

НОВЫЕ ПОДХОДЫ В МАТЕМАТИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ БИОСИСТЕМВ.А. ГАЛКИН¹, Ю.М. ПОПОВ², В.В. ГРИГОРЕНКО³, М.В. АРХИПКИНА³

¹ФГУ «ФНЦ Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук». Обособленное подразделение «ФНЦ НИИСИ РАН» в г. Сургуте, ул. Базовая, 34, Сургут, Россия, 628400

²ФГБОУ ВО «Самарский государственный социально-педагогический университет», г. Самара, ул. М. Горького, 65/67, Россия, 443099, E-mail: kafedra_afgch@mail.ru

³БУ ВО ХМАО-Югры «Сургутский государственный университет», ул. Ленина, 1, Сургут, Россия, 628400

Аннотация. Усилия двух выдающихся ученых (W. Weaver и Н.А. Бернштейна) в 40-х годах 20-го века обеспечили проверку перспектив дальнейшего использования любых методов стохастики в изучении параметров биосистем. Была доказана потеря статистической устойчивости выборок параметров организации движений, а затем и любых других параметров функций организма человека. Был доказан особый эффект Еськова-Зинченко для любых $x_i(t)$ параметров организма. Они образуют вектор состояния организма $x=x(t)=(x_1, x_2, \dots, x_m)^T$ в m -мерном фазовом пространстве состояний. Возникает необходимость создания новой теории и новых моделей для моделирования статистически неустойчивых биосистем. Доказана реальность гипотезы W. Weaver о системах третьего типа, которую он предложил в 1948 г. Эти системы не могут быть описаны в рамках стохастики и детерминизма.

Ключевые слова: тремор, псевдоаттрактор, неопределенность 2-го типа, эффект Еськова-Зинченко.

NEW APPROACHES IN BIOSYSTEMS MATHEMATICAL MODELINGV.A. GALKIN¹, Yu.M. POPOV², V.V. GRIGORENKO³, M.V. ARKHIPKINA³

¹Federal Science Center Scientific-research Institute for System Studies of the Russian Academy of Sciences, Bazovaya st, 34, Surgut, Russia, 628400

²Samara State University of Social Sciences and Education, 65/67, Maxim Gorky St., Samara, Russia, 443099, E-mail: kafedra_afgch@mail.ru

³Surgut state University, Lenin pr., 1, Surgut, Russia, 628400

Abstract. The efforts of two outstanding scientists (W. Weaver and N.A. Bernstein) in the 40s of the 20th provided a verification of the prospects for the further use of any stochastic methods in the study of the biosystems parameters. The loss of statistical stability of movement organization parameters samples, the same as other parameters of the human body functions was proved. The Eskov-Zinchenko effect was proved for any $x_i(t)$ parameters of the organism. Parameters form the vector of the organism state $x=x(t)=(x_1, x_2, \dots, x_m)^T$ in the m -dimensional phase space of states. There is a need to develop a new theory and new models for statistically unstable biosystems modeling. The reality of W. Weaver's hypothesis about systems of the third type, proposed in 1948, has been proven. These systems cannot be described within stochastics and determinism.

Key words: tremor, type 2 uncertainty, pseudoattractors, Eskov-Zinchenko effect.

Введение. В 40-х годах 20-го века выходят две замечательные работы, которые пытались обратить внимание физиков и математиков на специфику поведения биосистем. Е. Schrodinger ставит вопрос о редукции живых систем (познаваемы ли они с позиций физики?). Первая работа Н.А. Бернштейна [17] формирует гипотезу о «повторении без повторений» в биомеханике. Во второй публикации W. Weaver представляет общую

классификацию всех систем в живой и неживой природе.

W. Weaver впервые в истории развития науки выделяет все живые системы в отдельный класс: системы третьего типа (СТТ) [41]. Эти СТТ по мнению W. Weaver не являются детерминистскими или стохастическими системами, т.к. для них необходимо построить другую теорию и другие математические модели. Эта другая теория должна была особым образом

описывать СТТ, но за эти более 70-ти лет такая теория для СТТ не была построена. Все биосистемы сейчас обычно изучаются в рамках стохастики, если проводятся эксперименты и наблюдения.

Очевидно, что для построения новой теории необходимо было доказать особые свойства СТТ и тогда уже пытаться их описывать. Эти новые свойства были открыты 20-25 лет назад и они проявляются в отсутствии статистической устойчивости выборок параметров организма сначала в биомеханике [2, 6, 7-10, 13, 15, 19, 22, 29-30], а затем и во всей биологии и медицины [1-5, 7-8, 11, 12, 16, 18, 19, 21, 23-27, 35, 36, 42, 43]. Это получило название эффекта Еськова-Зинченко (ЭЕЗ), который действительно выходит за рамки детерминистской и стохастической науки (ДСН) и требует создания новых моделей и новой теории для описания СТТ [1-15].

1. Гипотезы, которые не подтверждались более 70 лет. В своей работе Е. Schrodinger впервые пытался выполнить редукцию, т.е. поставил проблему в описании живых систем с позиций физики. Позже V.L. Ginzburg [33] включил эту проблему в список трех «великих» проблем физики (проблема возрастания энтропии, проблема интерпретации квантовой механики и проблема редукции- связь физики и биологии). Подчеркнем, что нобелевский лауреат, физик V.L. Ginzburg выделял эту проблему в особо важную и пока никем не решаемую [33].

Одновременно, 2-й нобелевский лауреат Roger Penrose особым образом выделял системы, которые статистически неустойчивы: «Что означает “вычислимость”, когда в качестве входных и выходных данных допускаются непрерывно изменяющиеся параметры?» [36]. Одновременно два других нобелевских лауреата (I.R Prigogine [37, 38] и M. Gell-Mann [32]) доказывали, что динамические модели (вы рамках детерминистского подхода) не могут описывать биосистемы. Они возлагали большие надежды (вместе с выдающимся американским физиком J.A.Wheeler [40]) на динамический хаос Лоренца. Однако как

мы показали теперь [4-9] эти надежды не оправдались. В аттракторах Лоренца нет непрерывного изменения статистических функций, что характерно для ЭЕЗ [1-4, 6-10].

Таким образом, сейчас можно констатировать, что гипотеза Н.А. Бернштейна [17] о «повторении без повторений» в биомеханике и гипотеза W.Weaver [41] о системах третьего типа действительно доказаны в рамках ЭЕЗ. Статистическая неустойчивость выборок треморограмм (ТМГ) и теппинграмм (ТПГ), о которых мы будем говорить ниже, выводит СТТ (живые системы) за пределы ДСН! Эти СТТ невозможно описывать в рамках не только стохастики, но и динамического хаоса Лоренца [4-9]. Необходим новый математический аппарат и новые модели для описания и моделирования статистической неустойчивости СТТ [7-12]. Один из возможных путей развития новой теории – это разработка теории хаоса-самоорганизации (ТХС), которая описывает СТТ в рамках анализа принципа неопределенности Гейзенберга и нового понятия «псевдоаттрактора» [10, 25-27]. **Целью** исследования является введение биологического аналога принципа неопределенности Гейзенберга в биомеханику и демонстрация его (как метода) работы на примере эффекта Еськова-Зинченко (статистической неустойчивости параметров треморограм при многократных измерениях постурального тремора у одного испытуемого в двух разных гомеостазах).

2. Методы исследования биосистем. В данном исследовании мы представляем результаты многократных регистраций треморограмм у каждого из 15-ти испытуемых (женщины, средний возраст 31 год), которые регулярно занимаются спортом (не ниже 1-го взрослого разряда и стаж этих занятий не менее 10-и лет). Эти спортсмены регулярно (не менее 3-х раз в неделю) занимаются физическими упражнениями (не менее 1-го часа, и более).

Регистрация постурального тремора осуществлялась с помощью

измерительного комплекса на базе токовых датчиков и металлической пластины, которая жестко крепится к пальцу испытуемого. Данный измерительный комплекс был уже ранее описан нами [2-10], поэтому отметим только, что он имеет высокую точность регистрации движений (погрешность измерения координаты $x_1(t)$ не более 0,01 мм, а частотный диапазон охватывает от 0 Гц до 1000 Гц включительно).

Период T квантования регистрируемых *треморграмм* - ТМГ $T=0,01$ сек (с помощью аналогово-цифрового преобразователя, что снижает верхнюю границу регистрации $x_1(t)$ по частоте, но и этих 100 Гц вполне достаточно, т.к. в наших исследованиях амплитудно-частотные характеристики тремора не выходили за пределы 1-20 Гц) и в каждом файле ТМГ мы имеем не менее 500 точек для первой фазовой координаты $x_1(t)$. По специальной (официально зарегистрированной) программе мы рассчитывали скорость изменения $x_1(t)$ в виде $x_2(t)=dx_1/dt$ и строили фазовые портреты в координатах вектора $x(t)=(x_1, x_2)^T$ для всех ТМГ, полученных в каждом измерении. Всего для каждого испытуемого, находящегося в одном (неизменном) состоянии (гомеостазе), мы строили 225 фазовых портретов для 15-ти серий экспериментов с 15-ю повторами регистрации выборок ТМГ в каждой такой серии (по 500 точек в каждой такой выборке ТМГ для одного испытуемого). В этом случае мы одновременно проверяем гипотезу Н.А. Бернштейна «о повторении без повторений» [17] и доказываем эффект Еськова-Зинченко [1-15] в биомеханике (который сейчас мы распространяем и на различные другие биосистемы [20-31]).

Одновременно наша программа ЭВМ рассчитывала параметры полученных псевдоттракторов, которые представляли аналог принципа неопределенности Гейзенберга (из квантовой механики). Напомним, что для сопряженных величин $x_1(t)$ и $p=mx_2(t)$, где m -масса частицы, Гейзенберг записал неравенство $\Delta x_1 \times \Delta p \geq h/4\pi$. Если массу частицы перенести в правую часть (и считать ее

неизменной), то мы получим $\Delta x_1 \times \Delta x_2 \geq h/4\pi m = Z$, где Z - некоторая константа (для конкретной частицы с ее массой m). Мы постулируем, что в биомеханике тоже имеется неопределенность для фазовых координат, но в виде $Z_{min} < \Delta x_1 \times \Delta x_2 < Z_{max}$, где Z_{min} и Z_{max} - некоторые константы (характеризуют состояние нервно-мышечной системы конкретного человека в конкретном (неизменном) гомеостазе), а Δx_1 и Δx_2 представляют вариационные размахи по этим фазовым координатам (для данного испытуемого) [1-15, 20-31, 42, 43] (фактически Δx_1 - это интервал неопределенности в изменении x_i для конкретного испытуемого в конкретном гомеостазе H_1). Подчеркнем, что до настоящего времени все измерения в биомедицине проводятся в рамках детерминистских и стохастических моделей [18, 19].

Более подробно формализация этого подхода изложена в ряде наших публикаций [1-15, 21-30, 35, 42, 43]. Существенно, что для биомеханических систем (например, тремора) мы никогда не получим повтора начального состояния $x(t_0)$ в момент $t=t_0$ и нет произвольного повтора статистических функций распределений $f(x)$ для получаемых подряд у одного испытуемого выборок ТМГ. Однако, для конкретного (неизменного) гомеостаза легко получить одинаковые (в новом смысле этого слова, т.е. с позиции ТХС) параметры *квазиаттракторов* (КА) треморограмм. Именно КА и должны (в новой теории хаоса-самоорганизации - ТХС) представлять гомеостаз НМС или его изменения, если человек реально переходит из одного гомеостаза H_1 в другой гомеостаз $H_2 (H_1 \neq H_2)$.

3. Математическое описание гомеостаза. В качестве изменений таких физических условий мы предлагаем испытуемым груз весом $F_2=3H$, который крепится к пальцу (с пластиной) и который существенно изменял всю биомеханическую систему. До некоторого времени критерием таких изменений традиционно в стохастике были статистические функции $f(x)$ получаемых выборок ТМГ или их *спектральные*

плотности сигнала (СПС), или их автокорреляции $A(t)$. Все эти статистические характеристики у нас рассчитывались для всех испытуемых (для $f(x)$, СПС, $A(t)$) и при этом мы получали хаотический калейдоскоп их значений [3-6, 26-30]. Тогда возникает главная проблема всего естествознания (и биомеханики в частности): какие из этих характеристик и функций брать, что мы вообще использовали в биологии и медицине до настоящего времени? Разовые (уникальные) выборки и их статистические характеристики? Ответы на эти вопросы мы демонстрируем в наших полученных результатах исследований с позиции новой ТХС [1-16, 20-31, 35, 42, 43]. На стохастическую неустойчивость неоднократно обращал внимание Г.Р. Иваницкий [34] и I.R. Prigogine [37, 38], однако описание таких систем не выходило за рамки детерминизма и стохастики.

Результаты исследования. Прежде всего необходимо подчеркнуть, что мы не можем повторить произвольно две выборки подряд, как относящиеся к одной генеральной совокупности, не только в рамках сравнений статистических функций распределения $f(x)$, т.е. в виде $f_j(x_i)=f_{j+1}(x_i)$ для любых j -х и $j+1$ -х выборок, но мы не можем произвольно получить и две одинаковые спектральные плотности

сигнала таких двух выборок. В качестве иллюстрации этого тезиса приводим общий итог сравнения 15-ти серий выборок ТМГ у спортсмена, где представлены число $k_{j=4}$ пар совпадений (статистических, т.е. такие две выборки отнесли к одной генеральной совокупности) выборок k_{1j} ($j=1, 2, \dots, 15$) без нагрузки (а $k_{2j}=8$ с нагрузкой $F_3=3H$). Подчеркнем, что речь идет в целом о 15-ти матрицах пар сравнения ТМГ у одного человека (в неизменном гомеостазе H_1) исходно с $F_1=0$, а затем с $F_2=3H$, где тоже рассчитывались 15 матриц парных выборок ТМГ.

Это означает, что если мы 15 раз подряд у одного и того же испытуемого, находящегося в одинаковом гомеостазе H_1 (его организм якобы без изменений) получим 15 ТМГ, то для этих 15-ти выборок ТМГ мы можем рассчитать одну матрицу парных сравнений выборок (см. табл. 1). Затем мы повторяем такие серии j -раз ($j=1, \dots, 15$) и получим сначала 15 матриц для $F_1=0$, и затем 15 матриц для $F_2=3H$ (и так для каждого испытуемого, по 30 серий – матриц парных сравнений выборок, подобных табл.1, где $k_{j=4}$). Результат общего расчета таких повторов для каждого испытуемого всегда дает $k_{2j}>k_{1j}$. Далее для этих ТМГ мы рассчитывали СПС, и автокорреляции $A(t)$.

Таблица 1

Пример матрицы парного сравнения треморограмм испытуемого БАЕ (без нагрузки, число повторов $N=15$), использовался критерий Вилкоксона (значимость $p<0,05$, число совпадений $k_{j=4}$)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		,00	,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	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	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
4	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
9	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,77
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,68	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	0,68		0,00
15	0,00	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	

Таблица 2

**Пример матрицы парного сравнения спектральной плотности треморограмм
испытуемого БАЕ (без нагрузки, число повторов N=15), использовался критерий
Вилкоксона (значимость $p < 0,05$, число совпадений $k_3=29$)**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0,00	0,00	0,00	0,10	0,35	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08
2	0,00		0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,11	0,07	0,52	0,10	0,98	0,00	0,00
3	0,00	0,07		0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,01	0,76	0,55	0,01	0,31	0,00	0,00
4	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,10	0,00	0,00	0,00		0,50	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33
6	0,35	0,00	0,00	0,00	0,50		0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,92
7	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03		0,00	0,02	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,43
8	0,00	0,01	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,69	0,21	0,00	0,11	0,01	0,00
9	0,00	0,11	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00		0,03	0,14	0,97	0,21	0,00	0,00
10	0,00	0,07	0,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,69	0,03		0,57	0,02	0,36	0,16	0,00
11	0,00	0,52	0,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21	0,14	0,57		0,09	0,48	0,01	0,00
12	0,00	0,10	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,97	0,02	0,09		0,29	0,00	0,00
13	0,00	0,98	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,21	0,36	0,48	0,29		0,00	0,00
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,16	0,01	0,00	0,00		0,00
15	0,08	0,00	0,00	0,00	0,33	0,92	0,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

Оказалось, что эти 15 СПС будут тоже демонстрировать статистическую неустойчивость (т.е. их (СПС) статистические функции $f_j(x_i) \neq f_{j+1}(x_i)$). Для матрицы, аналогичной табл. 1, но с нагрузкой $F_2=3H$ мы получили $k_2=8$ ($k_2=2k_1$). Однако для СПС и $A(t)$ значения k_3 и k_4 (для этих же выборок ТМГ) дают более высокие значения (но всегда меньше 50%).

В качестве примера из одной серии (из 15-ти ТМГ), полученных ТМГ у одного испытуемого, мы представляем матрицу парных сравнений выборок СПС (см. табл. 2). В такой матрице парные сравнения СПС обычно дают число k статистических пар, которые можно отнести к одной генеральной совокупности, не более 30% (от общего числа независимых пар сравнения СПС 105 пар). В табл. 2 представлен пример одной из 15-ти таких матриц для испытуемого БАЕ в спокойном состоянии (без нагрузки), здесь для СПС $k_3=29$.

Заключение. Спектральные плотности сигнала, автокорреляции $A(t)$ получаемых подряд выборок ТМГ у одного испытуемого (в одном гомеостазе, вместе с их статистическими функциями распределения $f(x)$) непрерывно и хаотично изменяются. Вероятность совпадения двух (поряд) получаемых выборок для ТМГ не

превышает $p < 0,01$. На фоне требований стохастической неизменности (для отнесения выборок к одной генеральной совокупности) в пределах доверительной вероятности $p \geq 0,95$ это ничтожно малая величина и это означает крайне низкую эффективность применения различных стохастических методов в биомеханике [1-15, 20-31, 35, 43].

Литература

- 1 Галкин В.А., Еськов В.В., Пятин В.Ф., Кирасирова Л.А., Кульчицкий В.А. Существует ли стохастическая устойчивость выборок в нейронауках? // Новости медико-биологических наук. – 2020. – Т.20, №3. – С.126-132.
- 2 Еськов В.В. Математическое моделирование гомеостаза и эволюции *complexity*: монография. Тула: Издательство ТулГУ, 2016. 307 с.
- 3 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.
- 4 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.
- 5 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.
 - 6 Еськов В.М., Зинченко Ю.П., Филатов М.А., Еськов В.В. Эффект Еськова-Зинченко опровергает представления I.R. Prigogine, J.A. Wheeler и M. Gell-Mann о детерминированном хаосе биосистем – complexity // Вестник новых медицинских технологий. 2016. Т. 23. № 2. С. 34-43.
 - 7 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.
 - 8 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.
 - 9 Еськов В.М., Пятин В.Ф., Еськов В.В., Миллер А.В., Веденев В.В. Существуют ли отличия между произвольными и непроизвольными движениями? // Вестник новых медицинских технологий. – 2020. – Т. 27. – № 3. – С. 88-91.
 - 10 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.
 - 11 Еськов В. М., Пятин В.Ф., Башкатова Ю.В. Медицинская и биологическая кибернетика: перспективы развития. // Успехи кибернетики. – 2020. – Т.1, №1 – С.64-72.
 - 12 Розенберг Г.С., Полухин В.В., Попов Ю.М., Сазонова Н.В., Салимова Ю.В. Представления W. Weaver и теории хаоса-самоорганизации о системах третьего типа // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2020. – № 3. – С. 14-23.
 - 13 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. – Т. 27. – № 2. – С.120-124.
 - 14 Хадарцев А.А., Зинченко Ю.П., Галкин В.А., Шакирова Л.С. Эргодичность систем третьего типа. // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2020. – № 1. – С.67-75.
 - 15 Хадарцев А.А., Еськов В.В., Пятин В.Ф., Филатов М.А. Тремография в оценке двигательных функций. // Медицинская техника. – 2020 – №6. – С. 13-16
 - 16 Bashkatova Yu. V., Filatov M. A., Shakirova L. S. State of athletes' cardiovascular system under physical load in the Russian North. // Human Ecology. – 2020. – №6 – Pp. 41-45.
 - 17 Bernstein N.A. The coordination and regulation of movements // Oxford, New York, Pergamon Press. 1967. 196 p.
 - 18 Brown R., Macefield V.G. Skin sympathetic nerve activity in humans during exposure to emotionally-charged images: sex differences // Frontiers in Physiology. 2014. V. 5. P. 111.
 - 19 Chan N., Choy C. Screening for atrial fibrillation in 13 122 Hong Kong citizens with smartphone electrocardiogram // Heart. 2017. Vol. 103. Pp. 24-31.
 - 20 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.
 - 21 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. 62(5), pp. 809-820.
 - 22 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. – No. 5. – Pp. 27-32.
- 23 Eskov V.V Pyatin V.F., Eskov V.V., Ilyashenko L.K., Heuristic work of the brain and artificial neural networks. // Biophysics. – 2019. – Vol. 64. – No. 2. – Pp. 125–130.
- 24 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.
- 25 Eskov, V.M. Gudkov, A.B., Filatov, M.A. Eskov, V.V. Principles of homeostatic regulation of functions in human ecology // Human Ecology. – 2019.– №10 –Pp. 41-49.
- 26 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.– №7 –Pp. 11-16.
- 27 Filatova D.Yu., Bashkatova Yu.V., Melnikova E.G., Shakirova L.S. Homogeneity of the parameters of the cardiointervals in school children after north-south travel. // Human Ecology. – 2020. – №1 – Pp. 6-10.
- 28 Filatova O.E., Eskov V.V., Filatov M.A., Ilyashenko L.K. Statistical instability phenomenon and evaluation of voluntary and involuntary movements // Russian Journal of Biomechanics. – 2017. – Vol 21. – No 3. – Pp. 224-232.
- 29 Filatova O.E., Bazhenova A.E., Ilyashenko L.K., Grigorieva S.V. Estimation of the parameters for tremograms according to the Eskov–Zinchenko effect biophysics // Biophysics. – 2018. – Vol. 63. – No. 2. – Pp. 125–130.
- 30 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.-№5. – Pp.43-48.
- 31 Filatova O. E., Gudkov A. B., Eskov V. V., Chempalova L. S. The concept of uniformity of a group in human ecology // Human Ecology. – 2020. – №2 – Pp. 40-44.
- 32 Gell-Mann M. Fundamental Sources of Unpredictability // Complexity. – 1997. – Vol. 3, №1. – Pp.13-19.
- 33 Ginzburg V. L. "What problems of physics and astrophysics seem now to be especially important and interesting (thirty years later, already on the verge of XXI century)?" // Phys. Usp. – 199.– 42 – Pp. 353–373.
- 34 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. – №7 – Pp. 27-31.
- 35 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, No. 3. – Pp. 210-214
- 36 Penrose R. The Emperor's New Mind: Concerning Computers, Mind and Laws of Physics (Oxford: Oxford University Press, 1989).
- 37 Prigogine I.R. The End of Certainty: Time, Chaos, and the New Laws of Nature (Free Press, 1996).
- 38 Prigogine I.R. The philosophy of instability // Futures. –1989. – Pp. 396-400.
- 39 Schrödinger E. What Is Life? The Physical Aspect of the Living Cell. / Cambridge university press, 1944. – 198 p. ISBN-13: 978-1107604667
- 40 Wheeler J.A. Information, physics, quantum: the search for links. In Feynman and Computation: Exploring the Limits of Computers, ed A.J.G. HeyCambridge, MA: Perseus Books, 1999. –309 p.
- 41 Weaver W. Science and Complexity // American Scientist. – 1948. – Vol. 36, №4. – Pp. 536-544.
- 42 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.

- 43 Zilov V. G., Khadartsev A. A., Eskov V. M., Pyashenko L. K. New effect in physiology of human nervous muscle system // Bulletin of experimental biology and medicine. – 2019. – Vol. 167 (4). – Pp. 419-423.

References

- 1 Galkin V.A., Es'kov V.V., Pyatin V.F., Kirasirova L.A., Kul'chiczkiy V.A. Sushhestvuet li stoxasticheskaya ustojchivost' vy`borok v nejronaukax? [Is there a stochastic stability of samples in neuroscience?] // Novosti mediko-biologicheskix nauk [News of medical and biological sciences]. – 2020. – Vol.20, №3. – S.126-132.
- 2 Es'kov V.V. Matematicheskoe modelirovanie gomeostaza i ehvolyucii complexity: monografiya. Tula: izd-vo TulGU, 2016. – 307 s.
- 3 Eskov V.V., Pyatin V.F., Filatova D.Yu. Bashkatova Yu.V. Xaos parametrov gomeostaza serdechno-sosudistoj sistemy cheloveka [Chaos of parameters of homeostasis of the human cardiovascular system]. / Samara: «Porto-print», 2018., 312 s.
- 4 Eskov V.V., Pyatin V.F., Shakirova L.S., Melnikova E.G. Rol' xaosa v regulyacii fiziologicheskix funkcij organizma. [The role of chaos in the regulation of physiological functions of the body]. / Samara: «Porto-print», 2020.
- 5 Eskov V.V., Bashkatova Yu.V., Shakirova L.S., Vedeneeva T.S., Mordvinceva A.Yu. Problema standartov v medicine i fiziologii [The problem of standards in medicine and physiology] // Arxiv klinicheskoy mediciny [Archive of clinical medicine]. – 2020. – Vol.29, No3. – S. 211-216.
- 6 Es'kov V.M., Zinchenko Yu.P., Filatov M.A., Es'kov V.V. E`ffekt Es'kova-Zinchenko opроверgaet predstavleniya I.R. Prigogine, JA. Wheeler i M. Gell-Mann o determinirovannom xaose biosistem – complexity [The Eskov-Zinchenko effect refutes the ideas of I. R. Prigogine, J. A. Wheeler, and M. Gell-Mann about the deterministic chaos of biosystems-complexity] // Vestnik novyx medicinskix texnologij [Journal of new medical technologies]. 2016. Vol. 23. № 2. S. 34-43.
- 7 Es'kov V.M., Galkin V.A., Filatova O.E. Konec opredelennosti: haos gomeostaticeskix sistem: monografiya / Pod red. A.A. Hadarceva, G. S. Rozenberga. Tula: izd-vo OOO «TPPO», 2017. – 596 s.
- 8 Es'kov V.M., Galkin V.A., Filatova O.E. Complexity: haos gomeostaticeskix sistem: monografiya / Pod red. G.S. Rozenberga. Samara: izd-vo OOO «Porto-print», 2017. – 388 s.
- 9 Eskov V.M., Pyatin V.F., Eskov V.V., Miller A.V., Vedeneev V.V. Sushhestvuyut li otlichiya mezhdru proizvolnymi i neproizvolnymi dvizheniyami? [Are the distinctions between voluntary and involuntary movement?] // Vestnik novyx medicinskix texnologij [Journal of new medical technologies]. – 2020. – Vol. 27. – No 3. – S. 88-91.
- 10 Eskov V.M., Galkin V.A., Pyatin V.F., Filatov M.A. Organizaciya dvizhenij: stoxastika ili xaos? [Organization of movements: stochastics or chaos?] / Pod red. A.A. Hadarceva, G. S. Rozenberga. Samara: izd-vo OOO «Porto-print», 2020. - 144 S.
- 11 Eskov V. M., Pyatin V.F., Bashkatova Yu.V. Medicinskaya i biologicheskaya kibernetika: perspektivy razvitiya. [Medical and biological cybernetics: perspectives of development]. // Uspexi kibernetiki [Russian journal of cybernetics]. – 2020. – Vol.1, No1 -. S.64-72.
- 12 Rozenberg G.S., Poluxin V.V., Popov Yu.M., Sazonova N.V., Salimova Yu.V. Predstavleniya W. Weaver i teorii xaosa-samoorganizacii o sistemax tret`ego tipa [Representations of W. Weaver and chaos-self-organization theory on systems of the third type] // Slozhnost'. Razum. Postneklassika [Complexity. Mind. Postnonclassic]. – 2020. – № 3. – S. 14-23.
- 13 Filatov M.A., Proxorov S.A., Ivaxno N.V., Golovacheva E.A., Ignatenko A.P. Vozmozhnosti modelirovaniya

- statisticheskoy neustojchivosti vy`borok v fiziologii [Possibilities of modeling statistical instability of samples in physiology] // Vestnik novyx medicinskix tehnologij [Journal of new medical technologies]. – 2020. – Vol. 27. – No 2. – S.120-124.
- 14 Khadartsev A.A., Zinchenko Yu.P., Galkin V.A., Shakirova L.S. Ergodichnost' sistem tret'ego tipa [Ergodicity of systems of the third type] // Slozhnost'. Razum. Postneklassika [Complexity. Mind. Postnonclassic]. – 2020. – No. 1. – S. 67-75.
- 15 Xadarcev A.A., Es`kov V.V., Pyatin V.F., Filatov M.A. Tremorografiya v ocnke dvigatel`ny`x funkcij [Tomography in the assessment of motor functions]. // Medicinskaya texnika [Medical equipment]. – 2020 – №6. – S. 13-16
- 16 Bashkatova Yu. V., Filatov M. A., Shakirova L. S. State of athletes' cardiovascular system under physical load in the Russian North. // Human Ecology. – 2020. – №6 – Pp. 41-45.
- 17 Bernstein N.A. The coordination and regulation of movements // Oxford, New York, Pergamon Press. 1967. 196 p.
- 18 Brown R., Macefield V.G. Skin sympathetic nerve activity in humans during exposure to emotionally-charged images: sex differences // Frontiers in Physiology. 2014. V. 5. P. 111.
- 19 Chan N., Choy C. Screening for atrial fibrillation in 13 122 Hong Kong citizens with smartphone electrocardiogram // Heart. 2017. Vol. 103. Pp. 24-31.
- 20 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.
- 21 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. 62(5), pp. 809-820.
- 22 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. – No. 5. – Pp. 27-32.
- 23 Eskov V.V Pyatin V.F., Eskov V.V., Ilyashenko L.K., Heuristic work of the brain and artificial neural networks. // Biophysics. – 2019. – Vol. 64. – No. 2. – Pp. 125–130.
- 24 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.
- 25 Eskov, V.M. Gudkov, A.B., Filatov, M.A. Eskov, V.V. Principles of homeostatic regulation of functions in human ecology // Human Ecology. – 2019.– №10 –Pp. 41-49.
- 26 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.– №7 –Pp. 11-16.
- 27 Filatova D.Yu., Bashkatova Yu.V., Melnikova E.G., Shakirova L.S. Homogeneity of the parameters of the cardiointervals in school children after north-south travel. // Human Ecology. – 2020. – №1 – Pp. 6-10.
- 28 Filatova O.E., Eskov V.V., Filatov M.A., Ilyashenko L.K. Statistical instability phenomenon and evaluation of voluntary and involuntary movements // Russian Journal of Biomechanics. – 2017. – Vol 21. – No 3. – Pp. 224-232.
- 29 Filatova O.E., Bazhenova A.E., Ilyashenko L.K., Grigorieva S.V. Estimation of the parameters for tremograms according to the Eskov–Zinchenko effect biophysics // Biophysics. – 2018. – Vol. 63. – No. 2. – Pp. 125–130.
- 30 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.–№5. – Pp.43-48.
- 31 Filatova O. E., Gudkov A. B., Eskov V. V., Chempalova L. S. The concept of uniformity of a group in human ecology // Human Ecology. – 2020. – №2 – Pp. 40-44.

- 32 Gell-Mann M. Fundamental Sources of Unpredictability // Complexity. – 1997. – Vol. 3, №1. – Pp.13-19.
- 33 Ginzburg V. L. "What problems of physics and astrophysics seem now to be especially important and interesting (thirty years later, already on the verge of XXI century)?" // Phys. Usp. – 199. – 42 – Pp. 353–373.
- 34 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. – №7 – Pp. 27-31.
- 35 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, No. 3. – Pp. 210-214
- 36 Penrose R. The Emperor's New Mind: Concerning Computers, Mind and Laws of Physics (Oxford: Oxford University Press, 1989).
- 37 Prigogine I.R. The End of Certainty: Time, Chaos, and the New Laws of Nature (Free Press, 1996).
- 38 Prigogine I.R. The philosophy of instability // Futures. –1989. – Pp. 396-400.
- 39 Schrödinger E. What Is Life? The Physical Aspect of the Living Cell. / Cambridge university press, 1944. – 198 p. ISBN-13: 978-1107604667
- 40 Wheeler J.A. Information, physics, quantum: the search for links. In Feynman and Computation: Exploring the Limits of Computers, ed A.J.G. Hey Cambridge, MA: Perseus Books, 1999. –309 p.
- 41 Weaver W. Science and Complexity // American Scientist. – 1948. – Vol. 36, №4. – Pp. 536-544.
- 42 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.
- 43 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.