

III. МАТЕМАТИКА В ОПИСАНИИ ХАОСА И СИНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

DOI: 10.12737/2306-174X-2022-52-60

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТАТИСТИЧЕСКОЙ НЕУСТОЙЧИВОСТИ ВЫБОРОК БИОСИСТЕМ

В.В. ЕСЬКОВ¹, В.А. ГАЛКИН², О.Е. ФИЛАТОВА², Т.В. ГАВРИЛЕНКО², В.М. ЕСЬКОВ²¹*БУ ВО ХМАО-Югры «Сургутский государственный университет», ул. Ленина, 1, Сургут, Россия, 628400*²*ФГУ «ФНЦ Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук». Обособленное подразделение «ФНЦ НИИСИ РАН» в г. Сургуте, ул. Базовая, 34, г. Сургут, Россия, 628400, firing.squad@mail.ru*

Аннотация. За последние 20 лет была доказана статистическая неустойчивость выборок любых параметров $x_i(t)$ функций организма человека. Это получило название эффекта Еськова-Зинченко и такие системы третьего типа (по классификации W. Weaver) не могут быть объектом современной детерминистской и стохастической науки. Возникает проблема создания новой математической теории и новых математических моделей для описания такой статистической неустойчивости. Предлагаются компартментно-кластерные модели для описания выборок треморограмм или кардиоинтервалов, которые управляются нейросетями мозга. Показано, что устойчивость таких выборок зависит от ширины интервала вариации параметров таких моделей.

Ключевые слова: компартментно-кластерные модели, статистическая неустойчивость, эффект Еськова-Зинченко.

MATHEMATICAL MODELING OF STATISTICAL INSTABILITY OF SAMPLES OF BIOSYSTEMS

V.V. ESKOV¹, V.A. GALKIN², O.E. FILATOVA², T.V. GAVRILENKO², V.M. ESKOV²¹*Surgut State University, Lenina pr., 1, Surgut, Russia, 628400*²*Federal research center for scientific research institute of system research of the Russian Academy of Sciences, Special division in Surgut, Bazovaya Str. 34, Surgut, 628400, Russia, e-mail: firing.squad@mail.ru*

Abstract. Now it was proved the stochastic instability of any parameters of different human body function. It is Eskov-Zinchenko effect now. The systems (biosystems) now named as systems of third type (according W. Weaver classification)/ The systems is not object of modern deterministic and stochastic sciences. We need of new (third) science and new mathematical models for the systems descriptions. We propose the compartmental clusters theory and models for description of biosystems stochastic instability (tremorograms, cardiointervals) which are controlled by neuron networks (of the brain). We demonstrated that stability of such systems depend in value of interval of models parameters changing.

Keywords: compartment-clusters models, stochastic instability, Eskov-Zinchenko effect.

Введение. В 1948 году один из основоположников теории информации W. Weaver [49] предложил общую классификацию систем природы. Одновременно в этой работе [49] W. Weaver предложил и общую классификацию наук, но все эти 73 года его гипотезы игнорировали, во всей мировой науке их даже не обсуждали.

Такая ситуация может быть объяснена отсутствием доказательства реальных особенностей систем третьего типа (СТТ) – живых систем [49]. При этом никто даже не пытался доказать реальность этой третьей науки (после детерминистской и стохастической науки – ДСН). Очевидно, что формирование третьей науки о СТТ потребовало создания новых понятий,

законов и моделей, которые сейчас отсутствуют в современной ДСН.

На рубеже 20-го и 21-го веков, как и предсказывал *W. Weaver* мы начали детально изучать особые свойства СТТ. За эти 20 лет была доказана статистическая неустойчивость выборок любых параметров функций организма человека [1-9]. Это получило название эффекта Еськова-Зинченко (ЭЕЗ) и он охватывает все СТТ. В ЭЕЗ доказано, что любая выборка параметра организма человека $x_i(t)$ будет уникальной. При этом статистическое среднее $\langle x \rangle$, статистическая дисперсия D_x^* , спектральная плотность сигнала (СПС), автокорреляция (АК) и т.д. имеют уникальный характер, т.е. они непрерывно и хаотически изменяются от выборки к выборке для одного и того же испытуемого [10-16, 18-26].

Выборки невозможно два раза повторить (статистически) и тогда возникает фундаментальный вопрос: как моделировать такие статистически неповторимые процессы? Можно ли вообще СТТ описывать в рамках ДСН? Ответы на эти вопросы мы и представляем в настоящем сообщении. Подчеркнем, что данная статья перебрасывает мостик между ДСН и новой третьей наукой о СТТ [27-35, 50-53]. Это означает, что третья наука не отрицает две предыдущие, т.е. всю ДСН.

1. Почему СТТ (живые системы) не могут быть объектом ДСН?

В настоящее время вся математика оперирует двумя типами моделей при описании биосистем. Это или модели в рамках детерминистского подхода, например, в рамках теории динамических систем (ТДС), когда используются дифференциальные, интегральные, разностные, интегрально-дифференциальные и другие уравнения, или мы работаем с выборками и используем методы статистики для описания биосистем. В этом случае мы переходим от одной точки к наборе точек, которые никогда точно (по всем этим точкам) уже не повторяются.

Сразу отметим, что детерминистский подход (на базе ТДС) оперирует с точками,

значениями компонент $x_i(t)$ вектора состояния биосистем $x=x(t)=(x_1, x_2, \dots, x_m)^T$ в m -мерном фазовом пространстве состояний (ФПС). В конце процесса этот вектор $x(t)$ принимает некоторое значение $x(t_f)$ и оно может быть многократно повторено, если мы знаем начальное значение $x(t_0)$ и уравнения для описания этой системы. Это повторение будет точное и многократное. В этом случае прошлое (начальное состояние $x(t_0)$) точно определяет будущее детерминистской системы [16, 26-28].

Очевидно, что детерминистский подход оперирует с точками и фазовыми траекториями, которые многократно (и точно!) могут быть повторены. Однако биосистемы этого никогда не могут сделать и поэтому мы работаем с выборками, т.е. облаками точек в ФПС. Эти облака легко сравнивать в рамках теории вероятности и статистики. Однако эти облака нельзя сравнивать в рамках детерминизма, т.к. точки $x(t)$, полученные на интервале Δt_1 , никогда не совпадут с точками на интервале Δt_2 .

За последние 100-150 лет были разработаны методы и модели, по которым можно статистически сравнивать две выборки, полученные на интервале Δt_1 и на следующем интервале времени Δt_2 . Если в рамках статистики выборки совпадают, то системы находятся в стационарном состоянии (СС), но поточечного совпадения уже нет. По определенным правилам статистики, совпадают только выборки $x(t)$.

Подчеркнем, что для биологии, медицины, психологии, экологии (и других наук о СТТ) очень часто бывает достаточно одной статистической проверки о неизменности биосистемы или о ее изменении. До настоящего времени вся биомедицина была уверена в статистической устойчивости любой выборки функций организма человека, если сам человек психологически, физиологически, физически не изменяется. Никто не пытался повторить выборки у одного и того же испытуемого и проверить эти две выборки на совпадение.

При $p_{ij} \geq 0,05$ мы можем говорить о статистическом совпадении этих двух выборок. В остальных случаях (при $p_{ij} < 0,05$) мы имеем статистически различные выборки. Оказалось, что в табл. 1 (и сотнях ей подобных для других параметров функций организма $x_i(t_f)$) мы имеем число $k_I=4$ пар, для которых $p_{ij} \geq 0,05$. Это очень малые значения k по величине (у нас $k_I=4$, в табл. 1). Обычно для ТМГ мы имеем $k \leq 5\%$ от всех 105 разных пар сравнения (в подобных матрицах парных сравнений). Более 95% сравниваемых пар статистически не совпадают. Один испытуемый (в неизменном состоянии) не может повторить выборку ТМГ произвольно (не только 2 раза подряд, но и 15 раз подряд).

Это доказывает эффект Еськова-Зинченко (ЭЭЗ), т.е. отсутствие статистических повторений выборок параметров $x_i(t_f)$ функций организма человека. Любая выборка $x_i(t_f)$ для СТТ будет уникальной. Вероятность совпадения двух соседних выборок для ТМГ будет $p_{j,j+1} \leq 0,01$, для теппинграмм (ТПГ) $p_{j,j+1} \leq 0,1$, для кардиоинтервалов (КИ) $p_{j,j+1} \leq 0,2$, аналогично для электромиограмм (ЭМГ) и электронейрограмм (ЭНГ) [19-25, 31-37].

Только электроэнцефалограммы (ЭЭГ) для одного испытуемого (в спокойном состоянии) показывают высокие значения, $k_I \leq 30\%$. В целом, произвольно повторить два раза одну и ту же выборку – это очень сложная задача для СТТ. Выборки СТТ уникальны, их сложно повторить (статистически). Поэтому сейчас мы говорим об уникальности выборок любых параметров функций организма человека. Очевидно, что организм человека принадлежит к СТТ, о которых и говорил W. Weaver [1]. Для СТТ нужна другая математика и другие модели (для их описания) [25-32].

Для примера мы представляем типовую матрицу парных сравнений для 15-ти выборок КИ одного испытуемого. В итоге, здесь $k_2=10$ и это тоже очень малая величина. Напомним, что для статистики мы требуем доверительную вероятность, например, $\beta \geq 0,95$. Это означает, что из 100-а испытаний в 95 случаях у нас опыт должен закончиться совпадением. А у нас для многих параметров $x_i(t_f)$ мы имеем $p \leq 0,2$. Это доказывает ЭЭЗ для параметров организма. Любая выборка уникальна и как тогда описывать стационарные состояния (СС) любой СТТ? Какая математика это может сделать?

Таблица 2

Матрица парных сравнений выборок кардиоинтервалов (КИ) одного испытуемого (без нагрузки, число повторов $n=15$), использовался критерий Вилкоксона (критерий различий $p < 0,05$, число совпадений $k_2=10$)

	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	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,00		0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	0,00	0,00	0,00		0,00	0,04	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,02	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00		0,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,78		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,77
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,25	0,04	0,67	0,73	0,00
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25		0,02	0,38	0,49	0,00
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,02		0,08	0,14	0,00
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	0,38	0,08		0,30	0,00
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,73	0,49	0,14	0,30		0,00
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

Ответы на эти вопросы мы получили в рамках компарментно-кластерной теории биосистем (ККТБ). При этом нам пришлось переходить в итоге от моделей ККТБ к

моделям с разрывной правой частью. Рассмотрим этот более подробно.

2. Компарментно-кластерное моделирование биосистем.

Отметим, что в компартиментно-кластерной теории биосистем (ККТБ) действуют восемь базовых принципов организации СТТ. Эти принципы отдалают ККТБ от ДСН, но все-таки это классическая теория, которая использует компартименты и кластеры в структурах организации СТТ. Напомним, что главный компартиментный принцип – это неизвестное число элементов (и их динамика точно не имеет значение), которые образуют компартимент.

В настоящее время во всей биомедицине грубо нарушается этот системный принцип. Поведение отдельного нейрона, миофибриллы и т.д. берут за основу, но это неправильно. В общей теории систем динамика поведения отдельного элемента системы не имеет никакого значения. Важна динамика всей системы (у нас это компартимент или кластер). Таким образом, только ККТБ точно реализует базовые принципы общей теории систем (ОТС). Вся биомедицина эти принципы нарушает, когда работает с одним элементом системы. При этом биомедицина в целом работает с системами и грубо нарушает главный системный принцип!

В ККТБ, кроме принципа компартиментной организации биосистем (это первый принцип), учитываются и процесс диссипации в СТТ в виде элемента $-bx$ в правых частях дифференциальных уравнений (ДУ). Учитываются, отдельно, и связи между компартиментами и кластерами в виде матриц A и $A(y)$. Матрица $A(y)$ является матричной функцией и она обычно имеет вид блочно-диагональной матрицы:

$$A = \begin{vmatrix} A_{11} & 0 & 0 \\ A_{21} & A_{22} & 0 \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} \end{vmatrix}.$$

Это пример трехкластерной, иерархической СТТ. Подчеркнем, что такие системы в СТТ составляют основу регуляции многих функций организма человека. Обычно верхний кластер – это нейросети мозга (НСМ). Эти НСМ осуществляют общую регуляцию всех функций организма человека (низшие кластеры).

В ККТБ строго учитываются внешние (управляющие драйвы (ВУВ)), которые для организма человека задаются внешней средой, а внутри организма они определяются гомеостазом или центральной нервной системой (ЦНС) и ее влиянием на нижележащие (управляемые) органы организма человека. Эти ВУВы в моделях ККТБ задаются в виде слагаемых ud [16, 23-25, 33-38].

В итоге, мы приходим к определенным моделям в матрично-векторной форме, которые описываются системами ДУ. Подчеркнем, что сами эти системы используют все эти (выше обозначенные элементы) принципы организации и они дают определенный элемент неопределенности. Представим характерную модель двухкластерной трехкомпартиментной СТТ в виде (1):

$$\begin{aligned} x_1 &= A_{11}(y_1)x_1 - bx_1 + u_1d_1, \\ x_2 &= A_{21}x_1 + A_{22}(y_2)x_2 - bx_2 + u_2d_2 \\ y_1 &= C_{11}^T \\ y_2 &= C_{21}^T x_1 + C_{22}^T x_2 \end{aligned} \quad (1)$$

Подобную двухкластерную структуру имеют многие системы управления органами и физиологическими функциями [16, 23-25]. Например, такую двухкластерную структуру имеет нервно-мышечная система (НМС), которая имеет высший отдел управления (в виде ЦНС) и низший отдел организации движений (на спинальном уровне). Очевидно, что ЦНС имеет входы (афференты), нейросети для переработки информации (нейросети головного мозга) и нисходящие нейроны (эфференты). Последние по спинальному тракту осуществляют управление спинальными нейронами (на уровне спинного мозга).

Кластер второго (низшего) порядка также имеет трехкомпартиментную структуру. Это афференты (сенсорно-мышечная система – первый компартимент), нейроны спинного мозга (второй компартимент) и выходные мотонейроны (третий компартимент). Последние вместе с мышцами реализуют любой двигательный акт. Очевидно, что мы имеем в итоге двухкластерную, трехкомпартиментную систему организации движений. Ее

графовая структура имеет вид рис. 1 [23-25].

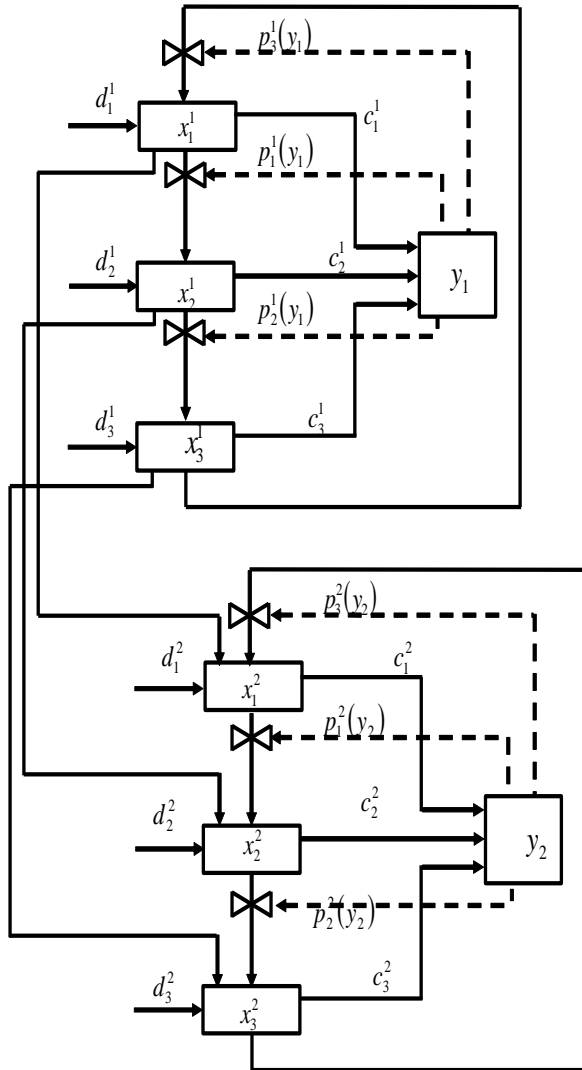


Рис.1. Модель двухкластерной трехкомпарментной системы

Эта графовая структура соответствует модели (1), где верхний кластер (ЦНС) содержит три компартамента и второй (нижний) кластер тоже содержит три компартамента. В итоге, в таких многокомпарментных и многокластерных системах могут образовываться периодические движения [23-25]. При изучении точек покоя в виде $dx/dt=0$ мы получали решение для вектора $x(t)$ вблизи стационарных значений $x_0(t)$. В этом случае была исследована устойчивость таких решений и доказана возможность периодических решений в виде специальных теорем [24].

Напомним, суть этих теорем, которые были доказаны Еськовым В.М. в 1996 году [24]. Для детального исследования

иерархических компарментно-кластерных систем было доказано ряд теорем, которые в итоге привели к доказательству возможности получения положительного осцилляторного решения в таких системах. Согласно первой теореме мы доказываем возможность получения положительных решений в системе (2). Эта теорема гласит: Пусть матрица A совпадает со своей компонентой связности $P_i(A)=A$. Пусть $d_i \neq 0$ и $b > \lambda(A)$. Тогда $x_0 > 0$, где $x_0 = (x_{01}^T, \dots, x_{0n}^T)^T$. Доказательство этой теоремы представлено в [24]. Здесь n – это число кластеров в моделях вида (2), а x_0 – стационарное решение этой системы.

$$\begin{aligned} x &= A(y)x - bx + ud & (2) \\ y &= Cx \end{aligned}$$

Далее, была доказана теорема 2, которая имеет вид:

Пусть $P_i(A)=A$ и $b > 0$, тогда:

I. если $\lambda_{y0} \geq b$ и $d_i \neq 0$, то система (2) вида:

$$\begin{aligned} x &= A(y)x - bx + Ud; \\ y &= Cx \end{aligned} \quad (3)$$

не имеет неотрицательной равновесной точки x_0 такой, что $y_0 = Cx_0$;

II. если $y_{\infty i} = \infty$, $c_{ii} > 0$ ($i=2, \dots, n$) и $\lambda(A_{11}(0)) > b$, то существует диагональная матрица

$$U_0 = \text{diag}\{u_{oi}\}_{i=1}^m C$$

диагональными элементами $u_{oi} = 0$, $u_{oi} > 0$ ($i=2, \dots, n$) такая, что система (2) имеет равновесное решение $x_0 > 0$ $i=1$ с $y_0 = Cx_0$, для которого выполняется условие:

$$b = \lambda(A_{11}(y_0)) \quad (\text{III a})$$

$$b > \lambda(A_{ii}(y_0))_{i \geq 2} \quad (\text{III b})$$

III. Пусть $d_i \neq 0$, тогда:

(III a) Существует такое положительное число b^+ , что по любому $b > b^+$ найдется диагональная матрица U_0 с положительными диагональными элементами, что (2) имеет равновесное решение $x_0 > 0$, $y_0 = Cx_0$ при $u = u_0$.

(III b) Пусть $y_{\infty i} = \infty$, $c_{ii} > 0$ ($i=2, \dots, n$), тогда для любого $b > 0$ существует диагональная матрица U_0 с положительными диагональными элементами такая, что (2) имеет равновесное решение $x_0 > 0$, $y_0 = Cx_0$ при $U = U_0$.

В случаях (III a) и (III b) выполняется неравенство $\lambda_{y0} < b$.

После доказательства этих теорем была доказана базовая теорема 3, которая демонстрирует реальность устойчивости системы (2). Эта теорема формируется следующим образом.

Теорема 3. Существует такое $\varepsilon > 0$, что (2) устойчиво, если $\|\frac{\partial A}{\partial y} x_0 C\| < \varepsilon$.

В итоге было доказано, что система (2) имеет положительные решения x_0 и эти решения будут устойчивы. При этом по доказанной *Lemma 1* [24]

характеристический полином Δ матрицы $D = A(y_0) - bI + \frac{\partial}{\partial y}(Ax_0) |_{y_0} C$ имеет форму

$$\Delta = \left| \frac{(\lambda + b)I - A(y_0)}{-c} \Big| \frac{z}{I_n} \right|.$$

Тогда характеристический полином Δ матрицы D имеем неотрицательные коэффициенты. Если $\frac{\partial A_u}{\partial y_i} |_{y_0} \neq 0$, то свободный член характеристического полинома будет строго положителен. Это получило название Теоремы 4 [24]. После доказательства этих четырех теорем (и ряда *Lemm*) мы смогли выполнить следствие, которое показывает наличие осцилляций в решении системы (2) [24].

Действительно, если матрица A исследуемой системы имеет собственные значения, которые не принадлежат левой полуплоскости, то эти собственные значения по теореме Рауса-Гурвица (*Rauss-Gurviz theorem*) имеют ненулевые линейные части. Тогда исследуемая система (2) может иметь осцилляторные решения при указанных выше условиях (смотри теоремы 1-4) [24].

Используя указанные теоремы и следствие из них можно рассмотреть ряд конкретных примеров. Это нами было сделано на примере двухкластерной, трехкомпарментной модели вида (4), которая подобна (1):

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= A_{11}(y_1)x_1 - bx_1 + u_1 d_1 \\ \dot{x}_2 &= A_{21}x_1 + A_{22}(y_2)x_2 - bx_2 + u_2 d_2 \end{aligned} \quad (4)$$

3. Результаты теоретического и экспериментального моделирования НМС и ССС.

Прежде всего подчеркнем, что для модели (2) мы имеем следующие выражения (для конкретного примера (4)):

$$C = \begin{bmatrix} C_{11} & 0 \\ 0 & C_{22} \end{bmatrix}, \text{ где } c_{ii}^T \in R^{m_i} \quad (i=1,2) \quad (5)$$

Тогда имеем: $y_1 = C_{11}^T x_1$, $y_2 = C_{22}^T x_2$, $x_1 \in R^{m_1}$, $x_2 \in R^{m_2}$, $m_1 + m_2 = m_0$.

С учетом доказанных теорем (см. выше теоремы 1-4) при определенных значениях бифуркационного параметра (u или b) в системе верхнего уровня (первый кластер, который моделирует ЦНС и ее регуляцию на НМС) возникает периодическое решение $x_i(t)$. Тогда из-за того, что блок D_2 (нижний уровень) удовлетворяет условию Гурвица, в этом нижнем блоке могут возникать периодические решения $x_2(t)$. Колебания второго уровня сдвинуты по фазе относительно колебаний первого уровня, а их амплитуда будет линейной функцией амплитуды колебаний верхнего уровня иерархии.

В случае циклической системы [23-25] можно получить эту зависимость в явном виде. Для этого воспользуемся предположением о малости бифуркационного параметра ε . Можно записать уравнение в вариациях для активности компарментов второго кластера. Для этого сделаем замену: $x_2 = x_{02} + \delta x_2$.

Далее, пренебрегая членами 2-го порядка малости относительно δx_2 , получим новое уравнение:

$$\delta \dot{x}_2 = A_{21}(x_{01} + \delta x_1) + A_{22}(y_{02})x_{02} + \widehat{D}_2 \delta x_2 - b x_{02} \delta x_2 + u_{02} d_2 \quad (6)$$

Если воспользоваться свойствами равновесного решения и привести подобные члены, то получим:

$$\delta \dot{x}_2 = A_{21} \delta x_1 + \widehat{D}_2 \delta x_2 - b x_2 \quad (7)$$

В уравнении (6)

$$\begin{aligned} \widehat{D}_2 &= \frac{\partial}{\partial x_2} A_{22}(y_2)x_2 \Big|_{y_{02}} = A_{22}(y_{02}) \\ &+ \frac{\partial}{\partial y_2} A_{22}(y_2)x_{02} \frac{\partial y_2}{\partial x_2} \end{aligned} \quad (8)$$

Здесь $\frac{\partial y_2}{\partial x_2} = c_{22}$. Пусть $c_{22} = (C_2, 0, \dots, 0)$, т.е. это некий простейший случай. Отметим, что матрица Якоби для правой части уравнения (6) имеет вид:

$$D_2 = \widehat{D}_2 - bI \quad (9)$$

Тогда можно получить для δx_1 в явном виде периодическое решение в виде:

$$\delta x_1 = \frac{A_{11}}{a} \delta \hat{z}(t), \text{ где } \delta \hat{z}(t) = \delta z \quad (\tau)_{\tau=at} = \varepsilon \left(\cos \frac{\pi}{m} \right)^{k-1} \cos(\omega at - \pi(k-1)/m) \Big|_{k=1}^m + O(\varepsilon) \quad (10)$$

В итоге, после решения системы линейных дифференциальных уравнений относительно δx_2 вида:

$$\delta \dot{x}_2 = A_{21} \frac{A_{11}}{a} \delta \dot{z}(t) + (\widehat{D}_2 - bI) \delta x_2 \quad (11)$$

мы приходим к окончательному решению для δx_2 . Это решение имеет вид:

$$\delta x_2 = \int_0^t e^{D_2(t-\theta)} \frac{A_{21} A_{11}}{a} \delta \dot{z}(\theta) d\theta \quad (12)$$

Из этого уравнения следует, что амплитуда колебаний x_2 имеет тот же порядок малости, что и амплитуда x с точностью до $O(\varepsilon)$ и имеет порядок ε . Было рассмотрено несколько частных случаев и проведено компьютерное моделирование поведения вектора $x(t)$ по компонентам и в целом, в виде выхода $y(t)$. Компартментные модели показали наличие некоторого периодического решения. Однако это поведение системы (2) было получено вблизи точки x_0 . Это довольно частное решение.

Возникает закономерный вопрос: как себя ведет вектор $x(t)$ и функция выхода $y(t)$ на остальных интервалах изменения u и b , т.е. на всей положительной полуплоскости (правой). Оказалось, что за пределами x_0 мы имеем некоторые колебания вектора $x(t)$ и выхода $y(t)$.

Очевидно, что нейросети мозга (ЦНС в целом) не могут показывать покой, т.е. их вектор состояния $x(t)$ никогда не равен нулю ($dx/dt \neq 0$ и $x_0 \neq const$). В любом состоянии пока есть драйвы Ud мы имеем какие-то осцилляции в кластере первого уровня и соответственно как-то поддерживаются возбуждение на спинальном уровне, т.е. во втором кластере. Работа сердца, например, никогда не должна останавливаться. Другое дело каковы режимы этой работы (периодические или не периодические, например, при аритмии).

В целом, модели в рамках ККТБ дают непрерывную активность $x(t)$ и $y(t)$ на широких интервалах времени b и u (параметров этой модели). Отсюда возникает закономерный вопрос: реализуют ли такую активность (пусть и не периодическую, но в виде каких-то колебаний) наши модели в рамках ККТБ?

4. Моделирование статистической неустойчивости СТТ в рамках ККТБ.

Прежде всего отметим, что модели вида (1) и (2) дают все-таки некоторую повторяющуюся активность на выходе в виде $y(t)$ на широких интервалах изменения u или b . При этом все матрицы парных сравнений выборок ТМГ, т.е. поведение НМС, и матрицы выборок КИ (поведение ССС) демонстрируют генерацию непрерывно изменяющихся параметров НМС и ССС. Это означает, что на каждом интервале Δt_1 и Δt_2 происходит непрерывные перестройки в регуляции этих двух функций организма человека (см. табл. 1, 2, как типовые).

Анализ выборок табл. 1 и табл. 2 (и тысяч им подобных матриц параметров функций человека) показывает, что на каждом интервале времени происходит некоторая перестройка в системах регуляции функций НМС и ССС. Математически такая перестройка может быть представлена в виде изменений параметров моделей. Например, можно предположить, что на интервале Δt_1 мы имеем одно значение b (или u) в модели (1), а на интервале времени Δt_2 мы уже получаем другие значения b (или u). Речь идет о скачкообразном изменении значений параметров b и u , что в теории ДУ представлено уравнениями с разрывной правой частью [17].

Для всех 15 интервалов измерений выборок ТМГ мы имеем 15 разных значений b (или u) в модели (1). Это означает, что система регуляции НМС или ССС непрерывно и хаотически изменяется. Такой хаос параметров модели (1) представляется системой ДУ с разрывной правой частью. На каждом интервале Δt_i ($i=1, 2, \dots, 15$) мы имеем скачкообразное (и хаотичное) изменение параметров модели. Однако, в биосистемах всегда система регуляции ограничивается некоторыми параметрами (например, параметрами гомеостаза).

Математически это означает, что изменение параметра b (или u) происходит в рамках некоторого интервала, т.е. $b \in (b^1, b^2)$, где b^1 – минимальное значение b , а b^2 – максимальное значение b . Подчеркнем, что эти изменения происходят хаотически, что и доказывают матрицы (табл. 1 и табл. 2).

Это очевидный факт еще потому, что сами нейросети мозга в своей динамике также демонстрируют хаос. Для примера мы

представляем табл. 3 – матрицу парных сравнений ЭЭГ [12-16].

Таблица 3

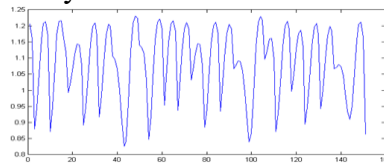
Матрица парного сравнения ЭЭГ одного и того же здорового человека (число повторов $n=15$) в период релаксации в отведении $T6-Ref$, использовался критерий Вилкоксона (критерий различия $p<0,05$, число совпадений $k_3=33$)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0.00	0.32	0.05	0.10	0.64	0.01	0.55	0.00	0.28	0.31	0.00	0.90	0.00	0.00
2	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.58
3	0.32	0.00		0.75	0.00	0.03	0.67	0.19	0.00	0.01	0.30	0.02	0.10	0.00	0.00
4	0.05	0.00	0.75		0.00	0.07	0.83	0.00	0.00	0.00	0.06	0.03	0.04	0.00	0.00
5	0.10	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.41	0.38	0.66	0.03	0.00	0.21	0.00	0.00
6	0.64	0.00	0.03	0.07	0.00		0.21	0.86	0.00	0.21	0.52	0.00	0.66	0.00	0.00
7	0.01	0.00	0.67	0.83	0.00	0.21		0.02	0.00	0.00	0.01	0.19	0.00	0.00	0.00
8	0.55	0.00	0.19	0.00	0.41	0.86	0.02		0.08	0.93	0.15	0.00	0.97	0.00	0.00
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	0.00	0.00	0.08		0.06	0.00	0.00	0.07	0.00	0.01
10	0.28	0.00	0.01	0.00	0.66	0.21	0.00	0.93	0.06		0.00	0.00	0.36	0.00	0.00
11	0.31	0.00	0.30	0.06	0.03	0.52	0.01	0.15	0.00	0.00		0.00	0.05	0.00	0.00
12	0.00	0.00	0.02	0.03	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
13	0.90	0.00	0.10	0.04	0.21	0.66	0.00	0.97	0.07	0.36	0.05	0.00		0.00	0.00
14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00
15	0.00	0.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

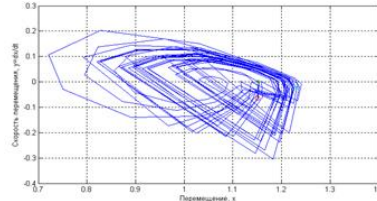
В этой табл. 3 испытуемый находится в неизменном состоянии (спокойно сидел), но его выборки ЭЭГ непрерывно и хаотически изменялись. При этом степень хаоса (для ЭЭГ (в табл. 3)) гораздо меньше, чем в табл. 1 и табл. 2. Но в любом случае

число ее k пар выборок ЭЭГ, которые имеют критерий Вилкоксона $p \geq 0,05$ невелико (обычно $k_3 \leq 35\%$). Это означает, что хаос ЭЭГ менее выражен, чем для НМС и ССС, но он все-таки значителен [39-48].

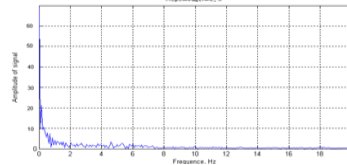
А)



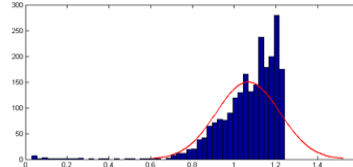
В)



С)



Д)



Е)



Рис. 2. Пример моделируемого сигнала (квазипериодический сигнал) и его обработка при $b_2^1 = 0.97$ у.е.; $b_1 = 1.5$ у.е.; $b_3 = 0.1$ у.е.; $U_d = 40$ у.е.: А) исходный (регистрируемый) сигнал; В) фазовая плоскость сигнала в координатах x и dx/dt ; С) спектральной плотности сигнала; Д) амплитуды сигнала; Е) исходный сигнал с обработкой.

Очевидно, что именно такие небольшие интервалы могут быть и в системах регуляции биосистем (например, НМС). Табл. 1 показывает сходные результаты, но для реального испытуемого.

Если систему резко ограничить в вариациях (более жесткое управление), то мы получим матрицы парных сравнений выборок, которые очень сильно напоминают результаты с

электроэнцефалограммами (см. табл. 3). Для примера мы представляем модельную матрицу, которая получается при малых изменениях коэффициента диссипации b_2 . В матрице (см. табл. 6) мы имеем (изменения) на интервале $b_2 \in (1.100, 1.114)$. Здесь, в табл. 6, число $k=38$, это довольно большое значение для числа статистически совпадающих выборок ЭЭГ.

Таблица 6

Матрица парного сравнения выборок модельных треморограмм для разных значений коэффициента диссипации b_2 для выявления чувствительности модели (в третьем разряде)

$b_2, y.e.$	1.100	1.101	1.102	1.103	1.104	1.105	1.106	1.107	1.108	1.109	1.110	1.111	1.112	1.113	1.114
1.100		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
1.101	.00		.26	.41	.76	.15	.15	.00	.00	.00	.09	.00	.00	.00	.00
1.102	.00	.26		.93	.20	.99	.71	.00	.00	.00	.61	.06	.02	.04	.02
1.103	.00	.41	.93		.40	.46	.93	.00	.00	.00	.73	.06	.03	.12	.04
1.104	.00	.76	.20	.40		.18	.14	.00	.00	.00	.18	.01	.00	.01	.01
1.105	.00	.15	.99	.46	.18		.63	.00	.00	.00	.80	.36	.03	.13	.07
1.106	.00	.15	.71	.93	.14	.63		.00	.00	.00	.93	.20	.10	.15	.16
1.107	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
1.108	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00
1.109	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.00
1.110	.00	.09	.61	.73	.18	.80	.93	.00	.00	.00		.12	.02	.47	.05
1.111	.00	.00	.06	.06	.01	.36	.20	.00	.00	.00	.12		.88	.73	.49
1.112	.00	.00	.02	0.029	.00	.03	.10	.00	.00	.00	.02	.88		.90	.84
1.113	.00	.00	.04	0.119	.01	.13	.15	.00	.00	.00	.47	.73	.90		.81
1.114	.00	.00	.02	0.037	.01	.07	.16	.00	.00	.00	.05	.49	.84	.81	

Аналогичные результаты получаются и при изменении параметра u , но диапазоны изменения этих драйвов уже исчисляются десятками. Для примера мы представляем одну (характерную) матрицу парных сравнений выборок при изменении параметра ud в узких (для ud) пределах ud

∈ (20, 34). Табл. 7 показывает небольшое значение ($k=7$). Это приближается к ТМГ в реальном опыте. При увеличении такого интервала мы будем наблюдать резкое уменьшение числа k пар статистически совпадающих модельных выборок.

Таблица 7

Матрица парного сравнения выборок модельных треморограмм для различных значений внешнего управляющего воздействия Ud для выявления чувствительности модели

$Ud, y.e.$	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
20		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
21	.00		.02	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
22	.00	.02		.01	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
23	.00	.00	.01		.18	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
24	.00	.00	.00	.18		.06	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
25	.00	.00	.00	.00	.06		.01	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
26	.00	.00	.00	.00	.00	.01		.30	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
27	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.30		.01	.01	.00	.00	.00	.00	.00
28	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01		.07	.00	.00	.00	.00	.00
29	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.07		.01	.00	.00	.00	.00
30	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01		.10	.00	.00	.00
31	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.10		.05	.00	.00
32	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.05		.01	.00
33	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01		.09
34	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.09	

Таким образом, изменения интервалов вариаций параметров модели b и ud мы

можем получить выборки, которые будут похожи по числам k или на выборки ТМГ

(в реальном опыте), или на выборки ТПГ (где $k_{TP} \approx 3k_{TR}$). Если хаотически выбирать b (или ud) из интервалов, то мы получаем очень похожие на реальные (табл. 1) данные. В целом, моделирование ТМГ, ТПГ и КИ в рамках ККТБ дает очень похожие матрицы парных сравнений выборок. При этом мы выбирали значения на каждом дискретном интервале измерения модельных данных эти b и u хаотично при моделировании реальных ТМГ и КИ.

Именно хаос нам дает максимально приближенные (модельные данные) к реальным матрицам (вида табл. 1 и табл. 2) по параметрам k . Мы выдвигаем гипотезу, что именно так работает наш мозг (хаос и резкие перестройки) и ими управляемые НМС и ССС (а так же другие функции организма).

Имеет ли хаос и резкие перестройки (типа встряхивания) место в работе систем регуляции НМС, ССС, ЭЭГ (и т.д.) – покажут наши дальнейшие исследования. Однако очевидно, что выход этих систем (СТТ) не имеет статистической устойчивости (ЭЭЗ).

Обсуждение. Используя модели ККТБ нам удалось получить выходы системы (модельной), которые очень похожи на реальные процессы, которые демонстрируют СТТ (у нас это НМС, ССС, нейросети мозга – НСМ). Очевидно, что процессы непрерывной регуляции и перестройки происходят в любой СТТ (это доказывает ЭЭЗ). Однако хаос может быть нами использован при моделировании ЭЭЗ в рамках ККТБ. Именно компарментно-кластерные модели могут описывать работу СТТ и НСМ.

Очевидно, что хаос возникает в нейросетях мозга, где НСМ выступают как иерарх для управления любыми функциями организма человека. Далее, эти функции (включая и гомеостаз) усиливают хаотическую динамику НМС и генерируют уникальные выборки своих параметров. Эти модели ККТБ должны использовать разрывные правые части (у нас по параметрам u и b). Тогда для каждого определенного u или b мы получаем на интервале регистрации Δt_1 свою

(уникальную выборку (модельную)) ТМГ или КИ. Это показали модели в рамках ККТБ (см. табл. 4-7).

Эти модели ККТБ также показывают возможность моделирования влияния ВУВов со стороны управления НСМ. Сужение интервалов вариации u или b приводят к резкому повышению чисел k в модельных матрицах парных сравнений выборок. Сознание регулирует хаос в НМС и ССС (и других функций организма человека). Однако избавиться от хаоса СТТ (полностью) совершенно невозможно.

Уже НСМ генерирует хаос выборок ЭЭГ. Далее этот хаос усиливается и падает доля стохастичности в матрицах парных сравнений выборок ССС, НМС и т.д. Хаос – это главное свойство СТТ, поэтому моделировать в рамках ДСН очень сложно.

Выводы. За последние 20 лет доказано отсутствие статистической устойчивости выборок любых параметров биосистем. Это доказывает гипотезы *W. Weaver* о СТТ и о необходимости создания третьей науки. Сейчас эту науку мы создаем в рамках теоремы *K. Gödel* (новые понятия, модели, теории).

Уникальность выборок демонстрирует то, что прошлое уже не может определять будущее. Требуются основы ДСН и возникает проблема описания таких особых СТТ-complexity. Мы предлагаем сейчас ККТБ.

В рамках ККТБ можно получать уникальные выборки $x(t)$. Это возможно, если использовать системы уравнений с разрывной правой частью (уравнения Филиппова) [17]. При «встряхивании» (резком изменении) параметров u или b мы получаем матрицы парных сравнений выборок, которые очень похожи на реальные параметры ТМГ и КИ. Более того, регулируя величину интервалов изменения этих параметров (u или b) мы можем получить модели регуляции функций организма человека с помощью НСМ (они могут уменьшать долю хаоса в поведении $x(t)$, сознание повышает стохастичность НМС при теппинге, например).

Литература

1. Галкин В.А., Филатова О.Е., Еськов В.М., Попов Ю.М. Связи между прошлым и будущим состоянием биосистем // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2021. – № 2. – С. 14-24. DOI: 10.12737/2306-174X-2021-13-24
2. Газя Г.В., Еськов В.В., Стратан Н.Ф., Салимова Ю.В., Игнатенко Ю.С. Использование искусственных нейросетей в промышленной экологии // Вестник новых медицинских технологий. – 2021. – №2. – С. 111-114. DOI: 10.24412/1609-2163-2021-2-111-114.
3. Горбунова М.Н., Мордвинцева А.Ю., Веденева Т.С., Воробей О.А., Мандрыка И.А. Проблема однородности выборок произвольных и непроизвольных движений человека // Вестник новых медицинских технологий. – 2021. – №1. – С. 60-63. DOI: 10.24412/1609-2163-2021-1-60-63.
4. Еськов В.В. Математическое моделирование гомеостаза и эволюции *complexity*: монография. Тула: Издательство ТулГУ, 2016. – 307 с.
5. Еськов В.В., Пятин В.Ф., Филатова Д.Ю. Башкатова Ю.В. Хаос параметров гомеостаза сердечно-сосудистой системы человека / Самара: Изд-во ООО «Порто-Принт», 2018, – 312 с.
6. Еськов В.В., Башкатова Ю.В., Шакирова Л.С., Веденева Т.С., Мордвинцева А.Ю. Проблема стандартов в медицине и физиологии // Архив клинической медицины. – 2020. – Т. 29, № 3. – С. 211-216.
7. Еськов В.В., Пятин В.Ф., Шакирова Л.С., Мельникова Е.Г. Роль хаоса в регуляции физиологических функций организма / Под ред. А.А. Хадарцева. Самара: ООО «Порто-принт», 2020. – 248 с.
8. Еськов В.В., Галкин В.А., Филатова О.Е., Шакирова Л.С., Хвостов Д.Ю. Моделирование эвристической деятельности мозга человека // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2021. – № 1. – С. 13-24. DOI: 10.12737/2306-174X-2021-9-17
9. Еськов В.М., Галкин В.А., Филатова О.Е. Complexity: хаос гомеостатических систем / Под ред. Г.С. Розенберга. Самара: Изд-во ООО «Порто-принт», 2017. – 388 с.
10. Еськов В.М., Галкин В.А., Филатова О.Е. Конец определенности: хаос гомеостатических систем / Под ред. Хадарцева А.А., Розенберга Г.С. Тула: изд-во Тульское производственное полиграфическое объединение, 2017. – 596 с.
11. Еськов В.М., Галкин В.А., Пятин В.Ф., Филатов М.А. Организация движений: стохастика или хаос? / Под. ред. член-корр. РАН, д.биол.н., профессора Г.С. Розенберга. Самара: Издательство ООО «Порто-принт», 2020. – 144 с.
12. Еськов В.М., Колосова А.И., Фадюшина С.И., Мордвинцева А.Ю. Хаотическая динамика ритмики сердца // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2021. – № 1. – С. 25-34. DOI: 10.12737/2306-174X-2021-18-28
13. Еськов В.М., Галкин В.А., Филатова О.Е. Великие проблемы Гинзбурга и биомедицинские науки // Вестник новых медицинских технологий. – 2021. – №2. – С. 115-120. DOI: 10.24412/1609-2163-2021-2-115-120.
14. Козлова В.В., Галкин В.А., Филатов М.А., Еськов В.М. Моделирование нейросетей мозга с позиций гипотезы W. Weaver // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2021. – № 1. – С. 59-68. DOI: 10.12737/2306-174X-2021-52-59
15. Пятин В. Ф., Еськов В. В., Филатова О. Е., Башкатова Ю. В. Новые представления о гомеостазе и эволюции гомеостаза // Архив клинической и экспериментальной медицины. – 2019. – Т. 28, № 1. – С. 21-27.
16. Филатов М.А., Прохоров С.А., Ивахно Н.В., Головачева Е.А., Игнатенко А.П. Возможности моделирования статистической неустойчивости выборок в физиологии // Вестник новых медицинских технологий. – 2020. – № 2. – С. 120-124. DOI: 10.24411/1609-2163-2020-16668.

17. Филиппов А.Ф. Обыкновенные дифференциальные уравнения с разрывными правыми частями // *Мат. сб.* – 1960. – Т. 51, №4. – С. 101-128.
18. Чемпалова Л.С., Яхно Т.А., Манина Е.А., Игнатенко А.П., Оразбаева Ж.А. Гипотеза W. Weaver при изучении произвольных и непроизвольных движений // *Вестник новых медицинских технологий.* – 2021. – № 1. – С. 75-77. DOI: 10.24412/1609-2163-2021-1-75-77
19. Шакирова Л.С., Манина Е.А., Веденева Т.С., Миллер А.В., Лупынина Е.Ю. Системный синтез в оценке транспиротных перемещений учащихся Югры // *Вестник новых медицинских технологий.* – 2021. – №1. – С. 72-74. DOI: 10.24412/1609-2163-2021-1-72-74.
20. Eskov V.V., Filatova O.E., Gavrilenko T.V., 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. DOI:10.1134/S0006350917060057
21. 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. DOI: 10.3103/S0027134919010089
22. Eskov V.V., Filatova O.E., Bashkatova Y.V., Filatova D.Y., Ilyashenko L.K. Age-related changes in heart rate variability among residents of The Russian North // *Human Ecology.* – 2019. – Vol. 2. – Pp. 21-26. DOI:10.33396/1728-0869-2019-2-21-26
23. Eskov V.M. Automatic identification of differential-equations simulating the behavior of neuron circuits // *Measurement techniques.* – 1994. – Vol. 37(3). – Pp. 359-364. DOI: 10.1007/BF02614280
24. Eskov V.M. Models of hierarchical respiratory neuron networks // *Neurocomputing.* – 1996. – Vol. 11(2-4). – Pp. 203-226. DOI: 10.1016/0925-2312(95)00048-8
25. 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. DOI: 10.1007/S11018-011-9812-Y
26. Eskov V.M., Eskov V.V., Vochmina J.V., Gavrilenko T.V. The evolution of the chaotic dynamics of collective modes as a method for the behavioral description of living systems // *Moscow university physics bulletin.* – 2016. – Vol. 71(2). – Pp. 143-154. DOI: 10.3103/S0027134916020053
27. 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. DOI: 10.3103/S0027134917030067
28. 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. DOI:10.1134/S0006350917050074
29. Eskov V.M., Zinchenko Y.P., Filatov M.A., Ilyashenko L.K. Glansdorff-Prigogine theorem in the description of tremor chaotic dynamics in cold stress // *Human ecology.* – 2017. – Vol. 5. – Pp. 27-32. DOI:10.33396/1728-0869-2017-5-27-32
30. 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.
31. Eskov V.M., Bashkatova Y.V., Beloshchenko D.V., Ilyashenko L.K. Cardiontervals parameters of human body in response to hypothermia // *Human Ecology.* – 2018. – Vol. 10. – Pp. 39-45. DOI:10.33396/1728-0869-2018-10-39-45
32. Eskov V.M., Gudkov A.B., Filatov M.A., Eskov V.V. Principles of homeostatic regulation of functions in human ecology

- // Human Ecology. – 2019. – Vol. 10. – Pp. 41-49. DOI:10.33396/1728-0869-2019-10-41-49
33. 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 // Human Ecology. – 2019. – Vol. 6. – Pp. 39-44. DOI:10.33396/1728-0869-2019-6-39-44
34. 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. DOI:10.1134/S0006350919020064
35. Filatov M.A., Ilyashenko L.K., Kolosova A.I., Makeeva S.V. Stochastic and chaotic analysis of students' attention parameters of different ecological zones // Human Ecology. – 2019. – Vol. 7. – Pp. 11-16. DOI:10.33396/1728-0869-2019-7-11-16
36. Filatov M.A., Ilyashenko L.K., Makeeva S.V. Psychophysiological parameters of students before and after translatititude travels // Human Ecology. – 2019. – Vol. 4. – Pp. 18-24. DOI:10.33396/1728-0869-2019-4-18-24
37. 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 // Human ecology. – 2018. – Vol. 4. – Pp. 30-35. DOI:10.33396/1728-0869-2018-4-30-35
38. Filatova O.E. Standardizing measurements of the parameters of mathematical models of neural networks // Measurement techniques. – 1997. – Vol. 40(1). – Pp. 55-59. DOI: 10.1007/BF02505166
39. Filatova O.E. Measurement and control facilities for investigating neuron systems // Measurement techniques. – 1998. – Vol. 41(3). – Pp. 229-232. DOI: 10.1007/BF02503888
40. 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. DOI:10.15593/RJBiomech/2017.3.03
41. 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. DOI:10.1134/S0006350918020082
42. Filatova O.E., Berestin D.K., Ilyashenko L.K., Bashkatova Yu.V. The influence of hypothermia on the parameters of the electromyogram at low muscle tone state // Human Ecology. – 2019. – Vol. 5. – Pp.43-48. DOI:10.33396/1728-0869-2019-5-43-48
43. Filatova O.E., Pyatin V.F., Filatov M.A., Shakirova L.S. Effect of low temperature on cardiointervals during physical training in men // Human Ecology. – 2021. – Vol. 1. – Pp. 17-21. DOI:10.33396/1728-0869-2021-1-17-21
44. Grigorenko V.V., Eskov V.M., Nazina N.B., Egorov A.A. Information-analytical system of cardiographic information functional diagnostics // Journal of Physics: Conference Series. – 2020. – Vol. 1515. – Pp. 052027 DOI:10.1088/1742-6596/1515/5/052027
45. Khadartseva K.A., Filatov M.A., Melnikova E.G. The problem of homogenous sampling of cardiovascular system parameters among migrants in the Russian North // Human Ecology. – 2020. – Vol. 7. – Pp. 27-31. DOI:10.33396/1728-0869-2020-7-27-31
46. 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. DOI:10.1134/S0006350919040067
47. Shakirova L.S., Filatova D.Yu., Ilyashenko L.K., Bashkatova Yu.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 // Human Ecology. – 2018. – Vol. 11. – Pp.

- 32-36. DOI:10.33396/1728-0869-2018-11-32-36
48. 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. DOI: 10.1007/S11018-015-0735-X
49. Weaver W. Science and Complexity // American Scientist. – 1948. – Vol. 36. – Pp. 536-544.
50. 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). DOI: 10.1007/S10517-017-3723-0
51. 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. DOI: 10.1007/S10517-017-3937-1
52. Zilov V.G., Khadartsev A.A., Eskov V.V., Ilyashenko L.K., Kitanina K.Yu. Examination of statistical instability of electroencephalograms // Bulletin of experimental biology and medicine. – 2019. – Vol. 168(7). – Pp. 5-9. DOI: 10.1007/s10517-019-04633-7
53. 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. – 165(4). – Pp. 415-418. DOI: 10.1007/s10517-018-4183-x
2. Gazyu G.V., Es'kov V.V., Stratan N.F., Salimova Yu.V., Ignatenko Yu.S. Ispol'zovanie iskusstvennykh neirosetei v promyshlennoi ekologii [The use of artificial neural networks in industrial ecology] // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii [Bulletin of new medical technologies]. – 2021. – T. 28, № 2. – S.111-114. DOI: 10.24412/1609-2163-2021-2-111-114
3. Gorbunova M.N., Mordvintseva A.Yu., Vedeneeva T.S., Vorobey O.A., Mandryka I.A. Problema odnorodnosti vyborok proizvod'nykh i neproizvod'nykh dvizhenii cheloveka [The problem of uniformity of samples of voluntary and involuntary human movements] // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii [Bulletin of new medical technologies]. – 2021. – T. 28, No. 1. – S. 60-63. DOI: 10.24412 / 1609-2163-2021-1-60-63.
4. Eskov V.V. Matematicheskoe modelirovanie gomeostaza i evolyutsii complexity [Mathematical modeling of homeostasis and evolution of complexity] / Tula: Publishing house of TulSU, 2016. – 307 s.
5. Eskov V.V., Pyatin V.F., Filatova D.Yu. Bashkatova Yu.V. Khaos parametrov gomeostaza serdechno-sosudistoi sistemy cheloveka [Chaos of homeostasis parameters of the human cardiovascular system] / Samara: Publishing house of Porto-Print LLC, 2018. – 312 s.
6. Eskov V.V., Bashkatova Yu.V., Shakirova L.S., Vedeneeva TS, Mordvintseva A.Yu. Problema standartov v meditsine i fiziologii [The problem of standards in medicine and physiology] // Arkhiv klinicheskoi i eksperimental'noi meditsiny [Archives of Clinical and Experimental Medicine]. – 2020. – T. 29, No. 3. – S. 211-216.
7. Eskov V.V., Pyatin V.F., Shakirova L.S., Melnikova E.G. Rol' khaosa v regulyatsii fiziologicheskikh funktsii organizma [The role of chaos in the regulation of physiological functions of the body] / A.A. Khadartseva. Samara: Porto-print LLC, 2020. – 248 s.
8. Es'kov V.V., Galkin V.A., Filatova O.E., Shakirova L.S., Khvostov D.Yu.

References

1. Galkin V.A., Filatova O.E., Es'kov V.M., Popov Yu.M. Svyazi mezhdu proshlym i budushchim sostoyaniem biosistem [Relations between the past and future state of biosystems] // Slozhnost'. Razum. Postneklassika [Complexity. Mind. Postnonclassic]. – 2021. – № 2. – S. 14-24. DOI: 10.12737/2306-174X-2021-13-24

- Modelirovanie evristicheskoi deyatelnosti mozga cheloveka [Modeling of heuristic activity of the human brain] // Slozhnost'. Razum. Postneklassika [Complexity. Mind. Postnonclassic]. – 2021. – № 1. – S. 13-24. DOI: 10.12737/2306-174X-2021-9-17
9. Eskov V.M., Galkin V.A., Filatova O.E. Complexity: khaos gomeostaticheskikh sistem [Complexity: Chaos of Homeostatic Systems] / G.S. Rosenberg. Samara: Publishing house of LLC "Porto-print", 2017. – 388 s.
 10. Eskov V.M., Galkin V.A., Filatova O.E. Konets opredelennosti: khaos gomeostaticheskikh sistem [The End of Certainty: Chaos of Homeostatic Systems] / Khadartseva A.A., Rosenberg G.S. Tula: publishing house Tula printing production association, 2017. – 596 s.
 11. Eskov V.M., Galkin V.A., Pyatin V.F., Filatov M.A. Organizatsiya dvizhenii: stokhastika ili khaos? [Organization of movements: stochastic or chaos?] / G.S. Rosenberg. Samara: Publishing house LLC "Porto-print", 2020. – 144 s.
 12. Es'kov V.M., Kolosova A.I., Fadyushina S.I., Mordvintseva A.Yu. Khaoticheskaya dinamika ritmiki serdtsa [Chaotic dynamics of heart rhythm] // Slozhnost'. Razum. Postneklassika [Complexity. Mind. Postnonclassic]. – 2021. – № 1. – S. 25-34. DOI: 10.12737/2306-174X-2021-18-28
 13. Es'kov V.M., Galkin V.A., Filatova O.E. Velikie problemy Ginzburga i biomeditsinskie nauki [Ginzburg's great problems and biomedical sciences] // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii [Bulletin of new medical technologies]. – 2021. – T. 28, №2. – S. 115-120. DOI: 10.24412/1609-2163-2021-2-115-120.
 14. Kozlova V.V., Galkin V.A., Filatov M.A., Eskov V.M. Modelirovanie neurosetei mozga s pozitsii gipotezy W. Weaver [Modeling of neural networks of the brain from the standpoint of W. Weaver's hypothesis] // Slozhnost'. Razum. Postneklassika [Complexity. Mind. Postnonclassics]. – 2021. – No. 1. – S. 59-68. DOI: 10.12737 / 2306-174X-2021-52-59
 15. Pyatin VF, Eskov VV, Filatova OE, Bashkatova Yu. V. Novye predstavleniya o gomeostaze i evolyutsii gomeostaza [New ideas about homeostasis and the evolution of homeostasis] // Arkhiv klinicheskoi i eksperimental'noi meditsiny [Archives of Clinical and Experimental Medicine]. – 2019. – T. 28, No. 1. – S. 21-27.
 16. Filatov M.A., Prokhorov S.A., Ivakhno N.V., Golovacheva E.A., Ignatenko A.P. Vozmozhnosti modelirovaniya statisticheskoi neustoichivosti vyborok v fiziologii [Possibilities of modeling statistical instability of samples in physiology] // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii [Bulletin of new medical technologies]. – 2020. – No. 2. – S. 120-124. DOI: 10.24411/1609-2163-2020-16668.
 17. Filippov A.F. Obyknovennye differentsial'nye uravneniya s razryvnymi pravymi chastyami [Ordinary differential equations with discontinuous right-hand sides] // Mat. sb. [Mathematical collection] – 1960. – T. 51, №4. – S. 101-128.
 18. Chempalova L.S., Yakhno T.A., Manina E.A., Ignatenko A.P., Orazbaeva Zh.A. Gipoteza W. Weaver pri izuchenii proizvol'nykh i neproizvol'nykh dvizhenii [W. Weaver's hypothesis in the study of voluntary and involuntary movements] // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii [Bulletin of new medical technologies]. – 2021. – T. 28, No. 1. – S. 75-77. DOI: 10.24412 / 1609-2163-2021-1-75-77
 19. Shakirova L.S., Manina E.A., Vedeneva T.S., Miller A.V., Lupynina E.Yu. Sistemnyi sintez v otsenke transshirotnykh peremeshchenii uchashchikhsya Yugry [System synthesis in the assessment of trans-latitude movements of Ugra students] // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii [Bulletin of new medical technologies]. – 2021. – T. 28, No. 1. – S. 72-74. DOI: 10.24412 / 1609-2163-2021-1-72-74.
 20. Eskov V.V., Filatova O.E., Gavrilenko T.V., 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. DOI:10.1134/S0006350917060057
21. 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. DOI: 10.3103/S0027134919010089
 22. Eskov V.V., Filatova O.E., Bashkatova Y.V., Filatova D.Y., Ilyashenko L.K. Age-related changes in heart rate variability among residents of The Russian North // *Human Ecology*. – 2019. – Vol. 2. – Pp. 21-26. DOI:10.33396/1728-0869-2019-2-21-26
 23. Eskov V.M. Automatic identification of differential-equations simulating the behavior of neuron circuits // *Measurement techniques*. – 1994. – Vol. 37(3). – Pp. 359-364. DOI: 10.1007/BF02614280
 24. Eskov V.M. Models of hierarchical respiratory neuron networks // *Neurocomputing*. – 1996. – Vol. 11(2-4). – Pp. 203-226. DOI: 10.1016/0925-2312(95)00048-8
 25. 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. DOI: 10.1007/S11018-011-9812-Y
 26. Eskov V.M., Eskov V.V., Vochmina J.V., Gavrilenko T.V. The evolution of the chaotic dynamics of collective modes as a method for the behavioral description of living systems // *Moscow university physics bulletin*. – 2016. – Vol. 71(2). – Pp. 143-154. DOI: 10.3103/S0027134916020053
 27. 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. DOI: 10.3103/S0027134917030067
 28. 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. DOI:10.1134/S0006350917050074
 29. Eskov V.M., Zinchenko Y.P., Filatov M.A., Ilyashenko L.K. Glansdorff-Prigogine theorem in the description of tremor chaotic dynamics in cold stress // *Human ecology*. – 2017. – Vol. 5. – Pp. 27-32. DOI:10.33396/1728-0869-2017-5-27-32
 30. 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.
 31. Eskov V.M., Bashkatova Y.V., Beloshchenko D.V., Ilyashenko L.K. Cardiovital parameters of human body in response to hypothermia // *Human Ecology*. – 2018. – Vol. 10. – Pp. 39-45. DOI:10.33396/1728-0869-2018-10-39-45
 32. Eskov V.M., Gudkov A.B., Filatov M.A., Eskov V.V. Principles of homeostatic regulation of functions in human ecology // *Human Ecology*. – 2019. – Vol. 10. – Pp. 41-49. DOI:10.33396/1728-0869-2019-10-41-49
 33. 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 // *Human Ecology*. – 2019. – Vol. 6. – Pp. 39-44. DOI:10.33396/1728-0869-2019-6-39-44
 34. 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. DOI:10.1134/S0006350919020064
 35. Filatov M.A., Ilyashenko L.K., Kolosova A.I., Makeeva S.V. Stochastic and chaotic analysis of students’ attention parameters of different ecological zones // *Human Ecology*. – 2019. – Vol. 7. – Pp. 11-16. DOI:10.33396/1728-0869-2019-7-11-16

36. Filatov M.A., Ilyashenko L.K., Makeeva S.V. Psychophysiological parameters of students before and after translatitudinal travels // *Human Ecology*. – 2019. – Vol. 4. – Pp. 18-24. DOI:10.33396/1728-0869-2019-4-18-24
37. 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 // *Human ecology*. – 2018. – Vol. 4. – Pp. 30-35. DOI:10.33396/1728-0869-2018-4-30-35
38. Filatova O.E. Standardizing measurements of the parameters of mathematical models of neural networks // *Measurement techniques*. – 1997. – Vol. 40(1). – Pp. 55-59. DOI: 10.1007/BF02505166
39. Filatova O.E. Measurement and control facilities for investigating neuron systems // *Measurement techniques*. – 1998. – Vol. 41(3). – Pp. 229-232. DOI: 10.1007/BF02503888
40. 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. DOI:10.15593/RJBiomech/2017.3.03
41. 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. DOI:10.1134/S0006350918020082
42. Filatova O.E., Berestin D.K., Ilyashenko L.K., Bashkatova Yu.V. The influence of hypothermia on the parameters of the electromyogram at low muscle tone state // *Human Ecology*. – 2019. – Vol. 5. – Pp.43-48. DOI:10.33396/1728-0869-2019-5-43-48
43. Filatova O.E., Pyatin V.F., Filatov M.A., Shakirova L.S. Effect of low temperature on cardiointervals during physical training in men // *Human Ecology*. – 2021. – Vol. 1. – Pp. 17-21. DOI:10.33396/1728-0869-2021-1-17-21
44. Grigorenko V.V., Eskov V.M., Nazina N.B., Egorov A.A. Information-analytical system of cardiographic information functional diagnostics // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2020. – Vol. 1515. – Pp. 052027 DOI:10.1088/1742-6596/1515/5/052027
45. Khadartseva K.A., Filatov M.A., Melnikova E.G. The problem of homogenous sampling of cardiovascular system parameters among migrants in the Russian North // *Human Ecology*. – 2020. – Vol. 7. – Pp. 27-31. DOI:10.33396/1728-0869-2020-7-27-31
46. 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. DOI:10.1134/S0006350919040067
47. Shakirova L.S., Filatova D.Yu., Ilyashenko L.K., Bashkatova Yu.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 // *Human Ecology*. – 2018. – Vol. 11. – Pp. 32-36. DOI:10.33396/1728-0869-2018-11-32-36
48. 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. DOI: 10.1007/S11018-015-0735-X
49. Weaver W. *Science and Complexity* // *American Scientist*. – 1948. – Vol. 36. – Pp. 536-544.
50. 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). DOI: 10.1007/S10517-017-3723-0
51. 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.
DOI: 10.1007/S10517-017-3937-1
52. Zilov V.G., Khadartsev A.A., Eskov V.V., Ilyashenko L.K., Kitanina K.Yu. Examination of statistical instability of electroencephalograms // Bulletin of experimental biology and medicine. – 2019. – Vol. 168(7). – Pp. 5-9. DOI: 10.1007/s10517-019-04633-7
53. 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. – 165(4). – Pp. 415-418. DOI: 10.1007/s10517-018-4183-x