

**ХАОТИЧЕСКАЯ ДИНАМИКА РИТМИКИ СЕРДЦА**В.М. ЕСЬКОВ<sup>1</sup>, А.И. КОЛОСОВА<sup>2</sup>, С.И. ФАДЮШИНА<sup>2</sup>, А.Ю. МОРДВИНЦЕВА<sup>2</sup><sup>1</sup>ФГУ «ФНЦ Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук». Обособленное подразделение «ФНЦ НИИСИ РАН» в г. Сургуте, ул. Базовая, 34, Сургут, Россия, 628400<sup>2</sup>БУ ВО ХМАО-Югры «Сургутский государственный университет», ул. Ленина, 1, Сургут, Россия, 628400

**Аннотация.** Около 150 лет изучение ритмов сердца происходит в рамках традиционных статистических методов. Однако, еще в 1947 году Н.А. Бернштейн в биомеханике заговорил об отсутствии повторений в организации движений. За последние 20 лет было доказано отсутствие статистической устойчивости в параметрах тремора и теппинга. Возникает закономерный вопрос о статистической устойчивости в параметрах тремора и теппинга. Возникает закономерный вопрос статистической устойчивости кардиоинтервалов. Иными словами мы ставим под сомнение дальнейшее использование стохастики в изучении работы сердца. Для проверки этого предположения мы у 15-ти человек (за интервал 5 минут) многократно (по 225 итераций) регистрировали выборки кардиоинтервалов. Для каждой серии из 15-ти выборок строились матрицы парных сравнений, в итоге было построено 225 таких матриц, в которых числа  $k \leq 20\%$  от всех разных 105-ти пар (для каждой матрицы). Все это доказывает эффект Еськова-Зинченко и для параметров сердца (нет статистической устойчивости выборок).

**Ключевые слова:** кардиоинтервал, статистическая неустойчивость, эффект Еськова-Зинченко.**CHAOTIC DYNAMICS OF HEART RHYTHMICS**V.M. ESKOV<sup>1</sup>, A.I. KOLOSOVA<sup>2</sup>, S.I. FADUSHINA<sup>2</sup>, A.YU. MORDVINTSEVA<sup>2</sup><sup>1</sup>Federal Science Center Scientific-research Institute for System Studies of the Russian Academy of Sciences, Bazovaya st, 34, Surgut, Russia, 628400<sup>2</sup>Surgut state University, Lenin pr., 1, Surgut, Russia, 628400

**Abstract.** For about 150 years, the study of heart rhythms has been taking place within the framework of traditional statistical methods. However, back in 1947 N.A. Bernstein in biomechanics talked about the lack of repetition in the organization of movements. Over the past 20 years, the lack of statistical stability in the parameters of tremor and tapping has been proven. A logical question arises about statistical stability in the parameters of tremor and tapping. A logical question arises of the statistical stability of cardio intervals. In other words, we question the continued use of stochastics in the study of heart function. To verify this assumption, we recorded samples of cardio intervals repeatedly (for 225 iterations) in 15 people (over an interval of 5 minutes). Matrices of pairwise comparisons were built for each series of 15 samples; as a result, 225 such matrices were constructed in which the numbers  $k \leq 20\%$  of all different 105 pairs (for each matrix). All this proves the Eskov-Zinchenko effect for heart parameters (there is no statistical stability of the samples).

**Key words:** cardiointerval, statistical instability, stochastics, Eskov-Zinchenko effect.

**Введение.** Существует много публикаций, в которой высказывается гипотеза о хаотической работе нейросетей мозга (и других параметров организма человека) [1-5, 7-10, 27-33, 35, 36]. Однако, еще в 1947 г. Н.А. Бернштейн высказал гипотезу о «повторении без повторений» в организации любых движений [17]. За последние 20 лет в биомеханике эта гипотеза получила подтверждение в виде эффекта Еськова-Зинченко (ЭЭЗ). В этом

ЭЭЗ доказано отсутствие статистической устойчивости треморограмм и теппинграмм [1-5, 7-10, 13-15, 20-26].

Возникает закономерный вопрос о глобальности этого ЭЭЗ. Или он место только в биомеханике? Подчеркнем, что ряд авторов высказывались о наличии неперiodической динамики и в работе сердца [18, 19]. Однако, детально ритмику сердца никто не исследовал на предмет ее статистической неустойчивости [2, 3, 7, 8,

13, 16, 26, 29, 30, 33]. Возникает закономерная проблема об отсутствии периодичности кардиоритма. Одновременно мы подошли и к принципиальному вопросу о возможности динамического хаоса в параметрах кардиоинтервалов (КИ) [2, 3, 7, 8, 13, 16, 26, 29, 30, 33].

Ответы на эти вопросы мы представляем в настоящем сообщении. При этом основное внимание мы уделяем доказательство статистического хаоса в КИ и отсутствие динамического хаоса Лоренца в организации кардиоритмов [2, 3, 7, 8, 13, 14, 16, 24, 26, 29, 30, 33].

**1. Статистическая неустойчивость в биосистемах и динамический хаос.** Прежде всего отметим ряд существенных моментов в определении хаоса Лоренца в частности. Напомним, что под хаосом системы мы понимаем ее поведение, когда задание начальных параметров вектора состояния системы  $x(t)=(x_1, x_2, \dots, m)^T$  в  $m$ -мерном фазовом пространстве состояний (ФПС) не определяет дальнейшую

траекторию  $x(t)$  в ФПС и конечное состояние системы  $x(t_k)$ .

В биомеханике (при доказательстве гипотезы Н.А. Бернштейна и ЭЭЗ) мы наблюдаем отсутствие произвольного повторения выборок треморограмм (ТМГ) или теппинграмм (ТПГ) при многократных повторных регистрациях одних и тех же измерений ТМГ и ТПГ (у одного и того же испытуемого в спокойном состоянии). Это легко наблюдать, если взять 15 подряд полученных ТПГ (у одного испытуемого) и построить матрицу парных сравнений выборок [2, 3, 7, 8, 13, 16, 26, 27, 29, 30, 33].

Для примера представляем типичную матрицу парных сравнений выборок ТМГ одного испытуемого, где число  $k$  пар, имеющих одну, общую генеральную совокупность весьма мало. В таблице 1 имеем  $k_I \geq 1$ , доля стохастичности ничтожна мала (менее 3% от всех 105-ти парных пар сравнения). Наблюдается статистический хаос выборок ТМГ [1, 2, 3, 7-9, 11-13, 16, 20-24, 27-29, 30-33].

Таблица 1

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

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0.00	0.00	0.00	<b>0.07</b>	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	<b>0.99</b>	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	<b>0.39</b>	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	<b>0.28</b>	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	<b>0.09</b>	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		<b>0.09</b>	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 такая неустойчивость регистрируется не только для самих выборок ТМГ, но и для их спектральных плотностей сигнала (СПС), автокорреляций (АК) и других статистических характеристик. Для примера в таблице 2 мы представляем матрицу парных сравнений

СПС для этого же испытуемого. Значение  $k_2$  здесь выросло, но в любом случае оно не достигает 95% как требует стохастика. Все выборки ТМГ, СПС, АК статистические не устойчивы, их невозможно два раза подряд повторить у одного и того же испытуемого.

Но это не динамический хаос Лоренца [1-9, 11-13, 16, 20-24, 27-29, 30-33].

Таблица 2

**Матрица парного сравнения 15-ти СПС треморограмм для одного испытуемого ГДВ при повторных экспериментах ( $k_2=25$ ), по критерию  $p$  Вилкоксона (для непараметрического распределения)**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		.00	<b>.95</b>	.01	.00	<b>.13</b>	<b>.77</b>	.00	.00	.00	.00	.02	<b>.68</b>	.00	<b>.58</b>
2	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	<b>.08</b>	<b>.90</b>	.00	.00	.00	.00
3	.95	.00		.01	.00	<b>.15</b>	<b>.56</b>	.00	.00	.01	.00	<b>.48</b>	<b>.38</b>	.00	<b>.60</b>
4	.01	.00	.01		.00	.00	<b>.07</b>	.00	.00	.00	.00	.00	.01	.00	.01
5	.00	.00	.00	.00		.00	.00	<b>.11</b>	<b>.74</b>	.00	.00	.00	.00	.00	.00
6	.13	.00	.15	.00	.00		<b>.17</b>	.00	.00	.02	.00	<b>.60</b>	<b>.13</b>	.00	<b>.29</b>
7	.77	.00	.56	.07	.00	.17		.00	.00	.01	.00	.01	<b>.66</b>	.00	<b>.75</b>
8	.00	.00	.00	.00	.11	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
9	.00	.00	.00	.00	.74	.00	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00
10	.00	.08	.01	.00	.00	.02	.01	.00	.00		.02	<b>.06</b>	.00	.00	.00
11	.00	.90	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.02		.00	.00	.00	.00
12	.02	.00	.48	.00	.00	.60	.01	.00	.00	.06	.00		<b>.12</b>	.00	<b>.17</b>
13	.68	.00	.38	.01	.00	.13	.66	.00	.00	.00	.00	.12		.00	<b>.54</b>
14	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00
15	.58	.00	.60	.01	.00	.29	.75	.00	.00	.00	.00	.17	.54	.00	

Напомним, что для хаоса Лоренца имеются ряд критериев. Например, в аттракторах Лоренца экспоненты Ляпунова должны быть положительны (соседние траектории расходятся). У нас же этого нет. Фазовые портреты ТМГ или ТПГ

пересекающиеся кривые. Для примера мы предоставляем на рис. 1 два фазовых портрета ТМГ (рис. 1-А) и для ТПГ (рис. 1-В). Здесь фазовые траектории непрерывно хаотически пересекаются [1, 2, 3, 7-9, 11-13, 16, 20-24, 27-29, 30-33].

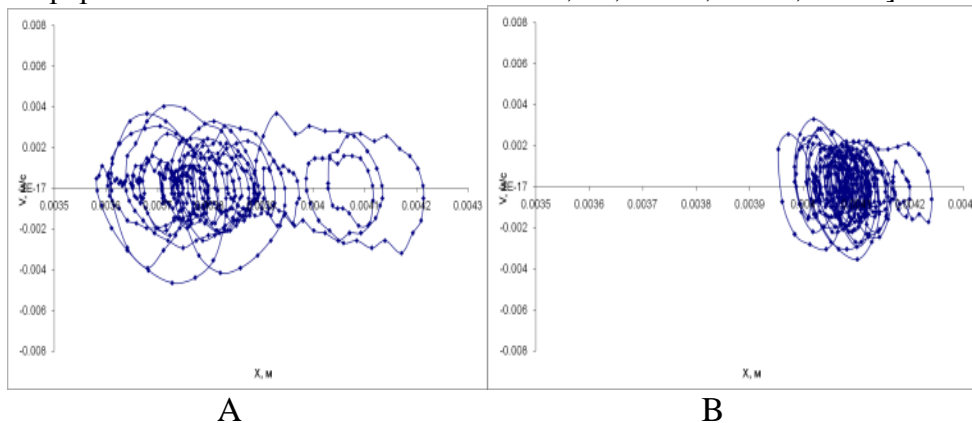


Рис. 1. Фазовые траектории и их КА для одного и того же испытуемого: А – в период релаксации; В – в период нагрузки  $F_2=3Н$

Для динамического хаоса характерно такое стремление автокорреляционных функций к нулю. Для нашего статистического хаоса, доказывающего ЭЭЗ этого не наблюдается. От выборки к выборке АК непрерывно и хаотически изменяются, но нет стремления к нулю автокорреляционных функций. Более того,

для динамического хаоса Лоренца характерно равномерное распределение выборок  $x_i(t)$  внутри аттракторов Лоренца. Для статистического хаоса биосистем (квазиаттракторы Еськова - псевдоаттрактора - ПА) нет свойства перемешивания [1-11, 13-16, 20-26].

В целом, статистический хаос биосистем (ЭЭЗ) характеризуется статистической неустойчивостью выборок  $x_i(t)$ , их СПС и АК. Это особый хаос, когда любая выборка ТМГ или ТПГ (у одного и того же испытуемого) статистически не может быть повторима. В этом ЭЭЗ мы не наблюдаем динамический хаос Лоренца и для его описания необходимо строить новый математический аппарат, например, в виде теории хаоса-самоорганизации (ТХС) [1, 2, 3, 7-9, 11-13, 16, 20-24].

**2. Неустойчивость выборок кардиоинтервалов.** Подчеркнем еще раз, что сейчас уж имеется ряд работ, где пытаются доказать наличие хаоса в кардиоритмах. Фактически, для этого достаточно доказать отсутствие периодической ритмики сердца, а еще лучше отсутствие статистической устойчивости КИ (т.е. ЭЭЗ для работы сердца). Очевидно, что доказательство эффекта ЭЭЗ для работы сердца сразу усилит наш подход в изучении всего организма человека, т.к. до настоящего времени кардиоритм считали устойчивым.

Для опровержения этого убеждения мы обследовали 15 здоровых человек в покое (регистрация КИ производилась сидя, в спокойном состоянии) с помощью запатентованного прибора «Элокс-01С»). У каждого испытуемого регистрировали по 15 серий измерений, при этом в каждой серии было по 15 выборок КИ и каждая выборка содержала не менее 300 КИ, длительность регистрации такой выборки не менее 5-ти минут. В итоге мы строили для каждого испытуемого по 15-ть матриц парных сравнений выборок КИ.

В каждой такой матрице размером 15x15 мы находили критерий Ньюмана-Кейлса  $P$  (для каждой  $j$ -й выборки КИ). В итоге находили числа  $k$  пар выборок КИ, которые имели  $P_{ij} \geq 0,05$ . В этом случае эти две выборки должны иметь одну, общую генеральную совокупность, т.е. они статистически совпадали (существенно не различались). Для примера мы представляем характерную матрицу парных сравнений выборок КИ в виде таблицы 3. Здесь  $k=20$  и это очень небольшое значение, т.к. в статистике обычно требуют 95% и более совпадений.

Таблица 3

**Уровни значимости ( $P$ ) для попарных сравнений 15-ти выборок параметров КИ группы испытуемых (девушки, <Т> - 25 лет) в спокойном состоянии с помощью непараметрического критерия Ньюмана-Кейлса, число совпадений  $k=20$**

	1 R:1472, 3	2 R:2625, 2	3 R:2358, 4	4 R:2906, 9	5 R:1741, 4	6 R:1591, 8	7 R:3356, 5	8 R:1269, 1	9 R:2539, 3	10 R:2887, 7	11 R:1241, 9	12 R:564,6 7	13 R:461,7 9	14 R:349,7 1	15 R:2765, 9
1		0,00	0,00	0,00	0,57	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,00		0,62	0,38	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,70	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
3	0,00	<b>0,62</b>		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	0,00	<b>0,38</b>	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
5	<b>0,57</b>	0,00	0,00	0,00		1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	<b>1,00</b>	0,00	0,00	0,00	<b>1,00</b>		0,00	0,09	0,00	0,00	0,03	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	<b>1,00</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,09</b>	0,00		0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	0,00	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00		0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
10	0,00	<b>0,70</b>	0,00	<b>1,00</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03		0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
11	<b>1,00</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	<b>1,00</b>	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		1,00	1,00	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	<b>1,00</b>		1,00	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	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>		0,00
15	0,00	<b>1,00</b>	0,00	<b>1,00</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	

Существенно, что такая статистическая неустойчивость выборок наблюдается во всех наших 225-ти рассчитанных матрицах парных сравнений выборок для всех 15-ти испытуемых. Сами же числа  $k_{e,m}$  – где номер испытуемого, а  $m$  – номер серии испытаний (номер матрицы для каждого его испытуемого) группируются для каждого испытуемого вокруг его среднего значения  $\langle k_e \rangle$ . Обычно (во всех наших испытаниях) эти  $\langle k_e \rangle \leq 20\%$  от всех 105 пар сравнений в каждой такой матрице.

Все такие значения  $k_{e,m}$ , которые менее 20% показывают отсутствие статистической устойчивости выборок КИ, т.е. доказывают ЭЭЗ. Это означает, что стохастика не применима в оценке ритмики сердца и невозможно говорить и о периодичности в работе сердца, ритм сердца статистически неустойчив. Но это не динамический хаос Лоренца. Более того, неустойчивы СПС для выборок КИ и их АК. Все непрерывно и хаотически изменяется. ЭЭЗ завершает дальнейшее применение стохастики в изучении работы сердца [2, 3, 7, 8, 13, 14, 16, 24, 26, 29, 30, 33]. Требуются новые модели и новая теория для описания работы сердца и в биомеханике.

Сейчас мы подошли к новому пониманию в динамике поведения многих биосистем. В первую очередь это относится к поведению нервно-мышечной системы (НМС) и сердечно-сосудистой системы (ССС). Эти системы составляют основы жизнедеятельности организма человека. Именно параметры НМС и СССР демонстрируют сейчас особый статистический хаос и этот хаос требует новых моделей и новой теории. Параметры организма человека демонстрируют отсутствие устойчивой периодики, т.к. СПС и АК не могут быть произвольно повторены. Новый подход мы предлагаем в рамках аналога принципа неопределенности Гейзенберга [1-5, 7-10, 13-15, 20-27, 32].

**Заключение.** Статистическая неустойчивость в биомеханике и физиологии сердечно-сосудистой системы доказывает реальность эффект Еськова-Зинченко и гипотезу Н.А. Бернштейна о

«повторении и без повторений». Это ставит под сомнение дальнейшее применение статистики в изучении биосистем. Любая выборка параметров организма человека будет уникальной. Она статистически не повторима ни в виде функции распределения  $f(x)$ , ни как спектральная плотность сигнала, ни как автокорреляции.

Возникает статистический хаос параметров НМС и СССР, но он отличается от динамического хаоса Лоренца. В ЭЭЗ не положительных констант Ляпунова, нет явления смешивания, автокорреляционные функции стремятся к нулю. В неизменном физиологическом состоянии испытуемого мы наблюдаем непрерывный хаотический калейдоскоп выборок  $x_i(t)$ . Все это требует разработки новых инвариантов и создания новой теории для описания систем третьего типа, о которых писал в 1948 году W.Weaver [34]. Сейчас мы разрабатываем аналог квантовой механики для таких (живых) систем [1, 2, 3, 7-9, 11-13, 16, 20-24, 27-29, 30-33].

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-47-860001 р\_а «Разработка вычислительной системы для идентификации параметров тремора при стресс-воздействиях в психофизиологии».*

## 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., Пятин В.Ф., Еськов В.В., Веденева Т.С., Игнатенко А.П. Реализация гипотезы Н.А. Бернштейна о «повторении без повторений» // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2020. – № 3. – С. 24-30.
  - 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., Pyashenko 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., Pyashenko, L.K. Glansdorff-

- Prigogine theorem in the description of tremor chaotic dynamics in cold stress // *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. – 2017. – No. 5. – Pp. 27-32.
- 23 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.
- 24 Eskov, V.M. Gudkov, A.B., Filatov, M.A. Eskov, V.V. Principles of homeostatic regulation of functions in human ecology // *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. – 2019. – №10 – Pp. 41-49.
- 25 Filatov M.A., Ilyashenko L.K., Kolosova A.I., Makeeva S.V. Stochastic and chaotic analysis of students' attention parameters of different ecological zones. // *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. – 2019. – №7 – Pp. 11-16.
- 26 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. // *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. – 2020. – №1 – Pp. 6-10.
- 27 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.
- 28 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 // *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. – 2019. – №5. – Pp.43-48.
- 29 Filatova O. E., Gudkov A. B., Eskov V. V., Chempalova L. S. The concept of uniformity of a group in human ecology // *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. – 2020. – №2 – Pp. 40-44.
- 30 Filatova O.E., Pyatin V.F., Filatov M.A., Shakirova L.S. The low temperature influence on cardiointervals under physical training of man // *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. – 2021. – №1 – Pp.17-21.
- 31 Khadartseva K. A., Filatov M. A., Melnikova E. G. The problem of homogenous sampling of cardiovascular system parameters among migrants in the Russian North. // *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. – 2020. – №7 – Pp. 27-31.
- 32 Khadartsev A.A., Eskov V.V., Pyatin V.F., Filatov M.A. The Use of Tremorography for the assessment of motor functions // *Biomedical engineering*. – 2021. – Vol. 54, No. 6. – Pp. 388-392.
- 33 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
- 34 Weaver W. Science and Complexity // *American Scientist*. – 1948. – Vol. 36, №4. – Pp. 536-544.
- 35 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.
- 36 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'chickij 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 ehvolucii complexity: monografiya*. Tula: izd-vo TulGU, 2016. – 307 s.

- 3 Eskov V.V., Pyatin V.F., Filatova D.Yu. Bashkatova Yu.V. Хаос 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' хаоса в регуляции физиологических функций организма. [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. Effekt Es'kova-Zinchenko oprovergaet predstavleniya I.R. Prigogine, J.A. Wheeler i M. Gell-Mann o determinirovannom хаосе 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: хаос gomeostaticheskix 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: хаос gomeostaticheskix 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 mezhdu proizvodnymi i neproizvodnymi 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. Organizatsiya dvizhenij: stoxastika ili хаос? [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 хаоса-samoorganizatsii 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 texnologij [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 Khadartsev A.A., Pyatin V.F., Es'kov V.V., Vedeneeva T.S., Ignatenko A.P. Realizatsiya gipotezy` N.A. Bernshtejna o «povtoreнии bez povtoreний» [The N.A. Bernstein hypothesis about «repetition without repetition» was realized] // Slozhnost'. Razum. Postneklassika



- [Complexity. Mind. Postnonclassic]. – 2020. – № 3. – S. 24-30.
- 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., 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.
- 24 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.
- 25 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.
- 26 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.
- 27 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.
- 28 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.
- 29 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.
- 30 Filatova O.E., Pyatin V.F., Filatov M.A., Shakirova L.S. The low temperature influence on cardiointervals under physical training of man // *Ekologiya cheloveka [Human Ecology]*. – 2021. – №1 – Pp.17-21.
- 31 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.
- 32 Khadartsev A.A., Eskov V.V., Pyatin V.F., Filatov M.A. The Use of Tremorography for the assessment of motor functions // *Biomedical engineering*. – 2021. – Vol. 54, No. 6. – Pp. 388-392.
- 33 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
- 34 Weaver W. Science and Complexity // *American Scientist*. – 1948. – Vol. 36, №4. – Pp. 536-544.
- 35 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.

- 36 Zilov V. G., Khadartsev A. A., Eskov V. M., Piyashenko L. K. New effect in physiology of human nervous muscle system // Bulletin of experimental biology

and medicine. – 2019. – Vol. 167 (4). – Pp. 419-423.