

20. Rusak S.N., Molyagov D.I., Bikmukhametova L.M., Filatova O.E. Bioinformatsionnye tekhnologii v analize fazovykh portretov pogodno-klimaticheskikh faktorov v m-mernom prostranstve priznakov. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2014;3:24-8. Russian.

21. Filatov MA, Filatova DYU, Sidorkina DA, Nekhaychik SM. Identifikatsiya parametrov poryadka v psikhofiziologii. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2014;2:4-13. Russian.

zum. Postneklassika. 2014;2:4-13. Russian.

22. Eskov VM, Khadartsev AA, Eskov VV, Filatova OE. Quantitative registration of the degree of the voluntariness and involuntariness (of the chaos) in biomedical systems. Journal of Analytical Sciences, Methods and Instrumentation. 2013;3(2):67-74.

DOI: 10.12737/18809

СТОХАСТИЧЕСКАЯ И ХАОТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТРЕМОРОГРАММ ИСПЫТУЕМОГО В УСЛОВИЯХ НАГРУЗКИ

А.Е. БАЖЕНОВА, К.П. ЩИПИЦИН, А.А. ПАХОМОВ, О.Б. СЕМЕРЕЗ

БУ ВО Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный университет», ул. Ленина, 1, Сургут, Россия, 628400

Аннотация. Изучены особенности хаотической динамики поведения амплитудно-частотных характеристик тремора и параметров квазиаттракторов микродвижений конечностей человека без нагрузки и в условиях воздействия статических нагрузок. Установлено, что нагрузка приводит к абсолютному преобладанию амплитуды горизонтальных перемещений в области низких частот. Показана практическая возможность применения метода многомерных фазовых пространств, для идентификации реальных изменений параметров функционального состояния организма. Основываясь на методах расчета параметров квазиаттракторов, в качестве количественной меры реакции организма на изменения, использовались их площади в двухмерном фазовом пространстве. Конкретно, статическая нагрузка приводит к значительному увеличению площади квазиаттрактора, как в отдельных случаях (от $0,26 \times 10^{-6} \pm 0,14 \times 10^{-6}$ у.е. до $1,24 \times 10^{-6} \pm 0,59 \times 10^{-6}$ у.е. при нагрузке в 300 г), так и во всех измерениях (от $0,20 \times 10^{-6} \pm 0,16 \times 10^{-6}$ у.е. до $1,31 \times 10^{-6} \pm 1,06 \times 10^{-6}$ у.е. при нагрузке в 300 г).

Ключевые слова: статическая нагрузка, треморограмма, квазиаттрактор, матрица.

STOCHASTIC AND CHAOTIC ASSESSMENT OF HUMAN TREMOROGRAMMS IN LOAD CONDITIONS

A.E. BAZHENOVA, K.P. SHCHIPITSIN, A.A. PAHOMOV, O.B. SEMEREZ

Surgut State University, Lenin pr., 1, Surgut, Russia, 628400

Abstract. It was investigated the specific of chaotic dynamic of amplitude-frequency tremor characteristics and quasiattractor behavior of human moving with some physical static load and without it. It was found that, the static load provide to absolute predominance of amplitude of horizontal movement in the low-frequency. It was presented the feasibility of application of the method of multidimensional phase spaces, for the identification of the actual changes in the parameters of the functional state of the organism. We based on the methods of calculating the quasiattractor parameters as a quantitative measure of the body's reaction to changes, and used quasiattractor square in two-dimensional phase space. Specifically, the static load provide to significant increase of the area of quasiattractor in single case (from $0,26 \times 10^{-6} \pm 0,14 \times 10^{-6}$ to $1,24 \times 10^{-6} \pm 0,59 \times 10^{-6}$ with load of 300 g), also in whole experiment (from $0,20 \times 10^{-6} \pm 0,16 \times 10^{-6}$ to $1,31 \times 10^{-6} \pm 1,06 \times 10^{-6}$ with load of 300 g).

Key words: static load, tremorogram, quasiattractor, matrix.

Введение. Проблемы изучения двигательной активности человека занимали ведущее место среди многогранных интересов Н.А. Бернштейна, который впервые открыл системные закономерности микродвижений и биохимических движений в целом. Его утверждения о целостной структуре в организации деятельности *нервно-мышечной системы* (НМС) человека призывали к разработке системно-структурного подхода в изучении строения и функций различных систем движений [11,22]. Очевидно, что это возможно при высокой дифференциации элементов и при изучении разнообразия избирательных форм отношений между ними в живом движении [12].

Функциональное состояние организма человека в условиях выполнения специфических двигательных задач представляет особый интерес в рамках *теории хаоса и самоорганизации* (ТХС) [3]. Новый подход в рамках ТХС позволяет прогнозировать возможные изменения регуляторных систем НМС человека, как наиболее важной в аспекте жизнеобеспечения со стороны любых *функциональных систем организма* (ФСО) человека [1,9,10,21]. Информация о текущей динамике исследуемых функций может обеспечить прогноз развития жизни человека и оценить ее качество в различные возрастные периоды жизни [2,4,13,17].

Принимая во внимание, что рука обладает огромным диапазоном движений и имеет большое число степеней свободы, то обеспечить точное управление и контроль весьма затруднительно. Актуальность изучения одной из фундаментальных проблем управления движением, а именно, управление степенями свободы тела со стороны мозга, с точки зрения биомеханических и функциональных характеристик, очевидна. Мозг человека и двигательная система решает сложную задачу построения движения, для достижения которой недостаточно простого подсчета количества механических степеней свободы (количество суставов и мышц в руке) [14]. Большинство действий динамичны и требуют постоянной и слаженной работы всех элементов системы, которые в итоге, все-таки, работают хаотично [6,19,20].

В данной работе предлагается внедрение традиционных и новых физических методов в биологические исследования на основе метода двумерного фазового пространства для изучения особенностей реакции НМС в ответ на дозированные статические нагрузки [5]. Предлагается вместо традиционных пониманий стационарных режимов биосистем $dx/dt=0$, где $x=x(t)=(x_1, x_2, \dots, x_n)^T$ является *вектором состояния системы* (ВСС). При этом использовались параметры *квазиаттракторов* (КА), внутри которых наблюдается движение ВСС в *фазовом пространстве состояний* (ФПС). Эти движения имеют хаотический характер, т.е. постоянно $dx/dt \neq 0$, но это движение ограничено объемом КА, что и доказывается в нашем исследовании [7,16].

Цель исследования – оценка особенностей хаотической динамики поведения *амплитудно-частотных характеристик* (АЧХ) тремора и параметров КА микродвижений верхних конечностей человека без нагрузки и в условиях воздействия статических нагрузок с позиции ТХС.

Объекты и методы исследования. Для исследования была привлечена группа испытуемых в количестве 15 человек, основной группы здоровья. У испытуемых регистрировались параметры тремора с помощью биофизического измерительного комплекса, разработанного в лаборатории биокibernетики и биофизики сложных систем при СурГУ. Установка включает металлическую пластинку (крепится жестко к пальцу испытуемого), токовихревой датчик, усилитель, *аналого-цифровой преобразователь* (АЦП) и компьютер с оригинальным программным обеспечением. В качестве фазовых координат, помимо координаты $x_1=x(t)$ перемещения, использовалась координата скорости перемещения пальца $x_2=v(t)=dx_1/dt$ [8].

Тремор регистрировался без нагрузки и в условиях статических нагрузок, которые представляли собой удержание груза в 300 г, подвешенного на указательном пальце кисти, в течение 5 секунд. Испытуемые проходили эксперимент 15 раз без нагрузки

и столько же в условиях статических нагрузок. Перед испытуемыми стояла задача удержать палец в пределах заданной области, осознанно контролируя его неподвижность. Обработка данных и регистрация тремора конечности испытуемых проводилась на ЭВМ с использованием программы «Charts3». С помощью этой программы осуществлялся анализ данных по временным и спектральным характеристикам кинематограмм испытуемых, в низко-, средне- и высокочастотном диапазонах. Благодаря запатентованному программному продукту удалось построить фазовые плоскости и рассчитать площади КА [15].

Статистическая обработка данных осуществлялась при помощи программного пакета «Statistica 10». Анализ соответствия вида распределения полученных данных закону нормального распределения производился на основе вычисления критерия Шапиро-Уилка. Дальнейшие исследования производились методами непараметрической статистики (критерий Вилкоксона) [18].

Результаты и их обсуждение. Нами были изучены АЧХ тремора испытуемых и их фазовые траектории в двухмерном фазовом пространстве. Для АЧХ мы предлагаем ввести некоторый аналог КА в фазовом пространстве, где координатами являются частота сигнала $\nu=x_1$ и амплитуда A колебаний, соответствующая этой частоте, т.е. $x_2=A(t)$.

Для всех измерений мы не могли получить похожие АЧХ, т.к. они от опыта к опыту постоянно изменялись, но в определенных пределах эти КА характерны для каждого испытуемого. В качестве примера на рис. 1 представлены АЧХ испытуемого БАЕ без нагрузки и в условиях влияния статической нагрузки 300 г, характерные для всех измерений.

Анализ полученных треморограмм позволил установить, что амплитуда горизонтальных перемещений в обоих случаях имеет максимальный выброс в области низких частот (вплоть до 6 Гц). Несмотря на то, что максимальное значение до нагрузки больше, чем в условиях влияния статической нагрузки (185 у.е. против 172 у.е.), по абсолютному значению преоб-

ладают АЧХ в условиях влияния статической нагрузки.

Для КА с координатами $x_1=x(t)$ и $x_2=v(t)=dx_1/dt$, были рассчитаны площади $\Delta S=\Delta x_1 \times \Delta x_2$. В качестве примера взяты значения площадей КА испытуемого БАЕ представленных в табл. 1.

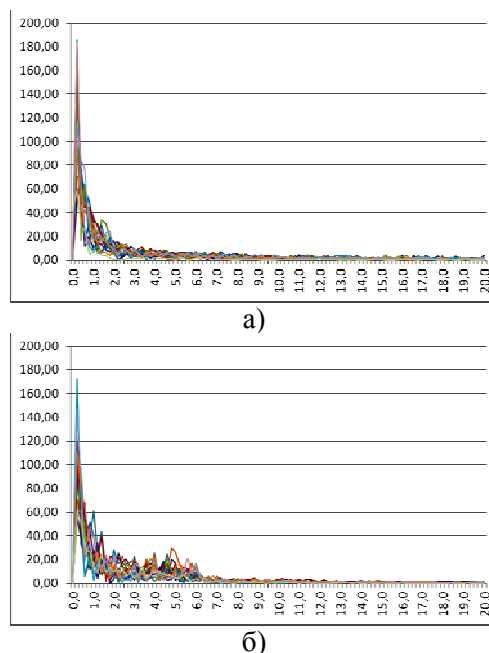


Рис. 1. Амплитудно-частотные характеристики треморограмм испытуемого БАЕ, $n=15$ (повторений): а) без нагрузки, б) в условиях влияния статической нагрузки 300 г

Таблица 1

Площади ($S \times 10^{-6}$) квазиаттракторов выборок треморограмм испытуемого БАЕ (число повторов $N=15$)

№	Без нагрузки	В условиях нагрузки 300 г
1	0,23	1,71
2	0,09	1,80
3	0,17	1,86
4	0,29	0,98
5	0,26	0,68
6	0,15	0,72
7	0,58	1,03
8	0,10	0,90
9	0,27	0,92
10	0,30	1,82
11	0,19	1,07
12	0,18	0,61
13	0,15	0,84
14	0,55	0,95
15	0,36	2,65
<S>	0,26	1,24
$\sigma, \pm$	0,14	0,59

Всего подобных таблиц было получено $N=15$, при этом в каждой серии мы выполняли $C=15$ измерений.

Хаотическая динамика поведения вектора $x(t)$ для треморограмм нами обрабатывалась в рамках стохастики и ТХС. При расчете среднего значения площадей ($\langle S \rangle$) и стандартного отклонения ($\sigma, \pm$), были получены следующие данные: среднее значение площади КА $\langle S \rangle$ без нагрузки равна $0,26 \times 10^{-6} \pm 0,14 \times 10^{-6}$ у.е.; а площадь КА $\langle S \rangle$ в условиях статической нагрузки равна $1,24 \times 10^{-6} \pm 0,59 \times 10^{-6}$ у.е. Эти данные свидетельствуют о том, что в условиях воздействия статической нагрузки КА увеличивается в 4,7 раза.

В рамках такого подхода, аналогично примеру испытуемого БАЕ, были рассчитаны среднее значение $\langle S \rangle$ и стандартного отклонения $\sigma, \pm$ для всех 15-ти серий экспериментов ($C=15$) по 15 выборок с каждой серии ($N=15$).

Эти измерения S без нагрузки всегда меньше, чем S под воздействием статической нагрузки 300г. В табл. 2 представлены итоговые результаты $\langle S \rangle$ ($N=15, C=15$) без нагрузки – $0,20 \times 10^{-6} \pm 0,16 \times 10^{-6}$ у.е., и под воздействием статической нагрузки – $1,31 \times 10^{-6} \pm 1,06 \times 10^{-6}$ у.е. Таким образом, средние площади КА для всех 225 выборок треморограмм ($N=15, C=15$) увеличивается в 6,5 раза.

Таблица 2

Среднее значение площадей ($S \times 10^{-6}$) квазиаттракторов выборок треморограмм и его среднего отклонения испытуемого БАЕ, 28 лет ($C=15, N=15$)

	Без нагрузки	В условиях нагрузки 300 г
$\langle S \rangle$	0,20	1,31
$\langle \sigma, \pm \rangle$	0,16	1,06

При использовании непараметрического парного сравнения с помощью критерия Вилкоксона были получены 15 таблиц, в которых представлены результаты расчета матриц (15×15) парного сравнения треморограмм $N=15, C=15$. Динамика произвольных микродвижений конечностей (тремора пальцев рук), как реакция на ста-

тическую нагрузку, проявлялась в изменении числа совпадений произвольных пар выборок (k), которые (пары) можно отнести к одной генеральной совокупности. Были посчитано среднее число совпадений произвольных пар выборок ($\langle k \rangle$) и стандартного отклонения $\sigma, \pm$ для всех 15-ти матриц, представленных в таблице 3. Их число увеличивается с $\langle k \rangle = 1,86 \pm 1,24$ совпадений без нагрузки до $\langle k \rangle = 3,27 \pm 1,75$ совпадений в условиях статической нагрузки.

Таблица 3

Число пар совпадений выборок (k) во всех 15-ти матрицах парного сравнения треморограмм испытуемого БАЕ, (использовался критерий Вилкоксона, $p < 0,05$)

	Без нагрузки	В условиях нагрузки 300 г
1	4	2
2	4	3
3	2	4
4	2	2
5	3	1
6	1	5
7	2	4
8	2	3
9	1	6
10	1	3
11	1	4
12	0	2
13	0	1
14	3	7
15	2	2
$\langle k \rangle$	1,86	3,27
$\sigma, \pm$	1,24	1,75

Так же была проведена проверка статистических различий значения $\langle k \rangle$ матриц парного сравнения треморограмм. В результате сравнения $\langle k \rangle$ по критерию Вилкоксона был получен уровень значимости $p=0,033$, который меньше критического уровня ($p < 0,05$), что говорит о том, что различия существенны. Новая методика расчета матрицы парных сравнений выборок позволяет оценить влияние статических нагрузок на ФСО.

Из табл. 3 следует, что все 15 матриц для 225 выборок треморограмм дают стати-

стически значимое различие между числом совпадений пар треморограмм k_1 без нагрузки и числом k_2 в условиях нагрузки 300 г.

Выводы:

1. Значения АЧХ всегда получаются разными в каждой серии опытов. В условиях влияния статической нагрузки, увеличивается максимальное значение низкочастотных сигналов.

2. Используя площади КА в качестве количественной меры наблюдаемой динамики тремора, было доказано, что в условиях статической нагрузки КА увеличивается в 4,7 раз в отдельном случае и в 6,5 раз в среднем во всех измерениях, для всех серий ($N=15$, $C=15$).

3. Прослеживается динамика увеличения число пар совпадений выборок треморограмм в условиях статической нагрузки. Более того, при сравнении k_1 и k_2 статистические различия значения $\langle k \rangle$ матриц парного сравнения треморограмм существенны $p=0,033$ ($p<0,05$).

Литература

1. Адайкин В.А., Еськов В.М., Добрынина И.Ю., Дроздович Е.А., Полухин В.В. Оценка хаотичной динамики параметров вектора состояния организма человека с нарушениями углеводного обмена // Вестник новых медицинских технологий. 2007. Т. 14, № 2. С. 153–155.
2. Адайкин В.И., Берестин К.Н., Глушук А.А., Лазарев В.В., Полухин В.В., Русак С.Н., Филатова О.Е. Стохастические и хаотические подходы в оценке влияния метеофакторов на заболеваемость населения на примере ХМАО-Югры // Вестник новых медицинских технологий. 2008. Т. 15, № 2. С. 7–9.
3. Ануфриев А.С., Еськов В.М., Назин А.Г., Полухин В., Третьяков С.А., Хадарцева К.А. Медико-биологическая трактовка понятия стационарных режимов биологических динамических систем // Вестник новых медицинских технологий. 2008. Т. 15, № 1. С. 29–32.
4. Борисова О.Н., Живогляд Р.Н., Хадарцева К.А., Юргель Е.Н., Хадарцев А.А., Наумова Э.М. Сочетанное применение коронартеры и гирудотерапии при рефлекторной стенокардии в пожилом возрасте // Вестник новых медицинских технологий. 2012. Т. 19, № 1. С. 95–98.
5. Брагинский М.Я., Балтикова А.А., Козлова В.В., Майстренко Е.В. Исследование функциональных систем организма студентов

Югры в условиях мышечной нагрузки методом фазового пространства // Современные наукоемкие технологии. 2010. № 12. С. 23–24.

6. Брагинский М.Я., Еськов В.М., Лазарев В.В., Русак С.Н. Методы измерений соотношений между хаосом и стохастикой в оценке влияния динамики метеофакторов Югры на организм человека // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2010. Т. 9, № 1. С. 195–199.

7. Буров И.В., Филатов М.А., Филатова Д.Ю., Голушков В.Н. Анализ параметров психофизиологических функций учащихся Югры с помощью методов многомерных фазовых пространств // Современные наукоемкие технологии. 2010. № 12. С. 12–13.

8. Гавриленко Т.В., Баженова А.Е., Балтикова А.А., Башкатова Ю.В., Майстренко Е.В. Метод многомерных фазовых пространств в оценке хаотической динамики тремора // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2013. № 1. Публикация 1-5. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2013-1/4340.pdf> (Дата обращения: 15.04.2013).

9. Добрынина И.Ю., Еськов В.М., Живогляд Р.Н., Чантурия С.М., Шипилова Т.Н. Особенности гестозов и нарушений углеводного обмена // Вестник новых медицинских технологий. 2006. Т. 13, № 3. С. 14–16.

10. Добрынина И.Ю., Еськов В.М., Живогляд Р.Н., Чантурия С.М., Шипилова Т.Н. Системный кластерный анализ показателей функций организма женщин с опг-гестозом в условиях Севера РФ // Вестник новых медицинских технологий. 2006. Т. 13, № 4. С. 61–62.

11. Добрынина И.Ю., Горбунов Д.В., Козлова В.В., Синенко Д.В., Филатова Д.Ю. Особенности кардиоинтервалов: хаос и стохастика в описании сложных биосистем // Вестник новых медицинских технологий. 2015. Т. 22, № 2. С. 19–26.

12. Еськов В.М., Адайкин В.И., Добрынин Ю.В., Полухин В.В., Хадарцева К.А. Насколько экономически эффективно внедрение методов теории хаоса и синергетики в здравоохранение // Вестник новых медицинских технологий. 2009. Т. 16, № 1. С. 25–28.

13. Еськов В.М., Еськов В.В., Хадарцев А.А., Филатов М.А., Филатова Д.Ю. Метод системного синтеза на основе расчета межтракторных расстояний в гипотезе равномерного и неравномерного распределения при изучении эффективности кинезитерапии // Вестник новых медицинских технологий. 2010. Т. 17, № 3. С. 106–110.

14. Еськов В.М., Мишина Е.А., Шумилов С.П., Филатова Д.Ю. Оценка параметров психофизиологических функций работников умственного и физического труда с позиции теории хаоса и синергетики // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2010. Т. 9, № 1. С. 98–101.

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

16. Еськов В.М., Полухин В.В., Дерпак В.Ю., Пашнин А.С. Математическое моделирование произвольных движений в норме и при патологии // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2015. № 2. С. 75–86.

17. Живогляд Р.Н. Системный компартиментно-кластерный анализ и управление гомеостазом человека путем гирудотерапевтических воздействий диссертация на соискание ученой степени доктора медицинских наук. Тула: ГОУВПО "Тульский государственный университет", 2005.

18. Карпин В.А., Башкатова Ю.В., Коваленко Л.В., Филатова Д.Ю. Состояние сердечно-сосудистой системы тренированных и нетренированных студентов с позиции стохастики и теории хаоса // Теория и практика физической культуры. 2015. № 3. С. 83–85.

19. Козлова В.В., Голушков В.Н., Ведясова О.А., Майстренко Е.В. Измерение расстояний между центрами квазиаттракторов вектора состояния организмов тренированных и нетренированных г. Самары и г. Сургута // Ученые заметки ТОГУ. 2010. Т. 1, № 1. С. 27–30.

20. Филатов М.А., Филатова Д.Ю., Химинова О.И., Романова Ю.В. Метод матриц межаттракторных расстояний в идентификации психофизиологических функций человека // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2012. № 1. С. 20–24.

21. Филатов М.А., Филатова Д.Ю., Сидоркина Д.А., Нехайчик С.М. Идентификация параметров порядка в психофизиологии // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2014. № 2. С. 4–13.

22. Филатова Д.Ю., Вохмина Ю.В., Гареева Г.Р., Синенко Д.В., Третьяков С.А. Неопределенность 1-го рода в восстановительной медицине // Вестник новых медицинских технологий. 2015. Т. 22, № 1. С. 136–143.

References

1. Adaykin VA, Es'kov VM, Dobrynina IYu, Drozdovich EA, Polukhin VV. Otsenka khaotichnoy dinamiki parametrov vektora sostoyaniya organizma cheloveka s narusheniyami uglevodnogo obmena. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2007;14(2):153-5. Russian.

2. Adaykin VI, Berestin KN, Glushchuk AA, Lazarev BV, Polukhin VV, Rusak CN, Filatova OE. Stokhasticheskie i khaoticheskie podkhody v otsenke vliyaniya meteofaktorov na zaboлеваemost' naseleniya na primere KhMAO-Yugry. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2008;15(2):7-9. Russian.

3. Anufriev AS, Es'kov VM, Nazin AG, Polukhin V, Tret'yakov SA, Khadartseva KA. Mediko-biologicheskaya traktovka ponyatiya statsionarnnykh rezhimov biologicheskikh dinamicheskikh sistem. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2008;15(1):29-32. Russian.

4. Borisova ON, Zhivoglyad RN, Khadartseva KA, Yurgel' EN, Khadartsev AA, Naumova EM. Sochetannoe primeneniye koronateriy i girudoterapii pri reflektornoy stenokardii v pozhilom vozraste. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2012;19(1):95-8. Russian.

5. Braginskiy MYa, Baltikova AA, Kozlova VV, Maystrenko EV. Issledovanie funktsional'nykh sistem organizma studentov Yugry v usloviyakh myshechnoy nagruzki metodom fazovogo prostranstva. Sovremennye naukoemkie tekhnologii. 2010;12:23-4. Russian.

6. Braginskiy MYa, Es'kov VM, Lazarev VV, Rusak SN. Metody izmereniy sootnosheniy mezhdu khaosom i stokhastikoy v otsenke vliyaniya dinamiki meteofaktorov Yugry na organizm cheloveka. Sistemnyy analiz i upravlenie v biomeditsinskikh sistemakh. 2010;9(1):195-9. Russian.

7. Burov IV, Filatov MA, Filatova DYU, Golushkov VN. Analiz parametrov psikhofiziologicheskikh funktsiy uchashchikhsya Yugry s pomoshch'yu metodov mnogomernykh fazovykh prostranstv. Sovremennye naukoemkie tekhnologii. 2010;12:12-3. Russian.

8. Gavrilenko TV, Bazhenova AE, Baltikova AA, Bashkatova YuV, Maystrenko EV. Metod mnogomernykh fazovykh prostranstv v otsenke khaoticheskoy dinamiki tremora. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. Elektronnoe izdanie [internet]. 2013[cited 2013 Apr 15];1[about 4 p.]. Russian. Available from: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2013-1/4340.pdf>.

9. Dobrynina IYu, Es'kov VM, Zhivoglyad RN, Chanturiya SM, Shipilova TN. Osobennosti gestozov i narusheniy uglevodnogo obmena. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2006;13(3):14-6. Russian.

10. Dobrynina IYu, Es'kov VM, Zhivoglyad RN, Chanturiya SM, Shipilova TN. Sistemnyy klasternyy analiz pokazateley funktsiy organizma zhenshchin s opg-gestozom v usloviyakh severa RF. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2006;13(4):61-2. Russian.

11. Dobrynina IYu, Gorbunov DV, Kozlova VV, Sinenko DV, Filatova DYU. Osobennosti kardiointervalov: kaos i stokhastika v opisaniy slozhnykh biosistem. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2015;22(2):19-26. Russian.

12. Es'kov VM, Adaykin VI, Dobrynin YuV, Polukhin VV, Khadartseva KA. Naskol'ko ekonomicheskii effektivno vnedrenie metodov teorii khaosa i sinergetiki v zdravookhranenie. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2009;16(1):25-8. Russian.

13. Es'kov VM, Es'kov VV, Khadartsev AA, Filatov MA, Filatova DYU. Metod sistemnogo sinteza na osnove rascheta mezhattrakornykh rasstoyaniy v gipoteze ravnomernogo i neravnomernogo raspredeleniya pri izuchenii effektivnosti kineziterapii. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2010;17(3):106-10. Russian.

14. Es'kov VM, Mishina EA, Shumilov SP, Filatova DYU. Otsenka parametrov psikhofiziologicheskikh funktsiy rabotnikov umstvennogo i fizicheskogo truda s pozitsii teorii khaosa i sinergetiki. Sistemnyy analiz i upravlenie v biomeditsinskikh sistemakh. 2010;9(1):98-101. Russian.

15. Es'kov VM, Khadartsev AA, Kozlova VV, et al. Sistemnyy analiz, upravlenie i obrabotka informatsii v biologii i meditsine. Tom XI Sistemnyy sintez para-metrov funktsiy organizma zhi-

teley Yugry na baze neyrokomp'yutinga i teorii khaosa-samoorganizatsii v biofizike slozhnykh sistem. Samara: Ofort; 2014. Russian.

16. Es'kov VM, Polukhin VV, Derpak VYu, Pashnin AS. Matematicheskoe modelirovanie neproizvol'nykh dvizheniy v norme i pri patologii. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2015;2:75-86. Russian.

17. Zhivoglyad RN. Sistemnyy kompartmentno-klasternyy analiz i upravlenie gomeostazom cheloveka putem girudoterapevticheskikh vozdeystviy [dissertation]. Tula (Tula region): GOUVPO "Tul'skiy gosudarstvennyy universitet"; 2005. Russian.

18. Karpin VA, Bashkatova YuV, Kovalenko LV, Filatova DYU. Sostoyanie serdechno-sosudistoy sistemy trenirovannykh i netrenirovannykh studentov s pozitsii stokhastiki i teorii khaosa. Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury. 2015;3:83-5. Russian.

19. Kozlova VV, Golushkov VN, Vedysova OA, Maystrenko EV. Izmerenie rasstoyaniy mezhdu tsentrami kvaziattraktorov vektora sostoyaniya organizmatrenirovannykh i netrenirovannykh g.Samary i g. Sur-guta. Uchenye zametki TOGU. 2010;1(1):27-30. Russian.

20. Filatov MA, Filatova DYU, Khimikova OI, Romanova YuV. Metod matrits mezhattrakornykh rasstoyaniy v identifikatsii psikhofiziologicheskikh funktsiy cheloveka. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2012;1:20-4. Russian.

21. Filatov MA, Filatova DYU, Sidorkina DA, Nekhaychik SM. Identifikatsiya parametrov poryadka v psikhofiziologii. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2014;2:4-13. Russian.

22. Filatova DYU, Vokhmina YuV, Garaeva GR, Sinenko DV, Tret'yakov SA. Neopredelenost' 1-go roda v vosstanovitel'noy meditsine. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2015;22(1):136-43. Russian.

DOI: 10.12737/18810

ЭФФЕКТ ЕСТЬКОВА-ЗИНЧЕНКО В ОЦЕНКЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕППИНГА МЕТОДАМИ ТЕОРИИ ХАОСА И САМООРГАНИЗАЦИИ И ЭНТРОПИИ

Н.А. ВЕРАКСА, Д.В. ГОРБУНОВ, Г.А. ШАДРИН, Т.В. СТРЕЛЬЦОВА

*БУ ВО ХМАО-Югры «Сургутский государственный университет»,
проспект Ленина, 1, г. Сургут, Россия, 628400*

Аннотация. Рассматривается эволюция биосистем на примере изменения параметров теппинга и значений энтропии Шеннона одного и того же испытуемого (15 измерений по 15 выборок). Изменения параметров теппинга наблюдаются как у одного и того же испытуемо-