III. МАТЕМАТИКА В ОПИСАНИИ ХАОСА И СИНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

10.12737/2306-174X-2021-57-64

ФИЗИЧЕСКИЕ И ЖИВЫЕ СИСТЕМЫ РАЗЛИЧАЮТСЯ СУЩЕСТВЕННО

В.М. ЕСЬКОВ[1], В.А. ГАЛКИН[1], В.В. ЕСЬКОВ[2], М.А. ФИЛАТОВ[2]

[1]ФГУ «ФНЦ Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук». Обособленное подразделение «ФНЦ НИИСИ РАН» в г. Сургуте, ул. Базовая. 34, Сургут, Россия, 628400
[2]БУ ВО ХМАО-Югры «Сургутский государственный университет», ул. Ленина, 1, Сургут, Россия, 628400

Аннотация. Попытки описания живых систем с позиций современной физики и математики (работы E. Schrodinger, W.Weaver и Н.А. Бернштейна) остались на уровне вопросов и гипотез. Точных доказательств реальных отличий живых систем от физических, химических, технических и других систем не живой природы до настоящего времени не было представлено. В конце 90-х годов 20-го века и начале 21-го века был экспериментально доказан эффект Еськова-Зинченко. В этом эффекте наблюдается статистическая неустойчивость выборок для любых параметров $x_i(t)$ функций организма человека. Создана новая теория хаоса-самоорганизации (ТХС) и вводится аналог принципа неопределенности Гейзенберга для живых систем. В рамках ТХС вводится понятие неопределенности 1-го и 2-го типов для всех живых систем (complexity). ТХС завершает дальнейшее применение детерминистских и стохастических моделей в изучении живых систем. Дается понятие псевдоаттракторов и представлены новые модели работы нейросетей мозга (они основаны на статистическом хаосе, т.е. на эффекте Еськова-Зинченко).

Ключевые слова: *живые системы, псевдоаттрактор, стохастика, хаос, эффект Еськова-Зинченко.*

SIGNIFICANT DIFFERENCE OF PHYSICAL AND LIVING SYSTEMS

V.M. ESKOV[1], V.A. GALKIN[1], V.V. ESKOV[2], M.A. FILATOV[2]

[1]Federal Science Center Scientific-research Institute for System Studies of the Russian Academy of Sciences, Nakhimovsky pr., 36, Moscow, Russia, 117218
[2]Surgut State University, Lenina pr., 1, Surgut, Russia, 628400

Abstract. In the first half of the 20th century, the attempts to describe the living systems from the standpoint of modern physics and mathematics were made (works by E. Schrödinger, W. Weaver, and N.A. Bernstein). However, they all remained at the questions and hypotheses level. The real evidence of the differences between living systems from the physical, chemical, technical, and other systems of non-living nature has not yet been presented. Eskov-Zinchenko effect was experimentally proved at the end of the 90th of the 20th and the beginning of the 21st century; it showed a lack of sample's statistical stability of any parameters in the functions of the human body. The Heisenberg Uncertainty Principle analogue for living systems was introduced and the concept of uncertainty of the 1st and the 2nd types for all complex living systems was given. In fact, we speak about the completion of the further application of deterministic and stochastic models in the study of living systems. The concept of pseudo-attractors is introduced and new models of the neural network's operations in the brain, based on statistical chaos, are created. (based on Eskov-Zinchenko effect).

Key words: *living systems, pseudoattractor, stochastics, chaos, Eskov-Zinchenko effect.*

Введение. Начало 20-го века физика ознаменовалась созданием новых теорий и нового подхода в изучении неживой материи. Квантовая механика, теория относительности привели к созданию многих современных направлений в физике и технике. При этом были попытки создать революционный подход и в изучении живых систем. В этой связи следует отметить работы E. Schrodinger [25], W.Weaver [26], и Н.А. Бернштейна [14] в 1-й половине 20-го века. Однако усилия этих

ученых не привели к созданию нового направления в биомедицине [1-13, 15] и новой физики живых систем. До настоящего времени вся физиология, медицина, биомеханика базируется на теории дифференциальных уравнений (и других динамических моделях) и стохастике, что требует строгого подтверждения причинно-следственных связей (прошлое влияет на будущее).

Причина такой динамики развития биомедицины (отсутствие революционных идей и революционных теорий) с позиций физики и математики базируется на общепризнанном использовании традиционных детерминистских и стохастических теорий, которые сейчас составляют фундамент биофизики, всего физического подхода в биомеханике. Однако еще в 1948 г. W.Weaver [26] вывел все биосистемы за пределы традиционной науки, т.к. он заговорил об особых системах третьего типа (СТТ). В этой связи остается открытым вопрос, который поставил E. Schrodinger перед физиками: «What is life?» [25].

Этот вопрос имеет многогранные трактовки, на которые мы постараемся ответить в настоящем сообщении с позиций новой теории СТТ и нового понимания об особенностях живых систем. Подчеркнем, что постановка такого вопроса – это уже отдельная проблема для физики и всего естествознания, т.к. мы сейчас говорим об ограниченности детерминистского подхода и стохастики в изучении живых систем (СТТ). Очевидно, что понимание этого может приблизить нас к раскрытию базовых принципов функционирования живых систем [2, 4, 8, 9].

1. Исторические предпосылки изучения живых систем. Авторы этого сообщения задаются вопросом: случайно ли при изучении живых систем с позиций физики трое выдающихся ученых (см. выше) пытались в конце 50-х годов 20-го века подойти к разгадке принципов функционирования живых систем? Напомним, что работа E. Schrodinger была опубликована в 1944 году, работа N. Bernstein в 1947 г. и статья W. Weaver в 1948 г. Все эти публикации подводили мировую науку к пониманию проблемы об особенностях живых систем с позиций физико-математического моделирования. При этом W. Weaver все-таки пошел дальше всех и вывел СТТ за пределы детерминистского и стохастического подходов (ДСП) [26].

W. Weaver при этом не предложил ничего нового для описания СТТ, т.к. просто констатировал утверждение: живые системы не объект современной науки, они особенные. В чем специфика живых систем попробовал предположить выдающийся биомеханик N.A. Bernstein, когда постулировал гипотезу о «повторении без повторении» [14]. Эта гипотеза этим автором объяснялась очень просто: он показал, что в организации движении участвует 5 разных регуляторных систем (системы *A, B, C, D, E*) [14].

Эти системы могут включаться в организацию движений хаотически (N.A. Bernstein это доказал) и поэтому повторить любое движение по его мнению будет чрезвычайно тяжело. При этом выдающийся биомеханик ничего не говорил о характере этих «повторений». Нельзя движение повторить точно (в рамках функционального анализа) или в рамках стохастики? Этот вопрос оставался открытым почти 70 лет, т.к. никто не пытался проверить эту гипотезу.

Все это выглядит очень странно, т.к. и до настоящего времени вся современная биомедицинская наука базируется на функциональном, анализе, динамических уравнениях (дифференциальных, разностных, интегральных, в частных производных и т.д.) и стохастике. Напомним, что в рамках этих наук существует причинно-следственные связи (прошлое влияет на будущее). Существует задача Коши, где начальные параметры системы (и вид уравнений) определяют дальнейшее состояние системы и ее конечное состояние $x(t_k)$ в фазовом пространстве состояний (ФПС). Это конечное состояние $x(t_k)$ задается точкой в ФПС.

В стохастике конечное состояние определяется статистической функцией состояний $f(x)$ для вектора состояния

биосистемы $x=x(t)=(x_1, x_2, \ldots, x_m)^T$ в m-мерном фазовом пространстве состояний. Важно подчеркнуть, что в стохастике задание начального состояния $x(t)$ в виде точки в ФПС не определяет точно конечное состояние вектора $x(t_0)$, но имеется статистическая функция $f(x)$ и числовые характеристики $x(t)$ в виде статистического среднего $<x>$, статистической дисперсии (D_x^*), спектральной плотности сигнала (СПС), автокорреляции (АК) и т.д. Такой подход делает зависимым $x(t_k)$ от начальных параметров, сохраняется причинно-следственная связь (основа детерминизма и стохастики). Все эти величины получаются из анализа выборок $x(t)$, т.е. из эксперимента (или медицинских наблюдений).

Еще раз отметим, что трое ученых были предвестниками появления нового (третьего) подхода (после детерминистского и стохастического) в изучении живых систем. При этом детерминистский подход и стохастика остаются в современной науке главными и фундаментальными. Динамический хаос, как мы показали, не имеет никакого отношения к живым системам и он укладывается в обычный стохастический подход из-за равномерного распределения в аттракторах Лоренца [4, 8, 9, 13].

Отметим, что I.R. Prigogine [22, 23] и M. Gell-Mann [20] многократно высказывались за перспективы теории динамического хаоса Лоренца в моделировании живых систем. Этого же придерживался и J.A. Wheeler [28]. Однако и оба нобелевских лауреата и J.A. Wheeler ошибались в этих прогнозах. Живые системы, СТТ, не могут быть объектом теории динамического хаоса Лоренца из-за стохастической неустойчивости любых выборок вектора $x(t)$ состояния биосистем в ФПС [1-4, 11, 13, 21].

2. Проблема эргодичности в биомедицине. До настоящего времени все исследователи в области биомедицины были твердо уверены в эргодичности живых систем. Для примера группа ученых (M.J.D Ramstead, P.B. Badcock, K.J. Friston [24]) утверждают «….. fact that all living systems revisit a bounded set of states repeatedly (i.e., they are locally ergodic)». Это означает, что любая выборка любых компонент $x_1(t)$ вектора состояния биосистемы $x(t)$ в ФПС может быть статистически повторена [1-4, 15-19, 29, 30]. Однако, еще в 1947 г. N.A. Bernstein выдвинул гипотезу о «повторении без повторений» в биомеханике [14]. Фактически, N.A. Bernstein утверждал об отсутствии эргодичности в выборках любых параметров движений (но им это не было доказано, а сейчас это составляет основу эффекта Еськова-Зинченко) [20, 25, 28-30].

Объяснение своей гипотезы этот ученый давал чисто биологически, на основе доказательства наличия 5-ти систем в регуляции движений (системы *A, B, C, D, E*) и их хаотическом участии в любом двигательном акте. Точных физических или математических доказательств этой гипотезы N.A. Bernstein не представил. На сегодня эти доказательства отсутствуют пока в современной биомеханике. Однако 20 лет назад начались исследования в России по многократному повторному регистрированию тремора и теппинга у одного и того же испытуемого, находящегося в неизменном физиологическим состоянии [1-13].

Эти исследования проводились рядом научных школ РФ (гг. Сургута, Самары, Тулы и Москвы) и они привели к доказательству реальности эффекта Еськова-Зинченко [13, 29-30]. В этом ЭЕЗ мы многократно регистрировали треморограммы и теппинграммы (а также работу нейросетей мозга) у одного и того же человека. Аналоговый сигнал квантовался с периодом квантования 10 мсек. и получали файлы по 500 точек (значений координат пальца испытуемого по отношению к токовихревому датчику). В итоге 15 таких выборок (длительность регистрации выборки ТМГ 5 секунд, итого в каждой выборке по 500 точек) попарно сравнивались, составлялись матрицы парных сравнений, в которые вносили критерии Вилкоксона *P*.

Если $P \geq 0,05$ для данной пары, то считалось, что эти две выборки ТМГ могут иметь одну (общую) генеральную

совокупность. В этом случае мы считаем, что эти две выборки статистически совпадают. Было построено для разных испытуемых (около 200 человек) несколько сот таких матриц для ТМГ и ТПГ и было доказано, что число k пар, у которых $P \geq 0,05$ в каждой такой матрице не превышает 5% (от всех 105 пар в каждой матрице) для ТМГ и 10% для ТПГ [1-13, 19].

Все эти исследования доказали, что от выборки к выборке меняется статистическое среднее $<x>$ и статистическая дисперсия D_x^*. В итоге мы получили крайне низкие значения (менее 5%) доли статистических совпадений выборок ТМГ и ТПГ, что и доказывает отсутствие эргодичности для выборок произвольных (теппинг) и непроизвольных (тремор) движений в биомеханике. Вероятность P статистического повторения крайне мала для двух подряд зарегистрированных выборок треморограмм (т.е. для тремора $P^{tr} \leq 0,01$), а для ТПГ $P^{tp} \leq 0,05$.

Это крайне малые величины статистических совпадений выборок при неизменном физическом и физиологическом состоянии испытуемого в одном и том же эксперименте и это доказывает отсутствие статистической устойчивости выборок в биомеханике. Любая выборка $x_1(t)$ статистически произвольно неповторима, т.к. будет показывать другие значения $<x>$ и D_x^*, а также СПС, АК и т.д. Это доказывает отсутствие эргодичности для выборок в биомеханике, т.к. в разные интервалы времени мы имеем статистически разные выборки. Для примера мы представляем характерные матрицы парных сравнений выборок для ТМГ (см. табл. 1) и ТПГ (см. табл. 2). Сотни таких таблиц для многих испытуемых (в режиме многократных повторов регистраций) доказывают ЭЕЗ в биомеханике, т.е. отсутствие статистической устойчивости выборок [1-13, 19, 29, 30].

Таблица 1

Результаты попарного сравнения по критерию Вилкоксона ТМГ одного испытуемого (ГДВ) при повторных измерениях (подряд) за короткое время (T=5 сек), число совпадений k_2=6

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0.00	0.00	0.00	**0.07**	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	**0.99**	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	0.07	0.00	0.99	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	**0.39**	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	0.01	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	**0.28**	0.00
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	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	**0.09**	0.00	0.00
11	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	0.01
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	0.09	0.00	0.00		**0.09**	0.00
14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09		0.00
15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	

Подчеркнем, что доля статистических совпадений в таких матрицах парных сравнений выборок (в виде числа k) крайне мала. Это количественно доказывает гипотезу N.A. Bernstein о «повторении без повторений» [14]. Нет статистических совпадений выборок ТМГ и ТПГ. Фактически, это завершает дальнейшее применении статистики в физиологии нервно-мышечной системы (НМС). Отсутствует статистическая устойчивость выборок в биомеханике и это распространяется не только на статистические функции распределения

f(x), но и на различные статистические характеристики.

Для многих тысяч выборок ТМГ и ТПГ были рассчитаны спектральные плотности сигналов (СПС) и их автокорреляции (АК). Для этих выборок СПС и АК мы также рассчитали матрицы их парных сравнений и получили числа статистических совпадений менее 40%. Это доказывает отсутствие статистических совпадений и для СПС, и для АК. Дальнейшее применение различных стохастических методов в биомеханике весьма проблемно. Нет повторений <*x*>, D_x^*, СПС, АК и это доказывает гипотезу N.A. Bernstein [3] и ЭЕЗ [1-13, 16-19, 21, 29-30].

Таблица 2

Критерий Вилкоксона (для непараметрического распределения) в матрице парного сравнения 15-ти ТПГ одного испытуемого ГДВ при повторных экспериментах (k_3=18)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		**0.28**	0.00	**0.33**	0.00	**0.88**	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00
2	0.28		**0.31**	0.00	0.00	0.00	**0.52**	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	**0.07**
3	0.00	0.31		0.00	0.00	0.00	**0.32**	0.01	0.00	**0.07**	0.00	0.00	0.00	0.00	**0.22**
4	0.33	0.00	0.00		**0.09**	**0.84**	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	0.09		0.03	0.00	**0.25**	0.00	0.00	0.00	0.01	**0.84**	0.00	0.00
6	0.88	0.00	0.00	0.84	0.03		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.03	0.00
7	0.01	0.52	0.32	0.00	0.00	0.00		0.01	0.00	0.00	**0.24**	0.00	0.00	0.00	**0.34**
8	0.00	0.00	0.01	0.00	0.25	0.00	0.01		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.04	0.00	0.00	0.00	**0.06**	0.00
10	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	0.00		0.00	**0.76**	0.00	0.00
12	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	**0.26**	0.00
13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.76	0.00		0.00	0.00
14	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.26	0.00		0.00
15	0.00	0.07	0.22	0.00	0.00	0.00	0.34	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Тогда возникает закономерный вопрос о дальнейшем применении современных динамических моделей и стохастики в изучении любых движений человека. Если любая выборка *x(t)* уникальна (статистически неповторима), то как можно дальше описывать биосистемы? Какие физические (математические) модели и теории могут дать описание тремора или теппинга? Для ответа на эти вопросы мы обратились к принципу неопределенности Гейзенберга и к уравнениям с разрывной правой частью [15].

Заключение. За последние 25 лет удалось частично ответить на фундаментальный вопрос E. Schrödinger «What is Life?» [25]. Сейчас стало очевидным, что биосистемы не могут описываться в рамках стохастики (т.к. эффект Еськова-Зинченко доказывает отсутствие статистической устойчивости выборок любых параметров *x(t)* функций организма человека). Любая выборка x(t) будет уникальной (статистически не повторимой) и любая траектория *x(t)* в ФПС тоже уникальна. Стохастика не может описывать динамику вектора состояния биосистемы.

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., Веденеева 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., 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.
7. 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.
8. 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.
9. Еськов В.М., Пятин В.Ф., Башкатова Ю.В. Медицинская и биологическая кибернетика: перспективы развития. // Успехи кибернетики. – 2020. – Т.1, №1 -. С.64-72.
10. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Филатов М.А., Третьяков С.А. Три великие проблемы физиологии и медицины. // Вестник новых медицинских технологий. – 2020. – Т. 27. – № 4. – С. 115-118.
11. Заславский Б.Г., Филатов М.А., Еськов В.В., Манина Е.А. Проблема нестационарности в физике и биофизике. // Успехи кибернетики. – 2020.– Т. 2, №2. – С. 61–67.
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. Хадарцев А.А., Еськов В.В., Пятин В.Ф., Филатов М.А. Треморография в оценке двигательных функций. // Медицинская техника. – 2020 – №6. – С. 13-16
14. Bernstein N.A. The coordination and regulation of movements // Oxford, New York, Pergamon Press. 1967. 196 p.
15. Betelin V.B., Eskov V.M., Galkin V.A., Gavrilenko T.V. Stochastic volatility in the dynamics of complex homeostatic systems // Doklady Mathematics. – 2017. – Vol. 95(1). – Pp. 92-94. \
16. 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.
17. 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.
18. 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.
19. 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.
20. Gell-Mann M. Fundamental Sources of Unpredictability // Complexity. – 1997. – Vol. 3, №1. – Pp.13-19.
21. 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.
22. Prigogine I, Stengers I. Order out of chaos: man’s new dialogue with nature. New York, NY: Bantam Books; 1984
23. Prigogine I.R. The philosophy of instability // Futures. –1989. – Pp. 396-400.

24. Ramstead M.J.D., Badcock P.B., Friston K.J. Answering Schrödinger's question: A free-energy formulation. // Physics of Life Reviews - 2018 - Volume 24 – Pp. 1-16.
25. Schrödinger E. What Is Life? The Physical Aspect of the Living Cell. / Cambridge university press,198 p. ISBN-13: 978-1107604667
26. Weaver W. Science and Complexity // American Scientist. – 1948. – Vol. 36, №4. – Pp. 536-544.
27. Wheeler J.A. Information, physics, quantum: the search for links. In Feyman and Computation: Exploring the Limits of Computers, ed A.J.G. HeyCambridge, MA: Perseus Books, 1999. –309 p.
28. Wheeler J.A. The universe as home for man American Institute of Physics Press, Woodbury: New York, 1996. – 365 p.
29. 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). P. 5–9.
30. 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.

References

1. Galkin V.A., Es`kov V.V., Pyatin V.F., Kirasirova L.A., Kul`chiczkij 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. Rolxaosa 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 klinicheskoj mediciny [Archive of clinical medicine]. – 2020. – Vol.29, No3. – S. 211-216.
6. Es'kov V.M., Galkin V.A., Filatova O.E. Konec opredelennosti: haos gomeostaticheskih sistem: monografiya / Pod red. A.A. Hadarceva, G. S. Rozenberga. Tula: izd-vo OOO «TPPO», 2017. – 596 s.
7. Es'kov V.M., Galkin V.A., Filatova O.E. Complexity: haos gomeostaticheskih sistem: monografiya / Pod red. G.S. Rozenberga. Samara: izd-vo OOO «Porto-print», 2017. – 388 s.
8. 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.
9. 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.
10. Es`kov V.M., Xadarcev A.A., Filatov M.A., Tret`yakov S.A. Tri velikie problemy` fiziologii i mediciny` [The three great problems of physiology and medicine]. // Vestnik novyx medicinskix texnologij [Journal of new medical technologies]. – 2020. – Vol. 27. – № 4. – S. 115-118.
11. Zaslavskij B.G., Filatov M.A., Es`kov V.V., Manina E.A. Problema nestacionarnosti v fizike i biofizike [The

problem of non-stationarity in physics and biophysics]. // Uspexi kibernetiki [Advances in cybernetics]. – 2020.– Vol. 2, №2. – S. 61–67.

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. Xadarcev A.A., Es`kov V.V., Pyatin V.F., Filatov M.A. Tremorografiya v ocenke dvigatel`ny`x funkcij [Tomography in the assessment of motor functions]. // Medicinskaya texnika [Medical equipment]. – 2020 – №6. – S. 13-16
14. Bernstein N.A. The coordination and regulation of movements // Oxford, New York, Pergamon Press. 1967. 196 p.
15. Betelin V.B., Eskov V.M., Galkin V.A., Gavrilenko T.V. Stochastic volatility in the dynamics of complex homeostatic systems // Doklady Mathematics. – 2017. – Vol. 95(1). – Pp. 92-94. \
16. 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.
17. 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.
18. 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.
19. 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.
20. Gell-Mann M. Fundamental Sources of Unpredictability // Complexity. – 1997. – Vol. 3, №1. – Pp.13-19.
21. 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.
22. Prigogine I, Stengers I. Order out of chaos: man’s new dialogue with nature. New York, NY: Bantam Books; 1984
23. Prigogine I.R. The philosophy of instability // Futures. –1989. – Pp. 396-400.
24. Ramstead M.J.D., Badcock P.B., Friston K.J. Answering Schrödinger's question: A free-energy formulation. // Physics of Life Reviews - 2018 - Volume 24 – Pp. 1-16.
25. Schrödinger E. What Is Life? The Physical Aspect of the Living Cell. / Cambridge university press,198 p. ISBN-13: 978-1107604667
26. Weaver W. Science and Complexity // American Scientist. – 1948. – Vol. 36, №4. – Pp. 536-544.
27. Wheeler J.A. Information, physics, quantum: the search for links. In Feyman and Computation: Exploring the Limits of Computers, ed A.J.G. HeyCambridge, MA: Perseus Books, 1999. –309 p.
28. Wheeler J.A. The universe as home for man American Institute of Physics Press, Woodbury: New York, 1996. – 365 p.
29. 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). P. 5–9.
30. 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.