

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ТРАКТОВКА СТАЦИОНАРНЫХ СОСТОЯНИЙ В БИОМЕХАНИКЕ

В.В. ЕСЬКОВ

*БУ ВО ХМАО-Югры «Сургутский государственный университет», ул. Ленина, 1,  
Сургут, Россия, 628400*

**Аннотация.** Общепринято, что стационарные режимы природных сложных систем – биосистем описываются общеизвестным для динамических систем условием  $dx/dt=0$ ,  $x_i=const$  для вектора состояния любой системы  $x=x(t)=(x_1, x_2, \dots, x_m)^T$  в  $m$ -мерном фазовом пространстве состояний. Для биосистем на практике обычно используется критерий неизменности статистических функций  $f(x_i)$  или неизменность их статистических характеристик (дисперсий, математических ожиданий, спектральных плотностей сигнала, автокорреляций  $A(t)$  и т.д.). Однако, за последние 20-25 лет было доказано, что сложные (гомеостатические) биосистемы не могут удовлетворять условию  $dx/dt=0$ . Одновременно они не сохраняют  $f(x_i)$ ,  $A(t)$ , спектральные плотности и т.д. Это системы, которые невозможно описывать в рамках функционального анализа или стохастики. Они демонстрируют отсутствие статистической устойчивости любых регистрируемых выборок компонент  $x_i(t)$  для своих состояний (начального  $x_0(t)$ , промежуточного  $x_i(t)$  и конечного состояния  $x_k(t)$ ) и поэтому не являются объектом современной детерминистской и стохастической науки. Предлагаются новые методы и модели для описания любой гомеостатичной системы, находящейся в одном, неизменном гомеостатическом состоянии на основе параметров квазиаттракторов и матриц парных сравнений выборок  $x_i(t)$ . Отмечается, что гомеостатическими свойствами обладают метеопараметры и климат, для описания которых предлагаются системы дифференциальных уравнений с разрывной правой частью.

**Ключевые слова:** *гомеостатические системы, стационарный режим, псевдоаттрактор, дифференциальные уравнения, эффект Еськова-Зинченко.*

## STATIONARY STATE IN BIOMECHANICS FROM THE POINT OF VIEW OF MATHEMATICS

V.V. ESKOV

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

**Abstract.** As is known, stationary modes of natural complex systems (or biosystems) are described by the condition, namely:  $dx/dt=0$ ,  $x_i = const$  for the state vector of any system  $x=x(t)=(x_1, x_2, \dots, x_m)^T$  in the  $m$ -dimensional phase state space. Typically, for biosystems, the criterion of the invariance of statistical functions  $f(x_i)$  or the invariance of their statistical characteristics (dispersions, mathematical expectations, spectral signal densities, autocorrelation  $A(t)$ , etc.) is used. However, over the past 20-25 years it has been proved that complex (homeostatic) biosystems do not meet the condition  $dx/dt = 0$ . At the same time, they do not preserve  $f(x_i)$ ,  $A(t)$ , spectral densities, etc. These are systems that cannot be described in terms of functional analysis or stochastics. They demonstrate the lack of statistical stability of any recorded samples of the components  $x_i(t)$  for their states (initial  $x_0(t)$ , intermediate  $x_i(t)$ , and final state  $x_k(t)$ ). Therefore, these systems are not an object of modern deterministic and stochastic science. The article proposes new methods and models for describing any homeostatic system in an unchanged (single) homeostatic state based on the parameters of quasi-attractors and matrices of pairwise comparisons of samples  $x_i(t)$ . It is noted that meteorological parameters and climate have homeostatic properties, for the description of which systems of differential equations with a discontinuous right-hand side are proposed.

**Key words:** *homeostatic systems, stationary mode, pseudoattractor, differential equations, Eskov-Zinchenko effects.*

**1. Возможности применения теорем Такенса в моделировании гомеостатических систем.** Математическое моделирование биологических систем и анализ медико-биологических данных является очень сложной задачей для исследователя [1, 4-

30, 54, 55]. Биологические системы из-за ЭЭЗ невозможно описать с помощью периодических законов. При одинаковых внешних условиях и начальных параметрах СТТ статистические  $f(x)$  будут разные. Ф. Такенс в [72] показал способ, с помощью которого теоретически можно проверить

наличие «странных аттракторов» в фазовом пространстве динамической системы. «Странные» аттракторы, в отличие от классических, обладают неперiodической траекторией. Для них характерны неустойчивые режимы и они весьма чувствительны к начальным условиям [29-31].

Согласно теореме Ф. Такенса, временной ряд  $\{x_i\}_{i=1}^{\infty}$  может быть представлен гладкой детерминированной моделью, если  $\frac{\ln C_{n,\varepsilon}}{n}$  равномерно ограничена при  $n \rightarrow \infty$ . Для такого ряда может быть рассчитана топологическая энтропия

$$H = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \left( \limsup_{n \rightarrow \infty} \left( \frac{\ln C_{n,\varepsilon}}{n} \right) \right) \quad (1)$$

и предельная ёмкость

$$D = \lim_{n \rightarrow \infty} \left( \liminf_{\varepsilon \rightarrow 0} \left( \frac{\ln C_{n,\varepsilon}}{-\ln \varepsilon} \right) \right), \quad (2)$$

где  $C_{n,\varepsilon}$  – число элементов множества  $J_{n,\varepsilon} \subset N_0$ .  $J_{n,\varepsilon}$  определено следующим образом:

$$0 \in J_{n,\varepsilon}, i > 0,$$

$$i \in J_{n,\varepsilon} \Leftrightarrow \text{для всех } 0 \leq j \leq i, j \in J_{n,\varepsilon}$$



Рис.1. Схема расчёта

Ключевым моментом является заполнение множеств  $J_{n,\varepsilon,m}$  согласно условиям (3), после чего производится расчёт предельной ёмкости и топологической энтропии по формулам (1) и (2) соответственно. Этап заполнения множеств  $J_{n,\varepsilon,m}$  нами был автоматизирован по определенному алгоритму.

Для тестирования этого алгоритма были выбраны несколько различных наборов исходных данных: треморограмма, цифры числа  $\pi$ , циклическая последовательность  $\{1, 3, 5, 7, 9, 1, 3, 5, 7, 9, \dots\}$  и последовательность равномерно распределённых случайных чисел на отрезке  $[0; 0,1]$ . Для корректного сравнения результатов все данные были нормированы. Для исходных данных также вычислялась информационная энтропия Шеннона

$$H_{\text{ш}}(x) = - \sum_{i=1}^n p(i) \ln p(i), \quad (4)$$

$$\max(|x_i - x_j|, |x_{i+1} - x_{j+1}|, \dots, |x_{i+n} - x_{j+n}|) \geq \varepsilon.$$

Можно говорить о наличии «странных аттракторов» в  $\{x_i\}$ , если топологическая энтропия  $\{x_i\}$  положительна, а предельная ёмкость стремится к нецелому значению.

Для расчёта энтропии и предельной ёмкости конечной последовательности данных  $\{x_i\}_{i=1}^N$  Такенс предлагает поступать следующим образом:

для всех  $n + m \leq N$  множества  $J_{n,\varepsilon,m} \subset N_0$  определить так:

$$1) 0 \in J_{n,\varepsilon,m}, i > 0, \quad (3)$$

2)  $i \in J_{n,\varepsilon,m}$ , если одновременно выполняются:

а)  $i \leq m$  и

б) для всех  $j < i, j \in$

$$J_{n,\varepsilon,m}, \max_{0 \leq k \leq n} |x_{i+k} - x_{j+k}| \geq \varepsilon,$$

используя при расчётах предельной ёмкости и энтропии  $C_{n,\varepsilon,m}$  – число элементов множества  $J_{n,\varepsilon,m}$  – как аппроксимацию  $C_{n,\varepsilon}$ .

На основе данной теоремы была разработана схема расчёта.

где  $p(i)$  – относительная частота появления события  $i$ , т.е. нахождения системы в  $i$ -м состоянии. Информационная энтропия показывает, насколько неопределённым или непредсказуемым будет  $i$ -е состояние системы. Поскольку в формуле применяется натуральный логарифм, данная величина измеряется в натах.

Результаты расчёта приведены в таблице 1 и на рис. 2, 3.

В итоге, информационная энтропия напрямую зависит от исходных данных, что на рис. 4 графически демонстрируется (информационная энтропия в зависимости от исходных данных). Увеличение выборки данных не оказывает существенного влияния на значение энтропии. Расчёты по Такенсу показали, что величина топологической энтропии и предельной ёмкости практически не зависит от исходных данных, а существенно зависит от величины  $\varepsilon$  и объёма выборки данных  $N$ .

Таблица 1

Результаты расчёта энтропии  $H$ , предельной ёмкости  $D$  и энтропии  $H_{ш}$

Исх. Данные Параметры	Треморо- грамма	Цифры числа $\pi$	Циклическая послед-ть	Равномерное распределение
$N = 100, \varepsilon = 0,01$	$H = 0,04631$ $D = 0,99561$ $H_{ш}=2,10166$	$H = 0,04652$ $D = 1,00000$ $H_{ш}=2,28373$	$H = 0,04652$ $D = 1,00000$ $H_{ш}=1,60944$	$H = 0,04642$ $D = 0,99782$ $H_{ш}=2,26594$
$N = 100, \varepsilon = 0,001$	$H = 0,04642$ $D = 0,66521$ $H_{ш}=2,10166$	$H = 0,04652$ $D = 0,66667$ $H_{ш}=2,28373$	$H = 0,04652$ $D = 0,66667$ $H_{ш}=1,60944$	$H = 0,04652$ $D = 0,66667$ $H_{ш}=2,26521$
$N = 200, \varepsilon = 0,01$	$H = 0,02657$ $D = 1,14833$ $H_{ш}=2,15983$	$H = 0,02662$ $D = 1,15051$ $H_{ш}=2,28336$	$H = 0,02662$ $D = 1,15051$ $H_{ш}=1,60944$	$H = 0,02662$ $D = 1,15051$ $H_{ш}=2,28354$
$N = 500, \varepsilon = 0,01$	$H = 0,01245$ $D = 1,34861$ $H_{ш}=2,05166$	$H = 0,01245$ $D = 1,34949$ $H_{ш}=2,29548$	$H = 0,01245$ $D = 1,34949$ $H_{ш}=1,60944$	$H = 0,01245$ $D = 1,34949$ $H_{ш}=2,29313$

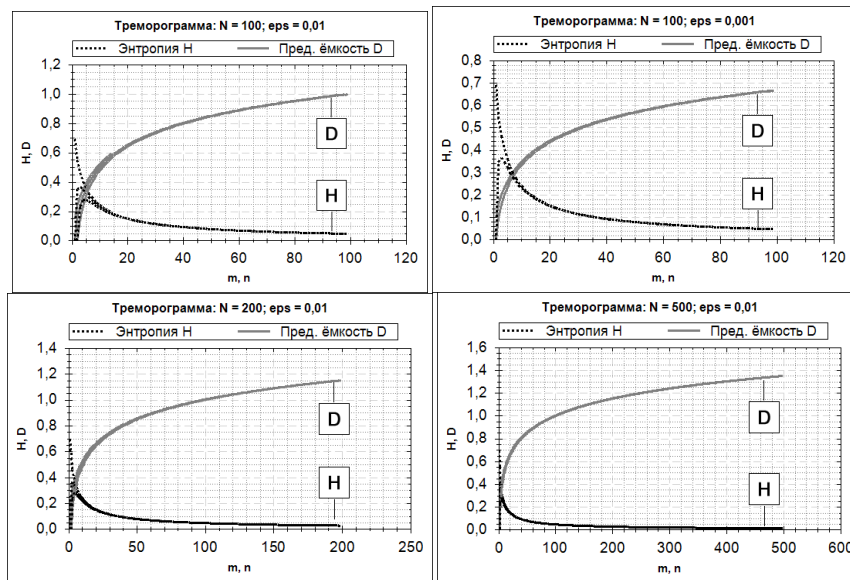


Рис.2. Результаты расчёта для треморограммы

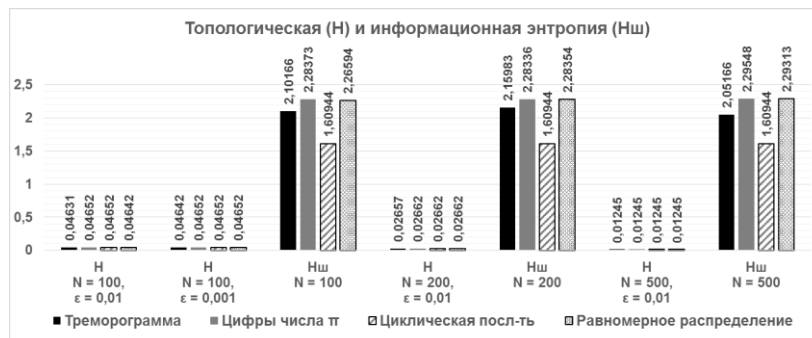


Рис. 3. Результаты расчёта топологической и информационной энтропии

Ф. Такенс в [72] после доказательства своей теоремы приводит важное указание на то, каким образом нужно производить расчёты для конечных последовательностей данных (3). Он

отметил, что  $C_{n,\varepsilon,m}$  можно использовать как аппроксимацию  $C_{n,\varepsilon}$  при условии, что разница между величинами  $C_{n,\varepsilon,m}$  и  $C_{n,\varepsilon,\frac{m}{2}}$  должна быть несущественной, а именно

порядка 1-2%. Нам при расчётах не удалось получить характер заполнения множеств  $J_{n,\varepsilon,m}$  отличный от линейного при достаточно малых  $\varepsilon$  (рис. 4).

Применение данной теоремы существенно ограничено высокой вычислительной сложностью. Вычислительная сложность используемого алгоритма заполнения множеств  $J_{n,\varepsilon,m}$

составляет  $O(N^4)$ . В итоге наблюдается очень быстрый рост времени расчёта в зависимости от объёма выборки исходных данных. Вероятно, именно по этой причине данная вычислительная схема не получила широкого распространения (мы не встретили ее применение в работах других авторов).

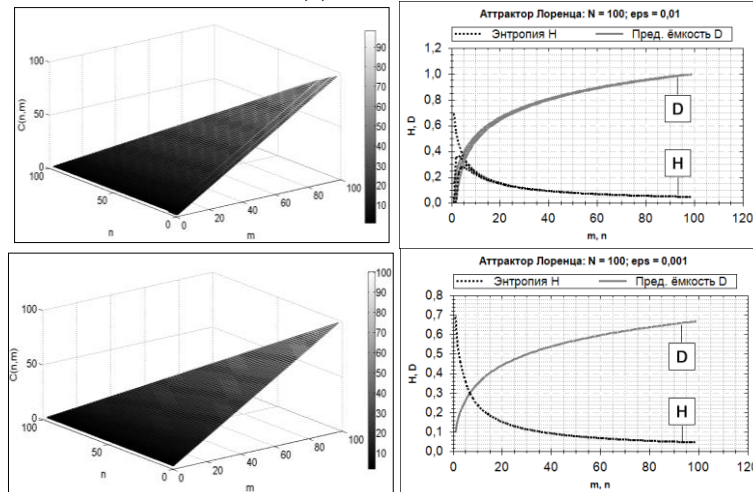


Рис.4. Графики заполнения множеств  $J_{n,\varepsilon,m}$  и результаты расчёта для решения системы Лоренца

В итоге, мы не получили подтверждение, что величины топологической энтропии и предельной ёмкости, рассчитанные по теореме Такенса отличаются для систем с наличием или отсутствием «странных аттракторов». Иными словами, теорема Такенса не может быть применима к системам третьего типа (со статистической неустойчивостью выборок). Такие СТТ не объект теории динамического хаоса Лоренца, а ЭЗ выходит за пределы современной детерминистской науки [2, 4, 33-49, 59, 63, 67, 73, 75-79].

**2. Возможности гомеостатического поведения физических систем.** Поскольку основное внимание мы уделяем биомеханическим системам (напомним, что по классификации наук биомеханика – раздел механики), то уместно задать вопрос, о границах такого подхода. Имеются ли похожие по динамике своего поведения (с биомеханическими) системы в неживой природе? В качестве кандидатов на гомеостатические системы мы изучали параметры климата и метеопараметры среды обитания человека.

В число этих метеопараметров нами была рассмотрена динамика изменения температуры  $T$  окружающей среды и атмосферного давления  $P$ . Были отобраны выборки  $T$  и  $P$  в Югре за 15 лет по каждому месяцу года (отдельно). Полученные выборки для каждого месяца прошли попарное сравнение с помощью критерия Вилкоксона на предмет их (сравниваемых двух) отнесения к одной генеральной совокупности. В результате этих исследований за 15 лет мы установили, что метеопараметры по динамике своих изменений подобны параметрам биомеханических систем. Все такие статистически неустойчивые системы мы обозначаем как гомеостатические системы или системы третьего типа (СТТ) по классификации *W. Weaver* (от 1948 г. [74]).

Для иллюстрации сказанному мы представляем характерную таблицу 2 для парных сравнений выборок температур 15-ти месяцев января. В этой табл. 2 мы имеем небольшое число  $k_3$  пар выборок  $T$ , которые (эти две сравниваемые) можно отнести к одной генеральной совокупности. Очевидно, что это число  $k_3$  доказывает

отсутствие однородности выборок, отсутствие статистической устойчивости этих выборок, фактически, это доказывает

эффект Еськова-Зинченко и для метеопараметров окружающей среды [2, 47, 50-53, 56-61].

Таблица 2

**Матрица парного сравнения выборок температуры  $T$  за месяц январь 1991-2009 гг., использовался критерий Вилкоксона (уровень значимости  $p < .05$ , число совпадений  $k_3=30$ )**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1991		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	<b>.62</b>	.00	.00	.00	.00
1992	.00		.03	.01	<b>.38</b>	<b>.50</b>	.00	<b>.98</b>	<b>.22</b>	<b>.15</b>	.00	.00	.00	<b>.80</b>	<b>.97</b>
1993	.00	.03		.00	.05	.00	<b>.37</b>	.02	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
1994	.00	.01	.00		<b>.11</b>	.01	.00	.00	<b>.20</b>	<b>.06</b>	.04	.00	.00	.00	.00
1995	.00	.38	.05	.11		<b>.71</b>	.01	<b>.66</b>	<b>.12</b>	<b>.59</b>	.00	.00	.00	<b>.76</b>	<b>.63</b>
1996	.00	.50	.00	.01	.71		.00	<b>.37</b>	<b>.98</b>	<b>.62</b>	.01	.00	.00	<b>.51</b>	<b>.32</b>
1997	.00	.00	.37	.00	.01	.00		.01	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
1998	.00	.98	.02	.00	.66	.37	.01		<b>.23</b>	.05	.00	.00	.00	<b>.56</b>	<b>.67</b>
1999	.00	.22	.00	.20	.12	.98	.00	.23		<b>.94</b>	.00	.00	.00	<b>.40</b>	<b>.08</b>
2000	.00	.15	.00	.06	.59	.62	.00	.05	.94		.00	.00	.00	.01	.05
2001	.62	.00	.00	.04	.00	.01	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00	.00
2002	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00
2003	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.00
2004	.00	.80	.00	.00	.76	.51	.00	.56	.40	.01	.00	.00	.00		<b>.97</b>
2005	.00	.97	.00	.00	.63	.32	.00	.67	.08	.05	.00	.00	.00	0.9	

В итоге для всех выборок  $P$ ,  $T$ ,  $R$  за 15 лет их мониторинга в Югре мы получаем статистическую неустойчивость. При этом, как показали наши исследования, разные сезоны года (при сравнении матриц  $T$ ,  $P$ ,  $R$  в январе, июле и октябре) демонстрируют разные значения чисел  $k_5$  совпадающих пар. Оказалось, что наименьшую долю стохастики (наименьшие значения  $k_5$ ) показали январь и октябрь. Осень и зима крайне неблагоприятны и по параметрам заболеваемости (хаос метеопараметров коррелирует с заболеваемостью). Таким образом, мы сейчас говорим о гомеостатичности параметров организма человека и метеопараметров среды его обитания. Можно ли говорить, что климат и метеопараметры подобны регуляции функций организма – покажет будущее, но это все – СТТ (гомеостатические системы) [36, 42, 45-47, 50-53, 56-61].

**Заключение.** Детальное исследование биомеханических систем в режимах многократных повторений приводит нас к особому пониманию гомеостатичного регулирования таких систем. При этом мы наблюдаем отсутствие статистической устойчивости выборок (ЭЭЗ) и отсутствие

инвариантности статистических мер. Статистика не может описывать гомеостатичные системы, т.к.  $dx/dt \neq 0$  непрерывно и не сохраняются статистические функции распределения  $f(x)$  выборок компонент вектора состояния биосистемы  $x(t)$ . Все непрерывно и хаотически изменяется для таких систем, находящихся в покое (физиологическом покое) [36, 42, 45-47, 50-53, 56-61, 75-79].

Поскольку использование теорем Такенса не обеспечивают реконструкцию аттракторов, т.к. мы имеем дело с псевдоаттракторами, для которых меры не инвариантны, константы Ляпунова не положительны, а автокорреляционные функции не стремятся к нулю. Мы имеем дело со статистическим хаосом, который по спектральным характеристикам возможно приближаются к фликкер-шуму в физике. Сейчас круг таких динамических объектов расширяется, т.к. мы доказываем, что метеопараметры среды обитания человека проявляют тоже гомеостатические свойства (они статистически неустойчивы). Мы ожидаем, что в дальнейшем будут обнаружены и другие системы с подобными гомеостатическими

свойствами. Все это требует новой количественной теории.

### Литература

1. Анохин П.К. Кибернетика функциональных систем. – М.: Медицина, 1998. 400 с.
2. Bashkatova Yu.V., Karpin V.A. General characteristic of human body functional systems in conditions of Khanty-Mansi autonomous Okrug – Ugra Ekologiya cheloveka [Human Ecology]. – 2014. – Vol. 5. – Pp. 9-16.
3. Bernshtein N.A. The co-ordination and regulation of movements // Oxford, New York, Pergamon Press, 1967.
4. Betelin V.B., Eskov V.M., Galkin V.A., Gavrilenko T.V. Stochastic volatility in the dynamics of complex homeostatic systems // Doklady mathematics. – 2017. – Vol. 95(1). – Pp. 92-94.
5. Es'kov V.M. Identification of parameters of linear models of transmitters // Measurement techniques. – 1993. – Vol. 36(4). – Pp. 365-368.
6. Es'kov V.M., Filatova O.E. Respiratory rhythm generation in rats: The importance of inhibition // Neurophysiology. – 1993. – Vol. 25(6). – Pp. 348-353.
7. Eskov V.M. Cyclic respiratory neuron network with sub cycles // Neural network world. – 1994. – Vol. 4(4). – Pp. 403-416.
8. Eskov V.M. Direct control by dissipation factor in respiratory neuron networks // Neural network world. – 1994. – Vol. 4(6). – Pp. 663-670.
9. Es'kov V.M., Filatova O.E., Ivashenko V.P. Computer identification of compartmental neuron circuits // Measurement techniques. – 1994. – Vol. 37(8). – Pp. 967-971.
10. Es'kov V.M., Filatova O.E. Computer diagnostics of the compartmentation of dynamic systems // Measurement techniques. – 1994. – Vol. 37(1). – Pp. 114-119.
11. Eskov V.M. Indirect control by dissipation factor in respiratory neuron networks // Neural network world. – 1994. – Vol. 4(6). – Pp. 655-662.
12. Eskov V.M., Filatova O.E., Popov Y.M. Stationary regimes of their respiratory neuron networks and their identification // International RNNS/IEEE symposium on neuroinformatics and neurocomputers. – 1995. – Pp. 156-165.
13. Eskov V.M. Indirect control by chemoreceptor drive in respiratory neuron networks // Modelling, Measurement and Control C. – 1995. – Vol. 48(3-4). – Pp. 1-12.
14. Eskov V.M. Hierarchical respiratory neuron networks // Modelling, measurement and control C. – 1995. 48(1-2). – Pp. 47-63.
15. Eskov V.M. Dependence of activity of cyclic respiratory neuron network with sub cycles on damping coefficient // Neural network world. – 1996. – Vol. 6(1). – Pp. 57-67.
16. Es'kov V.M., Filatova O.E., Kozlov A.P., Papshev V.A. Measurement of variable parameters of biological objects in motion // Measurement techniques. – 1996. – Vol. 39(4). – Pp. 443-447.
17. Eskov V.M. Models of hierarchical respiratory neuron networks // Neurocomputing. – 1996. – Vol. 11(2-4). – Pp. 203-226.
18. Eskov V.M., Filatova O.E., Papshev V.A. Scanning moving surfaces of biological objects // Measurement techniques. – 1996. – Vol. 39(5). – Pp. 573-575.
19. Eskov V.M. Compartmental theory of the respiratory neuron networks with a simple structure // Neural network world. – 1998. – Vol. 8(3). – Pp. 353-364.
20. Es'kov V.M., Filatova O.E. Compartmental approach to the modeling of neuron networks. The role of excitatory and inhibitory processes // Biophysics. – 1999. – Vol. 44(3). – Pp. 524-525.
21. Eskov V.M., Papshev V.A., Filatova O.E. A computerized system for measuring mammalian-tissue biomechanical parameters // Measurement techniques. – 2003. – Vol. 46(3). – Pp. 304-310.
22. Es'kov V.M., Filatova O.E. Problem of identity of functional states of neuronal systems // Biophysics. – 2003. – Vol. 48(3). – Pp. 526-534.

23. Es'kov V.M., Papshev V.A., Es'kov V.V., Zharkov D.A. Measuring biomechanical parameters of human extremity tremor // Measurement techniques. – 2003. – Vol. 46(1). – Pp. 93-99.
24. Eskov V.M., Filatov M.A. Identification of mathematical model of human memory systems with aid of computer according to two mathematical approaches // Proceedings of modeling and simulation. – 2004. – Pp. 14.1-14.3.
25. Eskov V.M., Papshev V.A., Kulaev S.V. Biosensor measurements on diffusion coefficients of physiologically active substances in brain tissue // Measurement techniques. – 2004. – Vol. 47(7). – Pp. 715-718.
26. Eskov V.M., Eskov V.V. The investigation of the synergetic properties of neuron network regulating the pulse rate according to compartmental approach // Modeling, measurement and control C. – 2005. – Vol. 66(5-6). – Pp. 1-16.
27. Es'kov V.M., Kulaev S.V., Popov Yu.M., Filatova O.E. Computer technologies in stability measurements on stationary states in dynamic biological systems // Measurement techniques. – 2006. – Vol. 49(1). – Pp. 59-65.
28. Eskov V.M., Eskov V.V., Filatova O.E. Medical and biological measurements: characteristic features of measurements and modeling for biosystems in phase spaces of states // Measurement techniques. – 2011. – Vol. 53 (12). – Pp. 1404-1410.
29. Eskov V.M., Eskov V.V., Braginskii M.Ya., Pashnin A.S. Determination of the degree of synergism of the human cardiorespiratory system under conditions of physical effort // Measurement techniques. – 2011. – Vol. 54(7). – Pp. 832-837.
30. Eskov V.M., Gavrilenko T.V., Kozlova V.V., Filatov M.A. Measurement of the dynamic parameters of microchaos in the behavior of living biosystems // Measurement techniques. – 2012. – Vol. 55(9). – Pp. 1096-1101.
31. Eskov V.M. Evolution of the emergent properties of three types of societies: The basic law of human development // Emergence: complexity and organization. – 2014. – Vol. 16(2). – Pp. 107-115.
32. Eskov V.M., Eskov V.V., Gavrilenko T.V., Zimin M.I. Uncertainty in the quantum mechanics and biophysics of complex systems // Moscow university physics bulletin. – 2014. – Vol. 69 (5). – Pp. 406-411.
33. Eskov V.V., Filatova O.E., Gavrilenko T.V., Khimikova O.I. Prediction of khanty people life expectancy according to chaotic dynamics of their cardiovascular system parameters // Ekologiya cheloveka [Human Ecology]. – 2014. – №11. – Pp. 3-8.
34. Eskov V.M., Gavrilenko T.V., Vokhmina Y.V., Zimin M.I., Filatov M.A. Measurement of chaotic dynamics for two types of tapping as voluntary movements // Measurement techniques. – 2014. – Vol. 57(6). – Pp. 720-724.
35. Eskov V.M., Eskov V.V., Gavrilenko T.V., Vochmina J.V. Biosystem kinematics as evolution: Stationary modes and movement speed of complex systems: Complexity // Moscow university physics bulletin. – 2015. – Vol. 70(2). – Pp. 140-152.
36. Eskov V.M., Filatova O.E., Provorova O.V., Khimikova O.I. Neural emulators in identification of order parameters in human ecology // Ekologiya cheloveka [Human Ecology]. – 2015. – Vol. 5. – Pp. 57-64.
37. 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(1). – Pp. 24-28.
38. 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). – Pp. 14-23.
39. Eskov V.M., Eskov V.V., Gavrilenko T.V., Vochmina Y.V. Formalization of the effect of “repetition without repetition” discovered by N.A. Bernshtein //

- Biophysics. – 2017. – Vol. 62(1). – Pp. 143-150.
40. 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). – Pp. 309-317.
41. Eskov V.M., Filatova O.E., Eskov V.V., Gavrilenko T.V. The Evolution of the idea of homeostasis: Determinism, stochastics, and chaos–self-organization // *Biophysics*. – 2017. – Vol. 62(5). – Pp. 809-820.
42. 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 // *Ekologiya cheloveka [Human Ecology]*. – 2017. – Vol. 5. – Pp. 27-32.
43. 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(6). – Pp. 961-966.
44. 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 (11). – Pp. 1611-1616.
45. Eskov V.M., Bashkatova Y.V., Beloshchenko D.V., Ilyashenko L.K. Cardiointervals parameters of human body in response to hypothermia // *Ekologiya cheloveka [Human Ecology]*. – 2018. – Vol. 10. – Pp. 39-45.
46. Eskov V.M. Gudkov A.B., Filatov M.A. Eskov V.V. Principles of homeostatic regulation of functions in human ecology // *Ekologiya cheloveka [Human Ecology]*. – 2019. – Vol.10. – Pp. 41-49.
47. Eskov V.M., Bazhenova A.E., Ilyashenko L.K., Grigorieva S.V. Effect of cold on involuntary movements in men with different levels of physical fitness in the Russian North // *Ekologiya cheloveka [Human Ecology]*. 2019. – Vol. 6. –Pp. 39-44.
48. Eskov V.M., Pyatin V.F., Eskov V.V., Ilyashenko L.K. The heuristic work of the brain and artificial neural networks // *Biophysics*. – 2019. – Vol. 64(2). – Pp. 293-299.
49. Eskov V.V., Filatova D.Y., Ilyashenko L.K., Vochmina Y.V. Classification of uncertainties in modeling of complex biological systems // *Moscow university physics bulletin*. – 2019. – Vol. 74(1). – Pp. 57-63.
50. Eskov V.V., Filatova O.E., Bashkanova Y.V., Filatova D.Y., Ilyashenko L.K. Age-related changes in heart rate variability among residents of The Russian North // *Ekologiya cheloveka [Human Ecology]*. – 2019. – Vol. 2. – Pp. 21-26.
51. Filatov M.A., Ilyashenko L.K., Kolosova A.I., Makeeva S.V. Stochastic and chaotic analysis of students' attention parameters of different ecological zones // *Ekologiya cheloveka [Human Ecology]*. – 2019. – Vol. 7. – Pp. 11-16.
52. Filatov M.A., Ilyashenko L.K., Makeeva S.V. Psychophysiological parameters of students before and after translatitude travels // *Ekologiya cheloveka [Human Ecology]*. – 2019. – Vol. 4. – Pp. 18-24.
53. Filatova D.Yu., Bashkatova Yu.V., Filatov M.A., Ilyashenko L.K. Parameter evaluation of cardiovascular system in schoolchildren under the conditions of latitudinal displacement // *Ekologiya cheloveka [Human Ecology]*. – 2018. – Vol. 4. – Pp. 30-35.
54. Filatova O.E., Eskov V.M., Popov Y.M. Computer identification of the optimum stimulus parameters in neurophysiology // *International RNNS/IEEE symposium on neuroinformatics and neurocomputers*. – 1995. – Pp. 166-172.
55. Filatova O.E. Identification of respiratory neuron networks with a simple structure // *Neural network World*. – 1998. – 8(3). – Pp. 329-336.
56. Filatova O.E., Provorova O.V., Volokhova M.A. Assessment of vegetative status of oil-and-gas industry workers from perspective of chaos and self-organization theory // *Ekologiya cheloveka [Human Ecology]*. – 2014. – Vol. 6. – Pp. 16-19.



57. Filatova O.E., Maystrenko E.V., Gazya G.V., Boltaev A.V. The influence of industrial electromagnetic fields on cardio-respiratory systems dynamics of oil-gas industry complex female workers // *Ecology and industry of Russia*. – 2017. – Vol. 21(7). – Pp. 46-51.
58. 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(3). – Pp. 224-232.
59. Filatova O.E., Bazhenova A.E., Grigorieva S.V., Ilyashenko L.K. Estimation of the parameters for tremograms according to the Eskov–Zinchenko effect // *Biophysics*. – 2018. – Vol. 63(2). – Pp. 262-267.
60. Filatova O.E., Bashkatova Y.V., Filatova D.Y., Ilyashenko L.K. Human organism in the conditions of homeostatic dynamics of meteorological parameters of the Russian North // *Ekologiya cheloveka [Human Ecology]*. – 2019. – Vol. 9. – Pp. 24-30.
61. Filatova O.E., Berestin D.K., Ilyashenko L.K., Bashkatova Y.V. The influence of hypothermia on the parameters of the electromyogram at low muscle tone state // *Ekologiya cheloveka [Human Ecology]*. – 2019. – Vol. 5. – Pp. 43-48.
62. Gell-Mann M. Fundamental Sources of Unpredictability // *Complexity*. – 1997. – Vol.3 (1). – Pp. 13-19.
63. 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(1). – Pp. 62-71.
64. Ivanitskii G.R., Deev A.A., Khizhnyak E.P. Long-term dynamic structural memory in water: can it exist? // *Physics-Uspekhi*. – 2014. – Vol. 57, № 1. – Pp. 37-65.
65. Ivanitskii G.R. The self-organizing dynamic stability of far-from-equilibrium biological systems // *Physics-Uspekhi*. – 2017. – Vol. 187, № 7. – Pp. 757-784.
66. Kolosova A.I., Filatov M.A., Maistrenko E.V., Ilyashenko L.K. An analysis of the attention indices in students from Surgut and Samara oblast from the standpoint of stochastics and chaos // *Biophysics*. – 2019. – Vol. 64(4). – Pp. 662-666.
67. Leonov B.I., Grigorenko V.V., Eskov V.M., Khadartsev A.A., Ilyashenko L.K. Automation of the diagnosis of age-related changes in parameters of the cardiovascular system // *Biomedical engineering*. – 2018. – Vol. 52(3). – Pp. 210-214.
68. Penrose R. *The Emperor's New Mind: Concerning Computers, Mind and Laws of Physics* // Oxford: Oxford University Press, 1989.
69. Prigogine I.R. *The End of Certainty: Time, Chaos, and the New Laws of Nature* (Free Press, 1996).
70. Rusak S.N., Eskov V.V., Molyagov D.I., Filatova O.E. Annual dynamics of climatic factors and population health in Khanty-Mansiysk autonomous area // *Ekologiya cheloveka [Human Ecology]*. – 2013. - Vol. 11. – Pp. 19-24.
71. Shakirova L.S., Filatova D.Y., Ilyashenko L.K., Bashkatova Y.V. Integrally-temporal and spectral parameters of cardiovascular system of pre-adolescent population of Khanty-Mansi autonomous Okrug - Ugra under the conditions of latitudinal displacements // *Ekologiya cheloveka [Human Ecology]*. – 2018. – Vol. 11. – Pp. 32-36.
72. Takens F. Detecting strange attractors in turbulence. In D. A. Rand and L.-S. Young. *Dynamical Systems and Turbulence, Lecture Notes in Mathematics / Springer-Verlag*. 1981. – Vol. 898. – Pp. 366-381
73. Vokhmina Y.V., Eskov V.M., Gavrilenko T.V., Filatova O.E. Measuring order parameters based on neural network technologies // *Measurement techniques*. – 2015. – Vol. 58(4). – Pp. 462-466.
74. Weaver W. *Science and Complexity*. Rockefeller Foundation, New York City // *American Scientist*. 1948. Vol. 36. Pp. 536-544.
75. 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.
76. 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. – Vol. 163. – № 1. Pp. 4-8.
  77. 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(4). – Pp. 415-418.
  78. Zilov V.G., Khadartsev A.A., Eskov V.V., Ilyashenko L.K., and Kitanina K. Yu. Examination of statistical instability of electroencephalograms // Bulletin of experimental biology and medicine. – 2019. – Vol. 168(7). – Pp. 5-9.
  79. Zilov V.G., Khadartsev A.A., Eskov V.M., Ilyashenko L.K. New effect in physiology of human nervous muscle system // Bulletin of experimental biology and medicine. – 2019. – Vol. 167(4). – Pp. 419-423.
  6. Es'kov V.M., Filatova O.E. Respiratory rhythm generation in rats: The importance of inhibition // Neurophysiology. – 1993. – Vol. 25(6). – Pp. 348-353.
  7. Eskov V.M. Cyclic respiratory neuron network with sub cycles // Neural network world. – 1994. – Vol. 4(4). – Pp. 403-416.
  8. Eskov V.M. Direct control by dissipation factor in respiratory neuron networks // Neural network world. – 1994. – Vol. 4(6). – Pp. 663-670.
  9. Es'kov V.M., Filatova O.E., Ivashenko V.P. Computer identification of compartmental neuron circuits // Measurement techniques. – 1994. – Vol. 37(8). – Pp. 967-971.
  10. Es'kov V.M., Filatova O.E. Computer diagnostics of the compartmentation of dynamic systems // Measurement techniques. – 1994. – Vol. 37(1). – Pp. 114-119.
  11. Eskov V.M. Indirect control by dissipation factor in respiratory neuron networks // Neural network world. – 1994. – Vol. 4(6). – Pp. 655-662.
  12. Eskov V.M., Filatova O.E., Popov Y.M. Stationary regimes of their respiratory neuron networks and their identification // International RNNS/IEEE symposium on neuroinformatics and neurocomputers. – 1995. – Pp. 156-165.
  13. Eskov V.M. Indirect control by chemoreceptor drive in respiratory neuron networks // Modelling, Measurement and Control C. – 1995. – Vol. 48(3-4). – Pp. 1-12.
  14. Eskov V.M. Hierarchical respiratory neuron networks // Modelling, measurement and control C. – 1995. 48(1-2). – Pp. 47-63.
  15. Eskov V.M. Dependence of activity of cyclic respiratory neuron network with sub cycles on damping coefficient // Neural network world. – 1996. – Vol. 6(1). – Pp. 57-67.
  16. Es'kov V.M., Filatova O.E., Kozlov A.P., Papshev V.A. Measurement of variable parameters of biological objects in motion // Measurement techniques. – 1996. – Vol. 39(4). – Pp. 443-447.
  17. Eskov V.M. Models of hierarchical respiratory neuron networks //

### References

1. Anohin P.K. Kibernetika funktsional'ny`x sistem [Cybernetics of functional systems] // – M.: Medicina, 1998. 400 s.
2. Bashkatova Yu.V., Karpin V.A. General characteristic of human body functional systems in conditions of Khanty-Mansi autonomous Okrug – Ugra Ekologiya cheloveka [Human Ecology]. – 2014. – Vol. 5. – Pp. 9-16.
3. Bernshtein N.A. The co-ordination and regulation of movements // Oxford, New York, Pergamon Press, 1967.
4. Betelin V.B., Eskov V.M., Galkin V.A., Gavrilenko T.V. Stochastic volatility in the dynamics of complex homeostatic systems // Doklady mathematics. – 2017. – Vol. 95(1). – Pp. 92-94.
5. Es'kov V.M. Identification of parameters of linear models of transmitters // Measurement techniques. – 1993. – Vol. 36(4). – Pp. 365-368.

- Neurocomputing. – 1996. – Vol. 11(2-4). – Pp. 203-226.
18. Eskov V.M., Filatova O.E., Papshev V.A. Scanning moving surfaces of biological objects // Measurement techniques. – 1996. – Vol. 39(5). – Pp. 573-575.
19. Eskov V.M. Compartmental theory of the respiratory neuron networks with a simple structure // Neural network world. – 1998. – Vol. 8(3). – Pp. 353-364.
20. Es'kov V.M., Filatova O.E. Compartmental approach to the modeling of neuron networks. The role of excitatory and inhibitory processes // Biophysics. – 1999. – Vol. 44(3). – Pp. 524-525.
21. Eskov V.M., Papshev V.A., Filatova O.E. A computerized system for measuring mammalian-tissue biomechanical parameters // Measurement techniques. – 2003. – Vol. 46(3). – Pp. 304-310.
22. Es'kov V.M., Filatova O.E. Problem of identity of functional states of neuronal systems // Biophysics. – 2003. – Vol. 48(3). – Pp. 526-534.
23. Es'kov V.M., Papshev V.A., Es'kov V.V., Zharkov D.A. Measuring biomechanical parameters of human extremity tremor // Measurement techniques. – 2003. – Vol. 46(1). – Pp. 93-99.
24. Eskov V.M., Filatov M.A. Identification of mathematical model of human memory systems with aid of computer according to two mathematical approaches // Proceedings of modeling and simulation. – 2004. – Pp. 14.1-14.3.
25. Eskov V.M., Papshev V.A., Kulaev S.V. Biosensor measurements on diffusion coefficients of physiologically active substances in brain tissue // Measurement techniques. – 2004. – Vol. 47(7). – Pp. 715-718.
26. Eskov V.M., Eskov V.V. The investigation of the synergetic properties of neuron network regulating the pulse rate according to compartmental approach // Modeling, measurement and control C. – 2005. – Vol. 66(5-6). – Pp. 1-16.
27. Es'kov V.M., Kulaev S.V., Popov Yu.M., Filatova O.E. Computer technologies in stability measurements on stationary states in dynamic biological systems // Measurement techniques. – 2006. – Vol. 49(1). – Pp. 59-65.
28. Eskov V.M., Eskov V.V., Filatova O.E. Medical and biological measurements: characteristic features of measurements and modeling for biosystems in phase spaces of states // Measurement techniques. – 2011. – Vol. 53 (12). – Pp. 1404-1410.
29. Eskov V.M., Eskov V.V., Braginskii M.Ya., Pashnin A.S. Determination of the degree of synergism of the human cardiorespiratory system under conditions of physical effort // Measurement techniques. – 2011. – Vol. 54(7). – Pp. 832-837.
30. Eskov V.M., Gavrilenko T.V., Kozlova V.V., Filatov M.A. Measurement of the dynamic parameters of microchaos in the behavior of living biosystems // Measurement techniques. – 2012. – Vol. 55(9). – Pp. 1096-1101.
31. Eskov V.M. Evolution of the emergent properties of three types of societies: The basic law of human development // Emergence: complexity and organization. – 2014. – Vol. 16(2). – Pp. 107-115.
32. Eskov V.M., Eskov V.V., Gavrilenko T.V., Zimin M.I. Uncertainty in the quantum mechanics and biophysics of complex systems // Moscow university physics bulletin. – 2014. – Vol. 69 (5). – Pp. 406-411.
33. Eskov V.V., Filatova O.E., Gavrilenko T.V., Khimikova O.I. Prediction of khanty people life expectancy according to chaotic dynamics of their cardiovascular system parameters // Ekologiya cheloveka [Human Ecology]. – 2014. – №11. – Pp. 3-8.
34. Eskov V.M., Gavrilenko T.V., Vokhmina Y.V., Zimin M.I., Filatov M.A. Measurement of chaotic dynamics for two types of tapping as voluntary movements // Measurement techniques. – 2014. – Vol. 57(6). – Pp. 720-724.
35. Eskov V.M., Eskov V.V., Gavrilenko T.V., Vochmina J.V. Biosystem kinematics as evolution: Stationary modes and movement speed of complex systems: Complexity // Moscow university physics

- bulletin. – 2015. – Vol. 70(2). – Pp. 140-152.
36. Eskov V.M., Filatova O.E., Provorova O.V., Khimikova O.I. Neural emulators in identification of order parameters in human ecology // *Ekologiya cheloveka [Human Ecology]*. – 2015. – Vol. 5. – Pp. 57-64.
  37. 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(1). – Pp. 24-28.
  38. 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). – Pp. 14-23.
  39. Eskov V.M., Eskov V.V., Gavrilenko T.V., Vochmina Y.V. Formalization of the effect of “repetition without repetition” discovered by N.A. Bernshtein // *Biophysics*. – 2017. – Vol. 62(1). – Pp. 143-150.
  40. 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). – Pp. 309-317.
  41. Eskov V.M., Filatova O.E., Eskov V.V., Gavrilenko T.V. The Evolution of the idea of homeostasis: Determinism, stochastics, and chaos–self-organization // *Biophysics*. – 2017. – Vol. 62(5). – Pp. 809-820.
  42. 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 // *Ekologiya cheloveka [Human Ecology]*. – 2017. – Vol. 5. – Pp. 27-32.
  43. 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(6). – Pp. 961-966.
  44. 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 (11). – Pp. 1611-1616.
  45. Eskov V.M., Bashkatova Y.V., Beloshchenko D.V., Ilyashenko L.K. Cardiointervals parameters of human body in response to hypothermia // *Ekologiya cheloveka [Human Ecology]*. – 2018. – Vol. 10. – Pp. 39-45.
  46. Eskov V.M. Gudkov A.B., Filatov M.A. Eskov V.V. Principles of homeostatic regulation of functions in human ecology // *Ekologiya cheloveka [Human Ecology]*. – 2019. – Vol.10. – Pp. 41-49.
  47. Eskov V.M., Bazhenova A.E., Ilyashenko L.K., Grigorieva S.V. Effect of cold on involuntary movements in men with different levels of physical fitness in the Russian North // *Ekologiya cheloveka [Human Ecology]*. 2019. – Vol. 6. –Pp. 39-44.
  48. Eskov V.M., Pyatin V.F., Eskov V.V., Ilyashenko L.K. The heuristic work of the brain and artificial neural networks // *Biophysics*. – 2019. – Vol. 64(2). – Pp. 293-299.
  49. Eskov V.V., Filatova D.Y., Ilyashenko L.K., Vochmina Y.V. Classification of uncertainties in modeling of complex biological systems // *Moscow university physics bulletin*. – 2019. – Vol. 74(1). – Pp. 57-63.
  50. Eskov V.V., Filatova O.E., Bashkanova Y.V., Filatova D.Y., Ilyashenko L.K. Age-related changes in heart rate variability among residents of The Russian North // *Ekologiya cheloveka [Human Ecology]*. – 2019. – Vol. 2. – Pp. 21-26.
  51. Filatov M.A., Ilyashenko L.K., Kolosova A.I., Makeeva S.V. Stochastic and chaotic analysis of students’ attention parameters of different ecological zones // *Ekologiya cheloveka [Human Ecology]*. – 2019. – Vol. 7. – Pp. 11-16.
  52. Filatov M.A., Ilyashenko L.K., Makeeva S.V. Psychophysiological parameters of students before and after translatitude travels // *Ekologiya cheloveka [Human Ecology]*. – 2019. – Vol. 4. – Pp. 18-24.

53. Filatova D.Yu., Bashkatova Yu.V., Filatov M.A., Ilyashenko L.K. Parameter evaluation of cardiovascular system in schoolchildren under the conditions of latitudinal displacement // *Ekologiya cheloveka [Human Ecology]*. – 2018. – Vol. 4. – Pp. 30-35.
54. Filatova O.E., Eskov V.M., Popov Y.M. Computer identification of the optimum stimulus parameters in neurophysiology // *International RNSN/IEEE symposium on neuroinformatics and neurocomputers*. – 1995. – Pp. 166-172.
55. Filatova O.E. Identification of respiratory neuron networks with a simple structure // *Neural network World*. – 1998. – 8(3). – Pp. 329-336.
56. Filatova O.E., Provorova O.V., Volokhova M.A. Assessment of vegetative status of oil-and-gas industry workers from perspective of chaos and self-organization theory // *Ekologiya cheloveka [Human Ecology]*. – 2014. – Vol. 6. – Pp. 16-19.
57. Filatova O.E., Maistrenko E.V., Gazya G.V., Boltaev A.V. The influence of industrial electromagnetic fields on cardio-respiratory systems dynamics of oil-gas industry complex female workers // *Ecology and industry of Russia*. – 2017. – Vol. 21(7). – Pp. 46-51.
58. 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(3). – Pp. 224-232.
59. Filatova O.E., Bazhenova A.E., Grigorieva S.V., Ilyashenko L.K. Estimation of the parameters for tremograms according to the Eskov-Zinchenko effect // *Biophysics*. – 2018. – Vol. 63(2). – Pp. 262-267.
60. Filatova O.E., Bashkatova Y.V., Filatova D.Y., Ilyashenko L.K. Human organism in the conditions of homeostatic dynamics of meteorological parameters of the Russian North // *Ekologiya cheloveka [Human Ecology]*. – 2019. – Vol. 9. – Pp. 24-30.
61. Filatova O.E., Berestin D.K., Ilyashenko L.K., Bashkatova Y.V. The influence of hypothermia on the parameters of the electromyogram at low muscle tone state // *Ekologiya cheloveka [Human Ecology]*. – 2019. – Vol. 5. – Pp. 43-48.
62. Gell-Mann M. *Fundamental Sources of Unpredictability // Complexity*. – 1997. – Vol.3 (1). – Pp. 13-19.
63. 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(1). – Pp. 62-71.
64. Ivanitskii G.R., Deev A.A., Khizhnyak E.P. Long-term dynamic structural memory in water: can it exist? // *Physics-Uspekhi*. – 2014. – Vol. 57, № 1. – Pp. 37-65.
65. Ivanitskii G.R. The self-organizing dynamic stability of far-from-equilibrium biological systems // *Physics-Uspekhi*. – 2017. – Vol. 187, № 7. – Pp. 757-784.
66. Kolosova A.I., Filatov M.A., Maistrenko E.V., Ilyashenko L.K. An analysis of the attention indices in students from Surgut and Samara oblast from the standpoint of stochastics and chaos // *Biophysics*. – 2019. – Vol. 64(4). – Pp. 662-666.
67. Leonov B.I., Grigorenko V.V., Eskov V.M., Khadartsev A.A., Ilyashenko L.K. Automation of the diagnosis of age-related changes in parameters of the cardiovascular system // *Biomedical engineering*. – 2018. – Vol. 52(3). – Pp. 210-214.
68. Penrose R. *The Emperor's New Mind: Concerning Computers, Mind and Laws of Physics* // Oxford: Oxford University Press, 1989.
69. Prigogine I.R. *The End of Certainty: Time, Chaos, and the New Laws of Nature* (Free Press, 1996).
70. Rusak S.N., Eskov V.V., Molyagov D.I., Filatova O.E. Annual dynamics of climatic factors and population health in Khanty-Mansiysk autonomous area // *Ekologiya cheloveka [Human Ecology]*. – 2013. – Vol. 11. – Pp. 19-24.
71. Shakirova L.S., Filatova D.Y., Ilyashenko L.K., Bashkatova Y.V. Integrally-temporal and spectral parameters of cardiovascular system of pre-adolescent population of Khanty-Mansi autonomous

- Okrug - Ugra under the conditions of latitudinal displacements // *Ekologiya cheloveka [Human Ecology]*. – 2018. – Vol. 11. – Pp. 32-36.
72. Takens F. Detecting strange attractors in turbulence. In D. A. Rand and L.-S. Young. *Dynamical Systems and Turbulence, Lecture Notes in Mathematics / Springer-Verlag*. 1981. – Vol. 898. – Pp. 366-381
73. Vokhmina Y.V., Eskov V.M., Gavrilenko T.V., Filatova O.E. Measuring order parameters based on neural network technologies // *Measurement techniques*. – 2015. – Vol. 58(4). – Pp. 462-466.
74. Weaver W. *Science and Complexity*. Rockefeller Foundation, New York City // *American Scientist*. 1948. Vol. 36. Pp. 536-544.
75. 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.
76. 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. – Vol. 163. – № 1. Pp. 4-8.
77. 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(4). – Pp. 415-418.
78. Zilov V.G., Khadartsev A.A., Eskov V.V., Ilyashenko L.K., and Kitanina K. Yu. Examination of statistical instability of electroencephalograms // *Bulletin of experimental biology and medicine*. – 2019. – Vol. 168(7). – Pp. 5-9.
79. Zilov V.G., Khadartsev A.A., Eskov V.M., Ilyashenko L.K. New effect in physiology of human nervous muscle system // *Bulletin of experimental biology and medicine*. – 2019. – Vol. 167(4). – Pp. 419-423.