DOI: 10.12737/10867

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ И ХАОТИЧЕСКИЙ ПОДХОДЫ В ОЦЕНКЕ ПАРАМЕТРОВ ТРЕМОРА ПРИ ОХЛАЖДЕНИИ ИСПЫТУЕМЫХ

Д.К. БЕРЕСТИН, Ю.Г. БУРЫКИН, Б.К. УМАРОВ, А.С. КОЗЛОВ

Сургутский государственный университет ХМАО – Югры,
пр. Ленина, д. 1, г. Сургут, Россия, 628412

Аннотация. Представлены результаты исследования показателей нервно-мышечной системы юношей и девушек в возрасте от 20 до 28 лет, проживающих на Севере более 15 лет и имеющих различный опыт применения закаливающих процедур. Средний возраст обследуемых составил 22,8 лет. Показания тремора снимались до и после локального холодового воздействия, на основании которых сравнивалась реакция организма у всех групп обследуемых. Доказывается, что локальное холодовое воздействие влияет на параметры нервно – мышечной системы человека (треморограммы) у трех групп испытуемых (1-я группа 15 человек не закаливающихся, 2-я группа 15 человек закаливающихся менее года, 3-я группа 15 человек закаливающихся более 2-х лет). Были рассчитаны статистические показатели и получены амплитудно-частотные характеристики сигналов, рассчитаны площади и матрицы парных сравнений треморограмм трёх групп испытуемых до и после воздействия. Квазиаттракторы продемонстрировали наибольшее различие в сравнении со стохастикой и матрицы парных сравнений у тренированных почти не изменяются до и после холодового воздействия, что является показателем высокой адаптации к холодовым воздействиям.

Ключевые слова: энтропия**,** квазиаттракторы, вектор состояния биосистемы, тремор.

THERMODYNAMIC AND CHAOTIC APPROACHES FOR THE ESTIMATION OF PARAMETERS TREMOR COOLING SUBJECTS

D.K. BERESTIN, Y.G. BURYKIN, B.K. UMAROV, A.S. KOZLOV

Surgut State University, Lenina, 1, Surgut, Russia, 628412

Abstract. The results of the research performance of the neuromuscular system of boys and

girls aged from 20 to 28 years old, living in the North for over 15 years and have a different experience of tempering procedures. Mean age was 22.8 years. Indications tremors were recorded before and after local cold exposure, based on comparing the body's response in all groups surveyed. It is proved that the local cold exposure affects the parameters of the neuro – muscular man (tremorogrammy) in three groups of subjects (group 1 to 15 people is not quenched, 2nd group of 15 people hardenable less than a year, the third group of 15 people hardenable 2-xs). Were calculated and statistical indicators obtained amplitude – frequency characteristics of signals, calculate the area and the matrix of pairwise comparisons tremorogramm three groups of subjects before and after exposure. Quasi-attractor showed the greatest difference in comparison with the stochastics and the matrix of pairwise comparisons in trained almost do not change before and after cold exposure, which is indicative of a high adaptation to cold exposure.

Key words: entropy, quasi-attractors, the state vector of the biosystem, tremor.

Введение. Как уже было показано в ряде работ [11-19] любой интервал регистрируемых параметров *тремора* будет уникален и не повторим. Иными словами любая треморограмма, фактически, применима для исследования только в конкретный момент времени [5-10]. Подобные изменения параметров *тремора* наблюдаются у любого испытуемого и получается, что статистические параметры будут тоже уникальны, то есть они реальны только в конкретный момент времени [9,12,16-19]. В следующий момент времени параметры будут другими и, соответственно, стохастические результаты будут применимы только на данный момент времени. На этом основана вся *теория хаоса-самоорганизации* (ТХС) и по этой причине мы всегда рассчитываем *квазиаттракторы* (КА) треморограмм в двумерных (x_1 – координата, $x_2=dx_1/dt$ – скорость движения пальца) или трёхмерных *фазовых пространствах состояний* (ФПС). При этом остается открытой проблема соотношения стохастического подхода (в частности, энтропийного) и методов ТХС [1-6]. Определению границ стохастики и посвящается настоящее исследование на примере адаптации к холоду у трех групп испытуемых.

1. Энтропийный подход в оценке треморограмм. Сразу отметим, что при квантовании треморограмм мы получали некоторые выборки $x_1=x_1(t)$, которые представляли положение пальца в пространстве по отношению к датчику регистрации координаты x_i (положение пальца в пространстве) в виде выборок треморограмм x_i. Далее x1(t) дифференцировался и получался вектор $x(t)=(x_1, x_2)^T$. Вся установка включала в себя токовихревой датчик, усилители сигнала, АЦП и ЭВМ, которая кодировала и сохраняла информацию.

Использовался один из методов стохастики в виде расчета значения энтропии Шеннона. Энтропия Шеннона связана с распределением вероятностей амплитуд колебаний движения. Фактически, это мера упорядоченности выборок x_i – компонент *вектора состояния системы* (ВСС) $x(t)$ в *фазовом пространстве состояний* (ФПС). В связи с тем, что значения энтропии Шеннона описываются законом усеченного нормального распределения, то данные представлены в виде средних значений, дисперсии, стандартного отклонения или, для случая непараметрических распределений, в виде медиан и центилей. Формальное определение энтропии для независимых случайных событий x с n возможными состояниями (от 1 до n, p – функция вероятности) рассчитывается по формуле:

$$H(x) = -\sum_{i=1}^{n} p(i)\log_2 p(i).$$

Эта процедура нами сейчас выполнилась только для одной координаты $x_1(t)$, а вторая координата (скорость) $x_2=dx_1/dt$ входила в вектор $x=(x_1,x_2)^T$. Этот ВСС $x(t)$, который совершал непрерывные хаотические движения в таком двухмерном ФПС. Само это движение у нас оценивалось в рамках расчета энтропией H (для трех групп) и параметров КА, причем для Н мы имеем нормальное распределение (табл. 1).

Таблица 1

Результаты статистической обработки динамики поведения Н – энтропии Шеннона для тремора до и после локального холодового воздействия (до-после) для трех групп испытуемых (1-я группа – 15 человек не закаливающихся, 2-я группа – 15 человек закаливающихся менее года, 3-я группа – 15 человек закаливающихся более 2-х лет)

№	1 группа – H_1		2 группа – H_2		3 группа – H_3	
	до	после	до	после	до	после
1	3,86	3,81	3,68	3,67	3,67	3,73
2	3,40	4,05	3,89	3,48	3,83	3,54
3	3,75	3,89	3,86	4,08	3,78	3,59
4	3,75	4,05	3,67	3,81	4,13	3,59
5	3,81	3,97	3,59	3,94	3,57	3,68
6	3,75	3,75	3,92	3,64	3,81	3,54
7	3,60	3,48	4,13	3,56	3,89	3,68
8	4,16	3,78	3,86	3,64	3,64	3,68
9	3,86	3,65	3,81	3,62	3,62	3,83
10	3,89	3,54	3,51	3,67	3,80	3,59
11	3,65	3,84	3,89	4,02	3,88	4,00
12	3,70	3,94	3,75	3,78	3,59	3,54
13	3,94	3,62	3,68	3,35	3,65	3,97
14	3,64	3,75	3,84	3,78	3,86	3,81
15	3,59	3,62	3,78	3,73	3,56	3,67
<H>	3,76	3,79	3,79	3,72	3,75	3,70

Примечание: Н – значение энтропии Шеннона, <H> – среднее значение энтропии Шеннона

Как видно из табл. 1, первая группа испытуемых показала динамику (после локального охлаждения конечности) в сторону увеличения энтропии Шеннона ($E_{до}$=3,7596, $E_{после}$=3,7858). Лица, не занимающиеся закаливанием организма, образовали эту первую группу. Вторая группа наблюдения представлена людьми, использующими: закаливающие процедуры менее 1 года, а третья группа наблюдения – закаливающиеся на протяжении длительного времени (более 2-х лет). Очевидно, что вторая и третья группы показали обратную динамику в сторону уменьшения значения *энтропии*: для второй группы ($E_{до}$=3,7935, $E_{после}$=3,7197), для третьей группы ($E_{до}$=3,7544, $E_{после}$ =3,6993). Это характерные изменения *H* в результате холодового воздействия у людей, которые адаптируются к холоду. И оно характеризует возможности стохастики и ТХС в оценке физиологических эффектов тремора [9-13].

Из полученных результатов значений энтропии Шеннона, можно видеть, что изменение значений Н происходит в сотых или в десятых долях значений. Это говорит о слабой чувствительности метода расчета *H* при использовании стохастических подходов для измерения параметров сложных биосистем (*complexity*). Низкая чувствительность энтропии *H* может не показать различий в состоянии системы регуляции тремора при физических воздействиях на испытуемого или эти различия будут статистически недостоверны

Таблица 2

Уровни значимости для попарных сравнений выборок параметров треморограмм 15-ти человек (первой группы испытуемых) до и после локального холодового воздействия с помощью непараметрического критерия Вилкоксона (число пар совпадений *k*=5)

		Параметры треморограмм после локального холодового воздействия														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Параметры треморограмм до локального холодового воздействия	1	,00	**,29**	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
	2	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
	3	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
	4	,00	,00	,00	,00	,00	**,13**	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
	5	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
	6	,0	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
	7	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
	8	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
	9	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	**,60**	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
	10	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
	11	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
	12	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	**,08**
	13	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
	14	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	**,06**	,00	,00	,00	,00
	15	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00

Примечание: *p* – достигнутый уровень значимости (критическим уровнем принят *p*<0,05)

(что мы и имеем в табл. 1).

Результаты проверки на соответствие закону усеченного нормального распределения параметров треморограмм до и после локального холодового воздействия в трех группах испытуемых (1-я группа 15 человек не закаливающихся, 2-я группа 15 человек закаливающихся менее года, 3-я группа 15 человек закаливающихся более 2-х лет), с использованием критерия Шапиро-Уилка.

Эти результаты статистической проверки на нормальность распределения треморограмм испытуемых по критерию Шапиро-Уилка, демонстрируют не параметрический тип распределения. Поэтому для выявления различий показателей треморограмм испытуемых нами использовались методы не параметрической статистики. Однако энтропия Н не дает столь существенных различий между двумя функциональными состояниями (тремор до холодового воздействия и после).

Таблица 3

Уровни значимости *p* для парных сравнений выборок параметров треморограмм 15-ти человек (второй группы испытуемых) до и после локального холодового воздействия с помощью непараметрического критерия Вилкоксона (число пар совпадений *k*=3)

		Параметры треморограмм после локального холодового воздействия														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Параметры треморограмм до локального холодового воздействия	1	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
	2	,00	,08	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
	3	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
	4	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
	5	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
	6	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
	7	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
	8	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
	9	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
	10	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,73	,00
	11	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,88	,00
	12	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
	13	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
	14	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,71	,00	,00
	15	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00

Примечание: p – достигнутый уровень значимости (критическим уровнем принят p<0,05)

2. Стохастический и хаотический подход в оценке треморограмм при холодовых воздействиях. Уровни значимости парных сравнений выборок параметров треморограмм 1-й группы испытуемых (не закаливающихся) до и после локального холодового воздействия с помощью не параметрического критерия Вилкоксона представлены в табл. 2. Очевидно, что возможность «совпадения» выборок очень невелика, практически все выборки разные и это является особенностью систем третьего типа [3-12].

В результате попарного сравнения параметров треморограмм испытуемых 1-й группы видно, что локальное холодовое воздействие значимо влияет на параметры треморограмм испытуемых. За исключением 5-ти пар сравнения (k=5), где значения уровня значимости выше критического (p>0,05) все другие пары отличаются. Только первый испытуемый до воздействия не отличается по параметрам тремора от испытуемых после локального холодового воздействия (p=0,29), испытуемый 4 до воздействия «совпадает» с 6-м испытуемым после воздействия (p=0,13), 9-й испытуемый до воздействия совпадает с 8-м испытуемым после воздействия (p=0,60), 12-й испытуемый до воздействия с 15-м испытуемым после воздействия (p=0,08), 14-й испытуемый до воздействия с 11-м испытуемым после воздействия (p=0,06).

Величины уровней значимости парного сравнения параметров треморограмм 2-й группы испытуемых (закаливающихся менее одного года) до и после локального холодового воздействия с использованием критерия Вилкоксона представлены в табл. 3.

Как видно из табл. 3, после попарного сравнения параметров треморограмм испытуемых, закаливающихся менее одного года, до и после холодового воздействия имеется только 3 пары совпадений, чьи уровни значимости выше предельного (p>0,05).

Таблица 4

Уровни значимости для попарных сравнений параметров треморограмм 15 человек (третьей группы испытуемых) до и после локального холодового воздействия с помощью непараметрического критерия Вилкоксона (число пар совпадений *k*=2)

		Параметры треморограмм после локального холодового воздействия														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Параметры треморограмм до локального холодового воздействия	1	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
	2	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
	3	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
	4	,00	,00	,00	,00	,00	,00	**,05**	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
	5	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
	6	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
	7	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
	8	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
	9	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
	10	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
	11	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
	12	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	**,30**	,00	,00	,00	,00
	13	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
	14	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
	15	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00

Примечание: *p* – достигнутый уровень значимости (критическим уровнем принят p<0,05)

Уровни значимости попарного сравнения параметров треморограмм 3-й группы испытуемых (закаливающихся более 2-х лет) до и после локального холодового воздействия представлены в табл. 4, из которой следует, что в результате парного сравнения параметров треморограмм до и после локального холодового воздействия у 3-й группы испытуемых совпадения получены, только у 2-х пар сравнения (уровень значимости p выше критического): у 4-го испытуемого до воздействия и 7-го испытуемого после воздействия (*p*=0,05); у 12-го испытуемого до воздействия в сравнении с 11-м испытуемым после воздействия (*p*=0,30) тоже имеется «совпадение». Остальные выборки существенно не отличаются.

Очевидно, что у испытуемых, которые закаливаются более двух лет, количество совпадений до и после локального холодового воздействия почти в 2 раза меньше чем у испытуемых, которые не закаливаются вообще и в 1,5 раза меньше чем у испытуемых, которые закаливаются менее одного года. Уменьшение количества совпадений выборок в результате парного сравнения у испытуемых, которые закаливаются, говорит об адаптации организма. В результате тренировок эти испытуемые легче переносят холодовое воздействие.

У первой и второй групп испытуемых наблюдается увеличение значений медиан выборок для расчета КА треморограмм после локального холодового воздействия. Одновременно можно наблюдать разницу значений медиан между первой и второй группами испытуемых как для площадей, так и для объемов КА. В то же время третья группа испытуемых показала не существенную разницу между значениями медиан до и после локального холодового воздействия. Для площадей КА произошло небольшое уменьшение значения медианы, для объемов КА произошло небольшое увеличение. Такие результаты можно объяснить эффектом закаливания организма т.к. после локального холодового воздействия во второй группе значение медианы для площадей *квазиаттракторов* увеличивается в 1,68 раза, тогда как в первой группе после локального холодового воздействия значение медианы КА увеличивается в 1,95 раза. Такая же динамика характерна и для объемов: в первой группе значения медианы после локального холодового воздействия увеличивается в 1,82 раза, тогда как во второй группе значения медианы после локального холодового воздействия увеличивается в 1,71 раза.

Наименьшее различие в величине *k* мы имеем в третьей группе испытуемых, если сравнивать выборки внутри группы (матрица 15×15). После локального холодового воздействия число *k* «совпадений» пар составило 10 из 105 пар сравнения (до воздействия *k*=9). Число пар «совпадений» (согласно расчетам матриц парного сравнения) резко нивелируется при переходе от 1-й группы ко второй. Используемый метод построения матриц парных сравнений де-

монстрирует, что у первой группы испытуемых после локального холодового воздействия число *k* «совпадений» пар выросло в 2 раза (*k*=6 до локального холодового воздействия, *k*=12 после локального холодового воздействия). У второй группы испытуемых изменение числа «совпадений» пар не настолько большое, чем у первой группы испытуемых. До локального холодового воздействия число «совпадений» пар *k*=8, а после локального холодового воздействия число «совпадений» *k*=10. В третьей группе после локального холодового воздействия число «совпадений» пар до и после локального холодового воздействия почти не изменяется: до локального холодового воздействия k=9, после локального холодового воздействия *k*=10. Все это доказывает целесообразность применения метода парных сравнений выборок [6-12] треморограмм в оценке степени адаптации организма к холоду, т.к. энтропия Н не дает больших различий.

Заключение. Метод расчета энтропий Шеннона Н может быть использован в оценке адаптивных изменений в системе регуляции тремора (к холодовым воздействиям) но он обладает слабой чувствительностью и с позиций стохастики может быть вообще не чувствительным.

Метод расчета матриц парных сравнений выборок треморограмм целесообразно использовать для оценки реакции системы регуляции тремора в условиях локального охлаждения. У тренированных различия в значениях *k* минимальные и это служит идентификацией степени тренированности.

Литература

1. Ведясова О.А., Еськов В.М., Филатова О.Е. Системный компартментно – кластерный анализ механизмов устойчивости дыхательной ритмики млекопитающих.– Самара: Офорт, 2005.– 198 с.

2. Гавриленко Т.В., Вохмина Ю.В., Даянова Д.Д., Берестин Д.К. Параметры квазиаттракторов в оценке стационарных режимов биологических динамических систем с позиций компартментно-кластерного подхода // Вестник новых медицинских технологий.– 2014.– Т. 21, № 1.– С. 134–137.

3. Даянова Д.Д., Гавриленко Т.В., Вохмина Ю.В., Игуменов Д.С. Стохастическая оценка моделей хаотической динамики биологических систем // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2014. №1. Публикация 3-19. URL: http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/4773.pdf (Дата обращения: 30.04.2014).

4. Добрынина И.Ю., Еськов В.М., Живогляд Р.Н., Зуевская Т.В. Гирудотерапевтическое управление гомеостазом человека при гинекологических патологиях в условиях Севера РФ // Вестник новых медицинских технологий.– 2005.– Т. 12, № 2.– С. 25–27.

5. Еськов В.М., Добрынина И.Ю., Живогляд Р.Н. Детерминизм и хаос в изучении синергизма и устойчивости биологических динамических систем // Системный анализ и управление в биомедицинских системах.– 2004.– Т. 3, № 4.– С. 143.

6. Еськов В.М., Майстренко В.И., Майстренко Е.В., Филатов М.А., Филатова Д.Ю. Исследование корреляции показателей функциональной асимметрии полушарий головного мозга с результатами учебной деятельности учащихся // Вестник новых медицинских технологий.– 2007.– Т. 14, №3.– С. 205–207.

7. Еськов В.М., Нанченко Е.А., Козлова В.В., Климов О.В., Майстренко Е.В. Параметры квазиаттракторов поведения вектора состояния организма пловцов // Вестник новых медицинских технологий.– 2009.– Т. 16, № 4.– С. 24–26.

8. Еськов В.М., Брагинский М.Я., Козлова В.В., Майстренко Е.В. Диагностика физиологических функций женщин-пловцов югры методом расчета матриц межкластерных расстояний // Системный анализ и управление в биомедицинских системах.– 2010.– Т. 9, № 3.– С. 500–504.

9. Еськов В.М., Филатова О.Е., Хадарцев А.А., Хадарцева К.А. Фрактальная динамика поведения человекомерных систем // Вестник новых медицинских технологий.– 2011.– Т. 18, № 3.– С. 330–331.

10. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Козлова В.В., Филатов М.А., Филатова О.Е. Системный анализ, управление и обработка информации в биологии и медицине / Том XI. Системный синтез параметров функций организма жителей Югры на базе нейрокомпьютинга и теории хаоса-самоорганизации в биофизике сложных систем.– Самара: Офорт, 2014.– 192 с.

11. Еськов В.М., Еськов В.В., Филатова О.Е., Хадарцев А.А. Особые свойства биосистем и их моделирование // Вестник новых медицинских технологий.– 2011.– Т. 18, № 3.– С. 331–332.

12. Еськов В.М., Филатова О.Е., Хадарцев А.А., Еськов В.В., Филатова Д.Ю. Неопределенность и непрогнозируемость – базовые свойства систем в биомедицине // Сложность. Разум. Постнеклассика.– 2013.– № 1.– С. 68–84.

13. Еськов В.М., Королев В.В., Хадарцев А.А., Фундин Н.А. Моделирование динамики движения вектора состояния организма человека в условиях импульсной гиперграватационной физической нагрузки // Вестник новых медицинских технологий.– 2013.– Т. 20, № 4.– С. 16–24.

14. Еськов В.М., Еськов В.В., Гавриленко Т.В., Вахмина Ю.В. Кинематика биосистем как эволюция: стационарные режимы и скорость движения сложных систем – complexity // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 3. Физ. Астрон.– 2015.– № 2.

15. Козупица Г.С., Даянова Д.Д., Бурыкин Ю.Г., Берестин Д.К. Компартментно-кластерное моделирование неопределённостей в рамках детерминизма // Сложность. Разум. Постнеклассика.– 2014.– № 2.– С. 68–80.

16. Нифонтова О.Л., Бурыкин Ю.Г., Майстренко Е.В., Хисамова А.В. Системный анализ в сравнительной оценке антропометрических показателей детей школьного возраста Тюменского севера // Информатика и системы управления.– 2010.– № 2.– С. 167–170.

17. Eskov V.M., Filatova O.E. Respiratory rhythm generation in rats: the importance of inhibition // Neurophysiology.– 1993.– T. 25, № 6.– P. 420.

18. Eskov V.M., Kulaev S.V., Popov Yu.M., Filatova O.E. Computer technologies in stability measurements on stationary states in dynamic biological systems // Measurement Techniques.– 2006.– T. 49, № 1.– P. 59–65.

19. Eskov V.M., Eskov V.V., Filatova O.E. Medical and biological measurements: characteristic features of measurements and modeling for biosystems in phase spaces of states // Measurement Techniques.– 2011.– T. 53, № 12.– P. 1404–1410.

20. Eskov V.M., Eskov V.V., Braginskii M.Ya., Pashnin A.S. Determination of the degree of synergism of the human cardiorespiratory system under conditions of physical effort // Measurement Techniques.– 2011.– T. 54, № 8.– P. 832–837.

References

1. Vedyasova OA, Es'kov VM, Filatova OE. Sistemnyy kompartmentno – klasternyy analiz mekhanizmov ustoychivosti dykhatel'noy ritmiki mlekopitayushchikh. Samara: Ofort; 2005. Russian.

2. Gavrilenko TV, Vokhmina YuV, Dayanova DD, Berestin DK. Parametry kvaziattraktorov v otsenke statsionarnykh rezhimov biologicheskikh dinamicheskikh sistem s pozitsiy kompartmentno-klasternogo podkhoda. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2014;21(1):134-7. Russian.

3. Dayanova DD, Gavrilenko TV, Vokhmina YuV, Igumenov DS. Stokhasticheskaya otsenka modeley khaoticheskoy dinamiki biologicheskikh sistem. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. Elektronnoe izdanie [Internet]. 2014 [cited 2014 arp 20];1:[about 6 p.]. Russian. Available from: http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/4773.pdf.

4. Dobrynina IYu, Es'kov VM, Zhivoglyad RN, Zuevskaya TV. Girudoterapevticheskoe upravlenie gomeostazom cheloveka pri ginekologicheskikh patologiyakh v usloviyakh Severa RF. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2005;12(2):25-7. Russian.

5. Es'kov VM, Dobrynina IYu, Zhivoglyad RN. Determinizm i khaos v izuchenii sinergizma i ustoychivosti biologicheskikh di-

namicheskikh sistem. Sistemnyy analiz i upravlenie v biomeditsinskikh sistemakh. 2004;3(4):143. Russian.

6. Es'kov VM, Maystrenko VI, Maystrenko EV, Filatov MA, Filatova DYu. Issledovanie korrelyatsii pokazateley funktsional'noy asimmetrii polushariy golovnogo mozga s rezul'tatami uchebnoy deyatel'nosti uchashchikhsya. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2007;14(3):205-7. Russian.

7. Es'kov VM, Nanchenko EA, Kozlova VV, Klimov OV, Maystrenko EV. Parametry kvaziattraktorov povedeniya vektora sostoyaniya organizma plovtsov. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2009;16(4):24-6. Russian.

8. Es'kov VM, Braginskiy MYa, Kozlova VV, Maystrenko EV. Diagnostika fiziologicheskikh funktsiy zhenshchin-plovtsov yugry metodom rascheta matrits mezhklasternykh rasstoyaniy. Sistemnyy analiz i upravlenie v biomeditsinskikh sistemakh. 2010;9(3):500-4. Russian.

9. Es'kov VM, Filatova OE, Khadartsev AA, Khadartseva KA. Fraktal'naya dinamika povedeniya chelovekomernykh sistem. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2011;18(3):330-1. Russian.

10. Es'kov VM, Khadartsev AA, Kozlova VV, Filatov MA, Filatova OE. Sistemnyy analiz, upravlenie i obrabotka informatsii v biologii i meditsine. Tom XI. Sistemnyy sintez parametrov funktsiy organizma zhiteley Yugry na baze neyrokomp'yutinga i teorii khaosa-samoorganizatsii v biofizike slozhnykh sistem. Samara: Ofort; 2014. Russian.

11. Es'kov VM, Es'kov VV, Filatova OE, Khadartsev AA. Osobye svoystva biosistem i ikh modelirovanie. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2011;18(3):331-2. Russian.

12. Es'kov VM, Filatova OE, Khadartsev AA, Es'kov VV, Filatova DYu. Neopredelennost' i neprognoziruemost' – bazovye svoystva sistem v biomeditsine. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2013;1:68-84. Russian.

13. Es'kov VM, Korolev VV, Khadartsev AA, Fundin NA. Modelirovanie dinamiki dvizheniya vektora sostoyaniya organizma cheloveka v usloviyakh impul'snoy gipergravitatsionnoy fizicheskoy nagruzki. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2013;20(4): 16-24. Russian.

14. Es'kov VM, Es'kov VV, Gavrilenko TV, Vakhmina YuV. Kinematika biosistem kak evolyutsiya: statsionarnye rezhimy i skorost' dvizheniya slozhnykh sistem – complexity. Vestn. Mosk. un-ta. Ser. 3. Fiz. Astron. 2015;2. Russian.

15. Kozupitsa GS, Dayanova DD, Burykin YuG, Berestin DK. Kompartmentno-klasternoe modelirovanie neopredelennostey v ramkakh determinizma. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2014;2:68-80. Russian.

16. Nifontova OL, Burykin YuG, Maystrenko EV, Khisamova AV. Sistemnyy analiz v sravnitel'noy otsenke antropometricheskikh pokazateley detey shkol'nogo vozrasta Tyumenskogo severa. Informatika i sistemy upravleniya. 2010;2:167-70. Russian.

17. Eskov VM, Filatova OE. Respiratory rhythm generation in rats: the importance of inhibition. Neurophysiology. 1993;25(6):420.

18. Eskov VM, Kulaev SV, Popov YuM, Filatova OE. Computer technologies in stability measurements on stationary states in dynamic biological systems. Measurement Techniques. 2006;49(1):59-65.

19. Eskov VM, Eskov VV, Filatova OE. Medical and biological measurements: characteristic features of measurements and modeling for biosystems in phase spaces of states. Measurement Techniques. 2011;53(12):1404-10.

20. Eskov VM, Eskov VV, Braginskii MYa, Pashnin AS. Determination of the degree of synergism of the human cardiorespiratory system under conditions of physical effort. Measurement Techniques. 2011;54(8): 832-7.