

УДК 612.76:614.873.23:536.75

ТЕОРЕМА ГЛЕНСДОРФА – ПРИГОЖИНА В ОПИСАНИИ ХАОТИЧЕСКОЙ ДИНАМИКИ ТРЕМОРА ПРИ ХОЛОДОВОМ СТРЕССЕ

© 2017 г. ¹В. М. Еськов, ²Ю. П. Зинченко, ³М. А. Филатов, ³Л. К. Иляшенко¹Сургутский государственный университет, г. Сургут²Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, г. Москва³ Филиал Тюменского индустриального университета в г. Сургуте

С позиций теории эффекта Еськова – Зинченко в биомеханике рассматривается динамика поведения значений энтропий E для треморограмм в режиме многократных ($N = 225$) повторений опытов у одного испытуемого. Доказывается почти полное совпадение E по 15 выборкам в каждой из 15 серий треморограмм, что подобно детерминированному хаосу при инвариантности мер. Стрессовое воздействие (2 мин охлаждение конечности в воде при $t = 4^\circ\text{C}$) не вызывает существенного изменения параметров энтропий E для треморограмм трёх групп испытуемых при их сравнении с исходным (спокойным) состоянием. Высказывается необходимость применения других критериев оценки холодового стресса при создании специальных условий адаптации к холоду (закаливание 1 год и 2 года). Энтропия E как мера хаоса неэффективна в оценке таких адаптивных процедур для организма человека на Севере. Выполненный расчет матриц парного сравнения выборок треморограмм показывает отсутствие статистической устойчивости этих выборок, т. е. для двух подряд полученных выборок мы не можем получить две одинаковые статистические функции распределения. Этот эффект получил название эффекта Еськова – Зинченко, и сейчас мы доказываем, что в таком эффекте остаются неизменными значения энтропии E полученных выборок. Стационарность энтропий для разных состояний гомеостаза – это еще одно доказательство особенности систем третьего типа в экологии человека.

Ключевые слова: хаос, энтропия, тремор, холодовая адаптация

GLANSORFF-PRIGOGINE THEOREM IN THE DESCRIPTION OF TREMOR CHAOTIC DYNAMICS IN COLD STRESS

¹V. M. Eskov, ²Y. P. Zinchenko, ³M. A. Filatov, ³L. K. Ilyashenko

¹Department of Biophysics and Neurocybernetics, Institute of Natural and Technical Sciences, Surgut State University, Surgut; ²Lomonosov Moscow State University, Moscow; ³Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Industrial University of Tyumen». IUT Surgut Branch, Surgut, Russia

The behavior dynamics of entropy E value in one man with multi repetition of tremor registration ($N = 225$ repetition) has been studied according to Eskov-Zinchenko theory effect in biomechanics. Almost full E coincidence according to 15-th series consisting of 15 tremorograms each proves the stable value of E for all 225 such registration (with repetition). It is like deterministic chaos. But the stress effect (2 min cooling of limb in water with $t = 4^\circ\text{C}$) does not show significant change of E value in tremorograms of three groups of test persons comparing with their initial state. There is a necessity to use another criteria for cold stress assessment (not stochastic approach) while creating special condition for cool adaptation (cold water treatment during 1 year and 2 years). Entropy E as a chaos measure is ineffective for assessment such adaptation procedures for the human body in the North. At the same time, matrix computation of paired comparison of tremorograms selection shows the lack of statistical stability in these samples, i. e., for two received samples, we are unable to obtain two identical statistical distribution functions. This effect was called Eskov-Zinchenko effect and now we prove that the values of entropy E of the obtained samples remain unchanged. Entropy stationarity for different states of homeostasis is one more proof of the systems' features of the third type in human ecology.

Keywords: chaos, entropy, tremor, cool adaptation

Библиографическая ссылка:

Еськов В. М., Зинченко Ю. П., Филатов М. А., Иляшенко Л. К. Теорема Гленсдорфа – Пригожина в описании хаотической динамики тремора при холодовом стрессе // Экология человека. 2017. № 5. С. 27–32.

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. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2017, 5, pp. 27–32.

В 1947 году российский физиолог и психолог Н. А. Бернштейн [11] представил эффект «повторение без повторений», который с того момента и до настоящего времени никем так и не был ни изучен, ни смоделирован [1, 6]. Постуральный тремор сейчас с позиций новой, разрабатываемой нами теории хаоса — самоорганизации (ТХС) реально представляет наглядный пример организации движений без повторений [4, 6, 17, 18, 20]. Эта проблема сейчас

нами расширена до понимания произвольных и непроизвольных движений и роли хаоса в организации любых видов движения. Одновременно такой подход может служить связующим звеном при переходе от движения физического к движению абстрактному в фазовом пространстве состояний (ФПС) вектора состояния $x = x(t) = (x_1, x_2 \dots x_m)^T$ любой биомеханической системы [1, 19, 20, 22]. В настоящее время хаотические биомеханические системы представляют

в рамках детерминированного хаоса особый вид движения, которое совершенно некорректно описывать в рамках традиционной статистики, столь широко распространённой в психологии и экологии человека [1–4, 9, 10, 13–15, 22].

Попытки построения детерминистских и стохастических моделей в изучении биомеханических процессов (в частности, теппинга или тремора) неизбежно приводят к изучению возможности моделирования хаотической динамики и постурального тремора, и теппинга. При этом возникает одна из фундаментальных задач психологии: чем произвольное движение отличается от непроизвольного? Ответ на этот вопрос касается и психологов, и физиологов, что сближает позиции двух наук. Между тем эта проблема весьма остро стоит и в экологии человека, где тесты на организацию движений являются базовыми в оценке состояния *нервно-мышечной системы* (НМС) человека особенно в условиях Севера Российской Федерации [3–8, 16–18, 22].

В новом эффекте Еськова – Зинченко численно доказывается, почему любой интервал *треморограммы* (ТМГ) будет уникальным и неповторимым. Это описывается в эффекте Еськова – Зинченко не только для выборок ТМГ или кардиоинтервалов (КИ) [7, 10, 13, 23, 25], но и их *амплитудно-частотных характеристик* (АЧХ), *автокорреляционных функций* $A(t)$ и фрактальных размерностей [18, 20, 22]. Иными словами, ТМГ (любой ее участок) является уникальным и неповторимым, а любой анализ участка ТМГ с позиции стохастического подхода будет применим только для конкретного интервала времени Δt_i . В другой момент времени все статистические параметры будут другими, и соответственно мы будем получать другие результаты стохастического анализа как ТМГ, так и АЧХ и $A(t)$ для этих ТМГ (на других интервалах времени $\Delta t_2, \Delta t_3 \dots \Delta t_n$) [17–20, 22].

Все статистические характеристики любых движений будут показывать разные статистические функции $f(x)$, разные их *амплитудно-частотные характеристики* – АЧХ, $A(t)$, другие характеристики. Тогда возникает базовый вопрос: может ли сознание человека точно управлять процессом движения (или где граница произвольности?) и какова роль высшей нервной деятельности (ВНД). Ответы на эти вопросы для экологии человека имеют фундаментальное значение. Это понимал Н. А. Бернштейн [11], но количественное изучение эффекта «без повторений» было сделано только в наше время [1, 6, 14, 17–20].

Методы

Регистрация ТМГ у испытуемых производилась с использованием запатентованного прибора (рисунок) [16–20].

Сразу отметим, что при квантовании треморограмм мы получали некоторые выборки $x_i = x_i(t)$, которые представляли положение пальца в пространстве по отношению к датчику регистрации координаты x_i (положение пальца в пространстве) в виде наборов

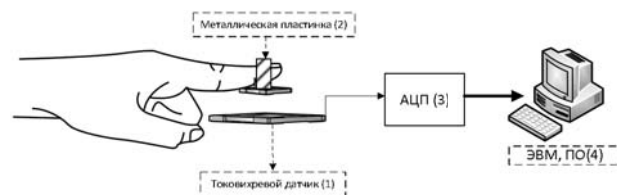


Схема биоизмерительного комплекса для регистрации тремора и теппинга

дискретных величин x_i , т. е. выборки треморограмм x_i как непрерывно изменяющихся координат. Эти выборки x_i для каждого интервала Δt_j ($j = 1, 2 \dots n$, где $n = 15$ обычно в наших исследованиях) статистически обрабатывались. Далее $x_i(t)$ дифференцировался, т. е. находилась скорость движения конечности $x_2(t) = dx_1/dt$ и получался вектор $x(t) = (x_1, x_2)^T$, в таком двумерном фазовом пространстве. Причём x_1 и скорость x_2 с позиций физики образовывали сопряжённые координаты [16–20].

Вся установка (см. рисунок) включала в себя токовибревой датчик (1), усилители сигнала, *аналого-цифровой преобразователь* (АЦП) и ЭВМ, которая кодировала и сохраняла информацию для каждого интервала Δt_j в виде отдельных файлов (выборки x_i) с реальной длительностью $T = 5$ сек. для каждой треморограммы. Металлическая пластина (2), которая крепилась к пальцу, обеспечивала регистрацию Δx_i с точностью 0,1 мм в частном диапазоне от 0 Гц до 1 000 Гц, что весьма затруднительно для акселерометрических датчиков (или других типов регистраторов).

В работе также рассматривается влияние локального холодового воздействия на параметры НМС человека (треморограммы) у трех групп испытуемых (1-я группа из 15 человек не закаливающихся; 2-я группа из 15 человек, закаливающихся менее года; 3-я группа из 15 человек, закаливающихся более двух лет). Фактически речь идет о процессах адаптации к холодовому воздействию (в виде закаливания и проживания на Севере РФ). Для каждого испытуемого производилась регистрация параметров ТМГ до и после локального охлаждения кисти. Очевидно, что охлаждение кисти вызывает определённый психогенный стресс и возмущение психического гомеостаза (наряду с физиологическими изменениями в самой НМС, т. е. это комплексное воздействие на психику и НМС). Для охлаждения кисть помещалась в воду с $t = 4^\circ\text{C}$ (до субъективной потери чувствительности на время $\tau = 2$ мин). При этом охлаждении регистрировались стандартно (за $\tau = 5$ сек.) треморограммы и затем для каждой полученной выборки производился расчет энтропии Шеннона E . В этом случае мы не использовали повтор измерений, а работали с группой в целом, т. е. имели выборки ТМГ и выборки для энтропии E по 15 разным испытуемым.

Для обработки полученных файлов (выборки x_i и $x_2 = x_2(t) = dx_1/dt$) первоначально использовались методы статистики (Statistica-6) для получения статистических функций $f(x)$ (обычно это были непараметрические распределения), а затем определяли

АЧХ и $A(t)$. Одновременно использовался один из методов стохастики, широко применяемой в теории информации и термодинамике, 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* $x(t)$ в ФПС. Характерно, что для странных аттракторов их $f(x)$ для разных Δt_j получаются практически одинаковыми, что для ТМГ невозможно в принципе и что составляет сейчас основу эффекта Еськова — Зинченко [1, 5, 6].

Формальное определение энтропии для независимых случайных событий x с n возможными состояниями (от 1 до n , p — функция вероятности) рассчитывается по формуле: $E = \sum_{i=1}^n p(i) \log_2 p(i)$, где p — функция вероятности. Для равномерного распределения (как мы проверили экспериментально) обычно $E \approx 98\%$, что отлично от ТМГ. Отдельно нами производилось сравнение значений E с особенностями функциональных состояний испытуемых. Это делалось для учёта возможных влияний ВНД на параметры ТМГ. Главное во всех наших исследованиях — это многочисленные повторы измерений у одного и того же человека, находящегося в условиях одинакового или разного гомеостаза. При этом можно считать, что психическое состояние испытуемого не изменяется во всех 15 сериях повторов (по 15 выборок ТМГ в каждой серии). Итого в первой части исследования мы имели 225 выборок (по 15 серий) для каждого испытуемого. Во второй части исследований мы изучали выборки ТМГ у трех групп испытуемых, находящихся в условиях разной адаптации к холодным

воздействиям, а в качестве теста для конечности (у всех трех групп) было погружение в воду с $t = 4^\circ\text{C}$.

Результаты

Результаты испытаний для одного человека представлены в табл. 1 с расчетами для всех 15 серий ТМГ по параметрам энтропии E (каждый столбец — это серия ТМГ у одного испытуемого по 15 повторам регистрации тремора подряд). Первая горизонтальная строка — номера серии измерений, а самая нижняя строка — средние значения энтропии E .

Многочисленные повторы регистраций ТМГ выполняли требования «повторений» Н. А. Бернштейна, т. е. оценивалась количественно устойчивость параметров ТМГ (самого гомеостаза НМС, насколько гомеостаз должен быть статичен с позиций традиционной стохастики). Итого имеем 225 разных (!) выборок значений энтропии E для одного и того же испытуемого. Такое многократное повторение опытов с испытуемым, находящимся в одном гомеостазе, раскрывает нам сущность самого гомеостаза и особенности поведения энтропии при одинаковом гомеостазе. Это составляет основу первой части наших исследований в области устойчивости параметров энтропии E для одного (неизменного) гомеостаза испытуемого.

Для идентификации существенных или несущественных различий в повторяющихся сериях опытов для полученных 225 выборок значений энтропии Шеннона E (разделенных на 15 серий по 15 выборок ТМГ в каждой) строились матрицы парного сравнения всех выборок энтропий ($N = 15$) для одного и того же испытуемого. Результаты такого сравнения показали, что число k совпадений пар выборок (т. е. возможность их отнесения к одной генеральной со-

Таблица 1

Результаты статистической обработки динамики поведения E — энтропии Шеннона для тремора одного и того же человека для 225 выборок: 15 серий (номера по горизонтали) по 15 выборок в каждой серии (номера по вертикали)

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	3,53	3,84	3,59	3,51	3,44	3,44	3,29	3,22	3,53	3,46	3,51	3,29	3,48	3,12	3,42
2	3,49	3,67	3,33	3,38	3,57	3,42	2,97	3,38	3,49	3,63	3,38	2,97	3,45	3,43	3,55
3	3,07	3,25	3,48	3,43	3,45	3,40	3,70	3,50	3,07	3,09	3,43	3,70	3,52	2,99	3,35
4	3,52	3,59	3,47	2,57	3,33	2,73	3,49	2,74	3,52	2,28	2,57	3,49	3,53	2,76	3,60
5	3,67	2,78	3,47	3,70	3,53	3,10	3,30	3,26	3,67	2,91	3,70	3,30	3,60	3,48	3,50
6	2,90	3,46	3,40	2,98	3,06	3,70	3,17	3,35	3,84	3,06	3,44	3,22	3,62	3,41	3,46
7	3,53	3,63	3,59	3,65	3,15	3,46	3,04	3,39	3,67	3,15	3,57	3,38	3,63	3,47	3,63
8	3,43	3,09	3,02	1,94	3,33	3,50	3,59	2,50	3,25	3,33	3,45	2,78	2,59	3,07	3,09
9	3,54	2,28	3,03	3,53	3,38	3,62	3,38	3,71	3,59	3,38	3,33	2,74	2,40	3,53	2,28
10	2,81	2,91	3,66	2,44	3,22	3,61	3,38	2,80	2,78	3,22	3,53	3,26	3,06	2,49	2,91
11	3,48	3,62	2,61	3,12	3,41	3,50	3,42	3,49	3,59	3,70	3,44	2,90	2,61	3,50	2,98
12	3,45	3,63	2,90	3,43	3,47	3,39	3,55	2,23	3,33	3,46	3,42	3,53	2,90	3,39	3,65
13	3,52	2,59	2,49	2,99	3,07	3,50	3,35	2,92	3,48	3,50	3,40	3,43	2,49	3,50	2,94
14	3,53	2,40	3,12	2,76	3,53	2,58	3,60	2,58	3,47	3,62	2,73	3,54	3,12	2,58	3,53
15	3,60	3,06	3,51	3,48	2,49	3,40	3,50	3,49	3,47	3,61	3,10	2,81	3,51	3,40	2,44
$\langle x_i \rangle$	3,41	3,19	3,24	3,13	3,30	3,36	3,38	3,10	3,45	3,29	3,33	3,22	3,17	3,21	3,22

вокупности) $k = 100$. Такое же количество числа совпадений получается и для детерминированного хаоса (выборки, полученные с помощью стандартного хаотического генератора чисел), т. е. это (фактически) равномерное распределение [18, 22].

Для хаоса в этом случае мы тоже получаем одинаковое равномерное распределение (инвариантность мер). Хаотические выборки всегда демонстрируют 97–99 % совпадений и имеют равномерное распределение, что демонстрирует динамический хаос Лоренца — Арнольда. Однако в нашем случае с ТМГ мы с исходными выборками треморограмм этого не имеем. Обычно для ТМГ мы в подобных матрицах имеем число совпадений не более $k \approx 5$ %. В этом заключается эффект Еськова — Зинченко, когда число совпадений выборок ТМГ или теппинграмм невелико и мы имеем хаотическую динамику самих функций распределения [1, 5, 6, 19–22]. Выборки не могут быть повторяемыми, мы имеем «повторение без повторений» Н. А. Бернштейна. Суммарные значения числа пар совпадений выборок k для всех 15 серий представили для тремора устойчивость (статистическую) числа k совпадений выборок. Общее сравнение всех серий показало $\langle k \rangle$ (для 15 выборок k в каждой серии) в пределах $\langle k \rangle \leq 5$ %.

Таким образом, становится очевидным, что энтропия E даёт почти абсолютную статистическую устойчивость ($k_s = 100$), а число совпадений выборок самих треморограмм для k при 15 сериях опытов тоже даёт высокую степень устойчивости этих k для ТМГ, но выборки ТМГ очень далеки от стохастичности ($k \approx 5$ %).

Отдельно нами были получены результаты статистической проверки на нормальность распределения ТМГ испытуемых по критерию Шапиро — Уилка, которые демонстрируют непараметрический тип распределения. Поэтому для выявления различий показателей ТМГ испытуемого использовались методы непараметрической статистики, которые с позиций статистики показывали, что для ТМГ мы не имеем закон Гаусса и имеем сравнительно небольшое число k_2 (обычно $k_2 < 5$ %). В целом энтропия Шеннона E не даёт существенных различий для повторов измерения ТМГ подряд от одного испытуемого (100 совпадений пар из 105 разных) в сравнении с повторением самой энтропии. Если система находится в условном статическом состоянии (в одном гомеостазе тремора), то выборки повторить два раза подряд (произвольно!) совершенно невозможно, хотя хаотически (иногда) происходят повторения отдельных выборок. Этот вывод составил основу эффекта Еськова — Зинченко в условиях многократных повторов испытаний одного человека в одном гомеостазе [1, 2, 5, 6, 18–22].

Возникает закономерный вопрос — можно ли создать условия, при которых k изменяются, система регуляции тремора перейдёт в другой гомеостаз? В целом становится очевидным, что всегда для тремора у любого человека (если нет нарушений двигательных функций) мы имеем небольшие вариации E , что доказывают данные табл. 1 и 2. Поэтому использование группы из разных испытуемых или опыты с одним

испытуемым дают несущественные различия. Однако имеет значение психический статус испытуемого или изменение его функционального гомеостаза. В нашем случае мы имеем сочетанные изменения и психики (стрессовая ситуация) при охлаждении, и физиологических параметров НМС. В целом очень часто бывает весьма сложно чётко разделить доминанты ВНД или специфику физиологии периферической НМС, т. к. изменения на периферии всегда вызывают изменения и в ЦНС (ВНД всегда реагирует на афферентацию). Мы считаем, что это приемлемо именно для психофизиологии, которая и должна сочетать психические и физиологические функции человека [7–10, 12–15].

Таблица 2

Результаты статистической обработки динамики поведения E — энтропии Шеннона для тремора до и после локального холодового воздействия (до-после) для трех групп испытуемых

№	1 группа — E_1		2 группа — E_2		3 группа — E_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
$\langle E \rangle$	3,76	3,79	3,79	3,72	3,75	3,70

Примечания: E — значение энтропии Шеннона, $\langle E \rangle$ — среднее значение энтропии Шеннона.

Как видно из данных табл. 2, первая группа испытуемых, которая не занималась закаливанием, показала динамику (после локального охлаждения конечности) в сторону небольшого увеличения энтропии Шеннона ($E_{до} = 3,76$, $E_{после} = 3,79$). Однако такие изменения, как показали расчёты, статистически не могут быть выявлены. Лица, не занимающиеся закаливанием организма, очевидно, имеют и другие физиологические и психические параметры (при реакции на стресс — охлаждение кисти). Вторая группа представлена людьми более тренированными к холодовому стрессу, использующими закалывающие процедуры менее года. Третья группа — закалывающиеся на протяжении более двух лет. Очевидно, что вторая и третья группы показали обратную динамику в сторону уменьшения (хотя и статистически незначимого) значения энтропии: для второй группы имеем $E_{до} = 3,79$, $E_{после} = 3,72$, для третьей группы имеем $E_{до} =$

3,75, $E_{\text{после}} = 3,70$. Это характерные изменения E в результате холодового воздействия у людей, которые адаптируются к холоду.

Очевидно, что с позиций теоремы Гленсдорфа — Пригожина мы не получили существенных изменений E , т. е. скорость изменения (прироста) энтропии $P = dE/dt$ у нас почти нулевая (перед охлаждением кисти и после). При уходе из положения равновесия ВНД психический гомеостаз не показывает изменения энтропии E . Согласно базовой теореме термодинамики неравновесных систем, мы в точке равновесия (покое) должны иметь $E \rightarrow \max$, а $dE/dt \rightarrow 0$. При уходе от равновесия E должно убывать (у нас для разных групп получается почти нулевая динамика E), а dE/dt должно нарастать (у нас статистически не изменяется, т. к. $dE/dt = 0$). И это характеризует возможности стохастики и ТХС в оценке физиологических эффектов тремора при холодовом стрессе.

Обсуждение результатов

Из полученных результатов значений энтропии Шеннона (см. табл. 1 и 2) можно видеть, что при выходе организма из стационарного состояния (т. е. гомеостаза) изменение величин энтропий E происходит в сотых или в десятых долях значений. Это говорит о слабой чувствительности метода расчета E при использовании стохастических подходов для измерения параметров гомеостаза и сложных биосистем (*complexity*). Низкая чувствительность энтропии E может не показать различий в состоянии системы регуляции тремора при физических воздействиях на испытуемого или эти различия будут статистически недостоверны (что мы и имеем в табл. 2). Оценка стрессорных холодовых эффектов и изменений в периферической НМС следует производить другими методами. Мы предлагаем использовать матрицы парных сравнений самих выборок ТМГ или производить расчёт параметров *квазиаттракторов* для сравниваемых ТМГ или других параметров гомеостаза [1, 2, 9, 10, 18–23].

В целом энтропия Шеннона E в режиме многократных повторений тремора не изменяется существенно, если гомеостаз не изменяется. Получаемые выборки для E дают почти 95 % совпадений их статистических функций $f(x)$. Этого нельзя сказать про сами выборки ТМГ, которые хаотически и непрерывно изменяются вместе с их (ТМГ) статистическими функциями $f(x)$ [15–19, 21–23, 25].

Метод расчета энтропий Шеннона E может быть использован в оценке адаптивных изменений в системе регуляции тремора (к холодовым стрессорным воздействиям), но он обладает слабой чувствительностью и с позиций стохастики может быть вообще не применим в оценке эволюции гомеостаза при холодовом стрессе. Это ограничивает его применение в экологии человека (в особых северных условиях). Требуются другие методы и критерии оценки холодового стресса. Очевидно, оценка стрессорных изменений по параметрам треморограмм с помощью энтропии E не даёт существенных результатов [24].

Это означает, что теорема Гленсдорфа — Пригожина для биомеханических систем не применима, скорость изменения энтропии $P = dE/dt = 0$, т. е. нулевая, при условии, что система регуляции тремора выходит из состояния равновесия (психического гомеостаза). С позиций реальной оценки психики (и изменения состояния гомеостаза испытуемых) это не соответствует действительности. Длительные тренировки вызывают адаптацию к холоду, но при этом E не изменяется, а изменяются параметры квазиаттракторов [1, 18, 22] или матриц парного сравнения выборок [5, 6, 9, 10]

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ р_урал_а 15-41-00034.

Список литературы

1. Бетелин В. Б., Еськов В. М., Галкин В. А., Гавриленко Т. В. Стохастическая неустойчивость в динамике поведения сложных гомеостатических систем // Доклады академии наук. 2017. Т. 472, № 6. С. 642–644.
2. Гараева Г. Р., Еськов В. М., Еськов В. В., Гудков А. Б., Филатова О. Е., Химикина О. И. Хаотическая динамика кардиоинтервалов трёх возрастных групп представителей коренного населения Югры // Экология человека. 2015. № 9. С. 50–55.
3. Гудков А. Б., Дёмин А. В. Особенности пострурального баланса у мужчин пожилого и старческого возраста с синдромом страха падения // Успехи геронтологии. 2012. Т. 25, № 1. С. 166–170.
4. Дёмин А. В., Гудков А. Б., Грибанов А. В. Особенности поструральной стабильности у мужчин пожилого и старческого возраста // Экология человека. 2010. № 12. С. 50–54.
5. Еськов В. М., Зинченко Ю. П., Хадарцев А. А., Филатова О. Е. Основы физического (биофизического) понимания жизни // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2016. № 2. С. 58–65.
6. Зилов В. Г., Еськов В. М., Хадарцев А. А., Еськов В. В. Экспериментальное подтверждение эффекта «Повторение без повторения» Н.А. Бернштейна // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2017. № 1. С. 4–9.
7. Карпин В. А., Филатова О. Е., Солтыс Т. В., Соколова А. А., Башкатова Ю. В., Гудков А. Б. Сравнительный анализ и синтез показателей сердечно-сосудистой системы у представителей арктического и высокогорного адаптивных типов // Экология человека. 2013. № 7. С. 3–9.
8. Попова Н. В., Попов В. А., Гудков А. Б. Возможности тепловидения и вариабельность седечного ритма при прогностической оценке функционального состояния сердечно-сосудистой системы // Экология человека. 2012. № 11. С. 33–37.
9. Русак С. Н., Еськов В. В., Молягов Д. И., Филатова О. Е. Годовая динамика погодно-климатических факторов и здоровья населения Ханты-Мансийского автономного округа // Экология человека. 2013. № 11. С. 19–24.
10. Филатова О. Е., Проворова О. В., Волохова М. А. Оценка вегетативного статуса работников нефтегазодобывающей промышленности с позиции теории хаоса и самоорганизации // Экология человека. 2014. № 6. С. 16–19.
11. Bernstein N. The coordination and regulation of movements. London: Pergamon, 1967.
12. Eskov V. M., Filatova O. E. A Compartmental approach in modeling a neuronal network. Role of inhibitory and excitatory processes // Biophysics. 1999. Vol. 44, N 3. P. 518–525.

13. Eskov V. M., Filatova O. E. Problem of identity of functional states in neuronal networks // *Biophysics*. 2003. Vol. 48, N 3. P. 497–505.
14. 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. Vol. 49, N 1. P. 59–65.
15. Eskov V. M., Eskov V. V., Braginskii M. Ya., Pashnin A. S. Determination of the degree of synergism of the human cardiorespiratory system under conditions of physical effort // *Measurement Techniques*. 2011. Vol. 54, T 7. P. 832–837.
16. 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. Vol. 53, T 12. P. 1404–1410.
17. Eskov V. M., Gavrilenko T. V., Kozlova V. V., Filatov M. A. Measurement of the dynamic parameters of microchaos in the behavior of living biosystems // *Measurement Techniques*. 2012. Vol. 55, N 9. P. 1096–1101.
18. Eskov V. M., Gavrilenko T. V., Vokhmina Y. V., Zimin M. I., Filatov M. A. Measurement of chaotic dynamics for two types of tapping as voluntary movements // *Measurement Techniques*. 2014. Vol. 57, N 6. P. 720–724.
19. Eskov V. M., Eskov V. V., Gavrilenko T. V., Zimin M. I. Uncertainty in the quantum mechanics and biophysics of complex systems // *Moscow University Physics Bulletin*. 2014. Vol. 69, N 5. P. 406–411.
20. Eskov V. M., Eskov V. V., Gavrilenko T. V., Vokhmina J. V. Biosystem kinematics as evolution: stationary modes and movement speed of complex systems: complexity // *Moscow University Physics Bulletin*. 2015. Vol. 70, N 2. P. 140–152.
21. Eskov V. M., Eskov V. V., Filatova O. E., Khadartsev A. A., Sinenko D. V. Neurocomputing identification of the order parameter in gerontology // *Successes of Gerontology*. 2015. Vol. 28, N 3. P. 435–440.
22. Eskov V. M., Eskov V. V., Vahmina Y. V., Gavrilenko T. V. The evolution of chaotic dynamics of collective modes as a way to describe the behavior of living systems // *Moscow University Physics Bulletin*. 2016. Vol. 71, N 2. P. 143–154.
23. Gavrilenko T. V., Eskov V. M., Khadartsev A. A., Sokolova A. A. New methods for gerontology in the longevity projections of the indigenous population of Ugra // *Successes of Gerontology*. 2014. Vol. 27, N 1. P. 30–36.
24. Prigogine I., Stengers I. *The End of Certainty, Time, Chaos and the New Laws of Nature*. New York: Free Press, 1997.
25. Vokhmina Y. V., Eskov V. M., Gavrilenko T. V., Filatova O. E. Medical and biological measurements: Measuring order parameters based on neural network technologies // *Measurement Techniques*. 2015. N 58 (4), A018. P. 65–68.
5. Eskov V. M., Zinchenko Yu. P., Khadartsev A. A., Filatova O. E. *Slozhnost'. Razum. Postneklassika* [Complexity. Mind. Postclassic]. 2016, 2, pp. 58–65. [in Russian]
6. Zilov V. G., Eskov V. M., Khadartsev A. A., Eskov V. V. *Byulleten' eksperimental'noi biologii i meditsiny* [Bulletin of Experimental Biology and Medicine]. 2017, 1, pp. 4–9. [in Russian]
7. Karpin V. A., Filatova O. E., Soltys T. V., Sokolova A. A., Bashkatova Yu. V., Gudkov A. B. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2013, 7, pp. 3–9. [in Russian]
8. Popova N. V., Popov V. A., Gudkov A. B. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2012, 11, pp. 33–37. [in Russian]
9. Rusak S. N., Eskov V. V., Molyagov D. I., Filatova O. E. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2013, 11, pp. 19–24. [in Russian]
10. Filatova O. E., Provorova O. V., Volokhova M. A. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2014, 6, pp. 16–19. [in Russian]
11. Bernstein N. *The coordination and regulation of movements*. London, Pergamon, 1967.
12. Eskov V. M., Filatova O. E. *Biophysics*. 1999. 44 (3), pp. 518–525.
13. Eskov V. M., Filatova O. E. *Biophysics*. 2003, 48 (3), pp. 497–505.
14. Eskov V. M., Kulaev S. V., Popov Yu. M., Filatova O. E. *Measurement Techniques*. 2006, 49 (1), pp. 59–65.
15. Eskov V. M., Eskov V. V., Braginskii M. Ya., Pashnin A. S. *Measurement Techniques*. 2011, 54 (7), pp. 832–837.
16. Eskov V. M., Eskov V. V., Filatova O. E. *Measurement Techniques*. 2011, 53 (12), pp. 1404–1410.
17. Eskov V. M., Gavrilenko T. V., Kozlova V. V., Filatov M. A. *Measurement Techniques*. 2012, 55 (9), pp. 1096–1101.
18. Eskov V. M., Gavrilenko T. V., Vokhmina Y. V., Zimin M. I., Filatov M. A. *Measurement Techniques*. 2014, 57 (6), pp. 720–724.
19. Eskov V. M., Eskov V. V., Gavrilenko T. V., Zimin M. I. *Moscow University Physics Bulletin*. 2014, 69 (5), pp. 406–411.
20. Eskov V. M., Eskov V. V., Gavrilenko T. V., Vokhmina J. V. *Moscow University Physics Bulletin*. 2015, 70 (2), pp. 140–152.
21. Eskov V. M., Eskov V. V., Filatova O. E., Khadartsev A. A., Sinenko D. V. *Successes of Gerontology*. 2015, 28 (3), pp. 435–440.
22. Eskov V. M., Eskov V. V., Vahmina Y. V., Gavrilenko T. V. *Moscow University Physics Bulletin*. 2016, 71 (2), pp. 143–154.
23. Gavrilenko T. V., Eskov V. M., Khadartsev A. A., Sokolova A. A. *Successes of Gerontology*. 2014, 27 (1), pp. 30–36.
24. Prigogine I., Stengers I. *The End of Certainty, Time, Chaos and the New Laws of Nature*. New York, Free Press, 1997.
25. Vokhmina Y. V., Eskov V. M., Gavrilenko T. V., Filatova O. E. *Measurement Techniques*. 2015, 58 (4), A018, pp. 65–68.

Reference

1. Betelin V. B., Eskov V. M., Galkin V. A., Gavrilenko T. V. *Doklady akademii nauk* [Reports of the Academy of Sciences]. 2017, 472 (6), pp. 642–644. [in Russian]
2. Garaeva G. R., Eskov V. M., Eskov V. V., Gudkov A. B., Filatova O. E., Khimikova O. I. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2015, 9, pp. 50–55. [in Russian]
3. Gudkov A. B., Demin A. V. *Uspekhi gerontologii* [Advances in gerontology]. 2012, 25 (1), pp. 166–170. [in Russian]
4. Demin A. V., Gudkov A. B., Gribov A. V. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2010, 12, pp. 50–54. [in Russian]

Контактная информация:

Еськов Валерий Матвеевич — доктор физико-математических наук, доктор биологических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, заведующий лабораторией биокибернетики и биофизики сложных систем Института естественных и технических наук БУ ВО «Сургутский государственный университет Ханты-Мансийского автономного округа — Югры»

Адрес: 628405, г. Сургут, пр. Ленина, д. 1

E-mail: valery.eskov@gmail.com