЭЭГ. Расчет статистических функций распределения  $f(x)$  для получаемых подряд выборок ЭЭГ в режиме неизменного гомеостаза при повторях измерений показывает хаос всех  $f(x)$  и их характеристик, что соответствует неопределенности 2-го типа в эффекте Еськова-Зинченко.

2. Новый метод расчета КА дает количественную статистическую характеристику гипотезы Н.А. Бернштейна «повторение без повторений» в динамике нейросетей мозга. Для изучения эффекта Еськова-Зинченко применительно к ЭЭГ необходимо проводить повторение измерений и рассчитывать матрицы парных сравнений

выборок с нахождением числа  $k$  пар совпадений (для каждой такой матрицы получаемых подряд выборок).

3. Расчет параметров КА демонстрирует существенные различия между объемами квазиаттракторов  $V_G$  до и после фотостимуляции, а так же между больным и здоровым испытуемым. КА целесообразно применять в психологии и клинической медицине при анализе ЭЭГ.

### Литература

1. 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.

2. Бернштейн Н.А. О построении движений. М.: Медгиз, 1947. 254 с.

3. Болтаев А.В., Газя Г.В., Хадарцев А.А., Синенко Д.В. Влияние промышленных электромагнитных полей на хаотическую динамику параметров сердечно-сосудистой системы работников нефтегазовой отрасли // Экология человека. – 2017. – № 8. – С. 3-7.

4. Григоренко В.В., Еськов В.М., Лысенкова С.А., Микшина В.С. Алгоритм автоматизированной диагностики динамики возрастных изменений параметров сердечно-сосудистой системы при нормальном старении в оценке биологического возраста // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2017. – Т. 16, № 2. – С. 357-362.

5. Еськов В.В. Математическое моделирование неэргодичных гомеостатических систем // Вестник новых медицинских технологий. – 2017. – Т. 24, № 3. – С. 33-39.

6. 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.

7. Еськов В.М., Еськов В.В., Вохмина Ю.В., Гавриленко Т.В. Эволюция хаотической динамики коллективных мод как способ описания поведения живых систем // Вестник

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

Московского университета. Серия. 3. Физика и астрономия. – 2016. – № 2. – С. 3-15.

8. Еськов В.М., Филатова О.Е., Полухин В.В. Проблема выбора абстракций при применении биофизики в медицине // Вестник новых медицинских технологий. – 2017. – №1. – С. 158-167.

9. 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.

10. Еськов В.М., Томчук А.Г., Широков В.А., Ураева Я.И. Стохастический и хаотический анализ вертебро-неврологических показателей и визуальной аналоговой шкалы боли в комплексном лечении хронических мышечно-скелетных болей // Клиническая медицина и фармакология. – 2017. – Т. 3, №3. – С. 8-13.

11. Зинченко Ю.П., Хадарцев А.А., Филатова О.Е. Введение в биофизику гомеостатических систем (complexity) // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2016. – № 3. – С. 6-15.

12. Живогляд Р.Н., Манонов А.М., Ураева Я.И., Головачева Е.А. Использование апитерапии при сосудистых заболеваниях и болезнях позвоночника в условиях Севера РФ // Клиническая медицина и фармакология. – 2017. – Т. 3, №3. – С. 2-7.

13. Зиллов 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.

14. Зинченко Ю.П., Еськов В.М., Еськов В.В. Понятие эволюции Гленсдорфа-Пригожина и проблема гомеостатического

регулирования в психофизиологии // Вестник Московского университета. Серия 14: Психология. – 2016. – № 1. – С. 3-24.

15. Колосова А.И., Филатов М.А., Майстренко Е.В., Филатова Д.Ю., Макеева С.В. Параметры памяти учащихся, в зависимости от типа латерализации головного мозга, как показатель здоровья на Севере РФ // Клиническая медицина и фармакология. – 2017. – Т. 3, №3. – С. 19-23.

16. 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.

17. Хадарцев 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.

18. Эльман К.А., Срыбник М.А., Прасолова А.А., Волохова М.А. Сравнительный анализ функциональных систем организма коренного детско-юношеского населения в условиях Севера // Клиническая медицина и фармакология. – 2017. – Т. 3, №3. – С. 14-18.

19. Яхно В.Г., Белощенко Д.В., Баженова А.Е., Башкатова Ю.В. Парадокс Еськова-Филатовой в оценке параметров биосистем // Вестник новых медицинских технологий. – 2017. – №3. – С. 20-26.

20. 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, No. 1. – Pp. 92–94.

21. Eskov V.M., Filatova O.E. Problem of identity of functional states in neuronal networks // Biophysics. – 2003. – Vol. 48, № 3. – P. 497-505.

22. Eskov V.M., Eskov V.V., Gavrilenko T.V. and VochminaYu.V. Formalization of the Effect of “Repetition without Repetition” Discovered by N.A. Bernshtein // Biophysics. – 2017. – Vol. 62, No. 1. – P. 143–150.

23. Eskov V.M., Filatova O.E., Eskov V.V. and Gavrilenko T.V. The Evolution of the Idea of Homeostasis: Determinism, Stochastic and

Chaos–Self-Organization // Biophysics. – 2017. – Vol.62. – No.5. – P. 809-820.

24. Eskov V.V., Gavrilenko T.V., Eskov V.M., VochminaYu.V. Static Instability Phenomenon in Type-Three Secretion Systems: Complexity // Technical Physics. – 2017. – Vol. 62. – No. 11. – Pp. 1611-1616.

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. – 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. – P. 224-232.

27. Vokhmina Y.V., Eskov V.M., Gavrilenko T.V., Filatova O.E. Medical and biological measurements: measuring order parameters based on neural network technologies // Measurement Techniques. – 2015. – Т. 58, № 4. – С. 65-68.

28. Zilov V.G., Eskov V.M., Khadartsev A.A., Eskov V.V. Experimental confirmation of the effect of "Repetition without repetition" N.A. Bernstein // Bulletin of experimental biology and medicine. – 2017. – Vol. 1. – P. 4-8.

## Reference

1. Beloshhenko D.V., Jakunin V.E., Potetjurina E.S., Korolev Ju.Ju. Ocenka parametrov jelektromiogramm u zhenshin pri raznom staticheskom usilii v rezhime povtorenija [Assesment of electromyograms parameters in women with different static physical loads during repetitions] // Klinicheskaja medicina i farmakologija. – 2017. – Т. 3, № 1. – S. 26-31.

2. Bernshtejn N.A. O postroenii dvizhenij. M.: Medgiz, 1947. 254 s.

3. Boltaev A.V., Gazja G.V., Hadarcev A.A., Sinenko D.V. Vlijanie promyshlennyh jelektromagnitnyh polej na haoticheskiju dinamiku parametrov serdechno-sosudistoj sistemy rabotnikov neftegazovoj otrasli [The electromagnetic fields effect on chaotic dynamics of cardiovascular system parameters of workers of oil and gas industry] Jekologija cheloveka. – 2017. – № 8. – S. 3-7.

4. Grigorenko V.V., Es'kov V.M., Lysenkova S.A., Mikshina V.S. Algoritm avtomatizirovannoj diagnostiki dinamiki vozrastnyh izmenenij parametrov serdechno-sosudistoj sistemy pri normal'nom starenii v ocenke biologicheskogo vozrasta [The algorithm of automated diagnostics of the dynamics of age-related changes of parameters of the cardiovascular system in normal aging in the assessment of biological age] // Sistemnyj analiz i upravlenie v biomedicinskih sistemah. – 2017. – T. 16, № 2. – S. 357-362.
5. Es'kov V.V. Matematicheskoe modelirovanie neergodichnyh gomeostaticeskikh sistem [Mathematical modeling of non-ergodic homeostatic systems] // Vestnik novykh medicinskih tehnologij. – 2017. – T. 24, № 3. – S. 33–39.
6. Es'kov V.M., Zinchenko Ju.P., Filatov M.A., Poskina T.Ju. Jeffekt N.A. Bernshtejna v ocenke parametrov tremora pri razlichnyh akusticheskikh vozdejstvijah [The effect of N.A. Bernstein in the evaluation of tremor parameters for different acoustic effects] // Nacional'nyj psihologicheskij zhurnal. – 2015. – № 4(20). – S. 66-73.
7. Es'kov V.M., Es'kov V.V., Vohmina Ju.V., Gavrilenko T.V. Jevoljucija haoticheskoj dinamiki kollektivnyh mod kak sposob opisanija povedenija zhivyh sistem The Evolution of the Chaotic [Dynamics of Collective Modes as a Method for the Behavioral Description of Living Systems] // Vestnik Moskovskogo universiteta. Serija. 3. Fizika i astronomija. – 2016. – № 2. – S. 3-15.
8. Es'kov V.M., Filatova O.E., Poluhin V.V. Problema vybora abstrakcij pri primenenii biofiziki v medicine биофизики в медицине [Problem of a choice of abstractions: application the biophysics in medicine] // Vestnik novykh medicinskih tehnologij. – 2017. – T. 24, № 1. – S. 158-167.
9. Es'kov V.M., Zinchenko Ju.P., Filatov M.A., Iljashenko L.K. Teorema Glensdorfa – Prigozhina v opisanih haoticheskoj dinamiki tremora pri holodovom stresse [Glansdorff-Prigogine theorem in the description of tremor chaotic dynamics in cold stress] // Jekologija cheloveka. – 2017. – №5. – S. 27-32.
10. Es'kov V.M., Tomchuk A.G., Shirokov V.A., Uraeva Ja.I. Stohasticheskij i haoticheskij analiz vertebro-nevrologicheskikh pokazatelej i vizual'noj analogovoj shkaly boli v kompleksnom lechenii hronicheskikh myshechno-skeletnyh bolejj [Stochastic and chaotic analysis of vertebroneurological indicators and visual analogue scale of pain in complex treatment of chronic muscle-skeletal pains] // Klinicheskaja medicina i farmakologija. – 2017. – T. 3, №3. – S. 8-13.
11. Zinchenko Yu.P., Khadartsev A.A., Filatova O.E. Vvedenie v biofiziku gomeostaticeskikh sistem (complexity) // Slozhnost'. Razum. Postneklassika. – 2016. – № 3. – S. 6-15.
12. Zhivogljad R.N., Manonov A.M., Uraeva Ja.I., Golovacheva E.A. Ispol'zovanija apiterapii pri sosudistyh zabolovanijah i boleznjah pozvonohnika v uslovijah Severa RF [Use of apiterapy in vascular diseases, spine diseases in the conditions of the North of the Russian Federation] // Klinicheskaja medicina i farmakologija. – 2017. – T. 3, №3. – S. 2-7.
13. Zilov V.G., Hadarcev A.A., Es'kov V.V., Es'kov V.M. Jeksperimental'nye issledovanija statisticheskoi ustojchivosti vyborok kardiointervalov // Bjulleten' jeksperimental'noj biologii i mediciny. – 2017. – T. 164, № 8. – S. 136-139.
14. Zinchenko Ju.P., Es'kov V.M., Es'kov V.V. Ponjatie jevoljucii Glensdorfa-Prigozhina i problema gomeostaticeskogo regulirovanija v psihofiziologii [Definition of glensdorff-prigogine's evolution and the problem of homeostatic regulation in psychophysiology] // Vestnik Moskovskogo universiteta. Serija 14: Psihologija. – 2016. – № 1. – S. 3-24.
15. Kolosova A.I., Filatov M.A., Majstrenko E.V., Filatova D.Ju., Makeeva S.V. Parametry pamjati uchashhihsja, v zavisimosti ot tipa lateralizacii golovnogogo mozga, kak pokazatel' zdorov'ja na Severe RF [Parameters of memory of students residing on the russian north, depending on the type of brain lateralization] // Klinicheskaja medicina i farmakologija. – 2017. – T. 3, №3. – S. 19-23.
16. Filatova O.E., Majstrenko E.V., Boltaev A.V., Gazja G.V. Vlijanie promyshlennyh jelektromagnitnyh polej na dinamiku serdechno-sosudistyh sistem rabotnic neftegazovogo kompleksa [The influence of industrial electromagnetic fields on cardio-respiratory

systems of oil-gas industry complex female workers] // *Jekologija i promyshlennost' Rossii*. – 2017. – Т. 21, №7. – С. 46-51.

17. Khadartsev A.A., Filatova O.E., Dzhumagalieva L.B., Gudkova S.A. Ponyatie trekh global'nykh paradigim v nauke i sotsiumakh [Concept of three global paradigms in science and in societies] // *Slozhnost'. Razum. Postneklassika*. – 2013. – № 3. – С. 35-45.

18. Jel'man K.A., Srybnik M.A., Prasolova A.A., Volohova M.A. Sravnitel'nyj analiz funkcional'nyh sistem organizma korenного detsko-junosheskogo naselenija v uslovijah Severa [Comparative analysis of functional systems of the indigenous youth population in the North] // *Klinicheskaja medicina i farmakologija*. – 2017. – Т. 3, №3. – С. 14-18.

19. 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, No. 1. – Pp. 92–94.

20. Eskov V.M., Filatova O.E. Problem of identity of functional states in neuronal networks // *Biophysics*. – 2003. – Vol. 48, № 3. – P. 497-505.

21. 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.

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. – P. 143–150.

23. 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. – P. 809-820.

24. 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.

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*. – 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. – P. 224-232.

27. Vokhmina Y.V., Eskov V.M., Gavrilenko T.V., Filatova O.E. Medical and biological measurements: measuring order parameters based on neural network technologies // *Measurement Techniques*. – 2015. – Т. 58, № 4. – С. 65-68.

28. Zilov V.G., Eskov V.M., Khadartsev A.A., Eskov V.V. Experimental confirmation of the effect of "Repetition without repetition" N.A. Bernstein // *Bulletin of experimental biology and medicine*. – 2017. – Vol. 1. – P. 4-8.