

DOI: 10.12737/12007

## ЭНТРОПИЙНЫЙ ПОДХОД В ОЦЕНКЕ ПАРАМЕТРОВ КАРДИОИНТЕРВАЛОВ ШКОЛЬНИКОВ ПРИ ШИРОТНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЯХ

Д.В. ГОРБУНОВ, К.А. ЭЛЬМАН, А.В. ЯСТРЕБОВ, Б.Р. ГИМАДИЕВ

*БУ ВО «Сургутский государственный университет», ул. Ленина, 1, Сургут, Россия, 628400*

**Аннотация.** Параметры кардиоинтервалов демонстрируют неустойчивость их функций распределения  $f(x)$  для разных интервалов времени измерений  $\Delta t$ . Мы постулируем, что подобные системы нельзя относить к традиционным хаотическим системам, т.к. для них невозможно рассчитывать автокорреляционные функции, экспоненты Ляпунова, нет выполнения свойства перемешивания и непрерывно их вектор состояния  $x(t)$  демонстрирует хаотическое движение в виде  $dx/dt \neq 0$ . Поскольку начальное состояние  $x(t_0)$  невозможно повторить произвольно для таких систем, то возникают неопределенности 1-го и 2-го типа. Предлагается энтропийный подход для описания оценки поведения кардиоинтервалов при смене климатических поясов. Сравниваются значения результатов площадей квазиаттракторов выборок кардиоинтервалов и значения энтропии Шеннона. Представлены примеры такой ситуации для параметров кардиоинтервалов групп детей Югры при широтных перемещениях. Демонстрируется, что энтропийный подход обладает низкой диагностической ценностью в оценки выборок кардиоинтервалов.

**Ключевые слова:** частота сердечных сокращений, параметры порядка, самоорганизация, сложность, хаос.

## ENTROPY APPROACH IN THE ESTIMATION OF PARAMETERS OF CARDIO SCHOOLBOYS AT LATITUDINAL

D.V. GORBUNOV, K.A. ELMAN, A.V. YASTREBOV, B.R. GIMADIYEV

*Surgut state University, Lenin pr., 1, Surgut, Russia, 628400*

**Abstract.** Options cardio demonstrate the instability of the distribution function  $f(x)$  for different time intervals of measurements  $\Delta t$ . We postulate that such systems can not be attributed to

the traditional chaotic systems, as for them it is impossible to calculate the autocorrelation function, Lyapunov exponent, no mixing and performance properties of continuous state vector  $x(t)$  demonstrates the chaotic motion in the form  $dx/dt \neq 0$ . Since the initial state  $x(t_0)$  can not be repeated arbitrarily for such systems, there is the uncertainty of the 1st and the 2nd type. Entropy approach is proposed for describing the assessment of the behavior of cardio when changing climatic zones. Compares the value of the results of quasi-attractors samples cardio area and the values of the Shannon entropy. The examples of such a situation for the parameters of cardio groups of children at Ugra latitudinal displacements. It demonstrated that the entropy approach has a low diagnostic value in the evaluation of samples of cardio.

**Key words:** heart rate, order parameter, self-organization, complexity, chaos.

**Введение.** О возможности применения различных статистических методов в оценке динамики кардиоинтервалов ведется дискуссия более 100 лет. Однако многочисленные попытки анализа *амплитудно-частотных характеристик* (АЧХ), *автокорреляционных функций*  $A(t)$ , расчета экспонент Ляпунова, свойства перемешивания, использования теории фракталов и других подходов – не демонстрировали существенных результатов в изучении выборок *кардиоинтервалов* (КИ). Сегодня можно четко сказать, что все эти методы имеют довольно часто слабую диагностическую ценность, вследствие чего их использование в медицине и биологии практически затруднительно из-за неустойчивости получаемых результатов даже для одного человека (и тем более для групп испытуемых) [7,8,17,18].

Главная проблема в низкой эффективности традиционной науки заключена именно в хаотической особенности поведения кардиоинтервалов, которые (было показано в ряде публикаций [1-10,16-19]) очень похожи на постуральный тремор (там получают аналогичные результаты и по применению стохастики в изучении произвольности и непроизвольности движений). В целом, особенностью всех процессов, обеспечивающих гомеостаз, является постоянная хаотическая динамика изменения всех параметров  $x_i$  вектора состояния сложных биосистем – *complexity*  $x=x(t)=(x_1, x_2, \dots, x_m)^T$  в  $m$ -мерном *фазовом пространстве состояний* (ФПС). Как было показано ранее на многочисленных примерах для  $x(t)$  и его компонент  $x_i$  всегда выполняется условие  $dx/dt \neq 0$ ,  $x_i \neq const$  [1-5,13-19].

Любые методы стохастики для таких особых систем *третьего типа* (СТТ) –

*complexity* не могут быть использованы из-за особой хаотической динамики поведения  $x(t)$  в ФПС. Эти особенности разнообразны (это не только отсутствие стационарности  $dx/dt \neq 0$ , т.е. неповторимость функции распределения  $f(x)$ ) и одну из них мы сейчас представим как весьма очевидный и неоспоримый факт. Речь идет о применении термодинамического подхода в изучении динамики поведения различных компонентов вектора состояния *кардиореспираторной системы* (КРС), которые могут показывать возможность их отнесения к одной генеральной совокупности (статистических различий нет!), а другие методы, например, *теории хаоса-самоорганизации* (ТХС), демонстрируют существенные различия в динамике всех параметров  $x_i$  вектора  $x(t)$ . Рассмотрим этот тезис более подробно с позиций новой ТХС и ее сравнение с расчетами энтропии изучаемых КРС [1-10].

### 1. Объект и методы исследования.

Сразу отметим, что на начальном этапе эксперимента предусмотрено разделение по гендерным признакам. В статье представлены результаты углубленного исследования параметров выборок кардиоинтервалов мальчиков и девочек в возрасте 7-14 лет проживающих на территории Югры в г. Сургут. Критерии включения: возраст учащихся 7-14 лет; отсутствие жалоб на состояние здоровья в период проведения обследований; наличие информированного согласия на участие в исследовании. Критерии исключения: болезнь учащегося в период обследования. Регистрация параметров сердечнососудистой системы детей производилась в 4 этапа: перед вылетом из г. Сургут; по прибытию в детский санаторно-

оздоровительный лагерь «Юный нефтяник»; перед вылетом из лагеря; по прилету в г. Сургут. Информацию о состоянии параметров сердечно сосудистой системе учащихся получали методом пульсоинтервалографии на базе приборно-программного обеспечения пульсоксиметром «ЭЛОКС-01». Дети во время снятия показателей находились в положении сидя в относительно комфортных условиях. Регистрацию показателей проводили с помощью датчика пальцевого типа (в виде прищепки), с помощью которого происходила регистрации пульсовой волны с одного из пальцев кисти. Датчик надевался испытуемым на указательный палец руки, которая располагалась на столе строго на уровне сердца.

Выборки кардиоинтервалов обрабатывались программным комплексом для формирования вектора  $x=(x_1, x_2)^T$ , где  $x_1=x(t)$  – динамика абсолютного значения КИ на некотором интервале времени  $\Delta t$ ,  $x_2$  – скорость изменения  $x_1$ , т.е.  $x_2=dx_1/dt$ . На основе полученного вектора  $x(t)=(x_1, x_2)^T$  строились квазиаттракторы (КА) динамики поведения вектор состояния системы, определялись площади полученных КА  $S$  по формуле  $V_G^{\max} \geq \Delta x_1 * \Delta x_2 \geq V_G^{\min}$  [1-7,10-15], где  $\Delta x_1$  – вариационный размах величины КИ,  $\Delta x_2$  – вариационный размах для скорости изменения этих КИ. В конечном итоге анализ состояния выборок кардиоинтервалов испытуемых при широтных перемещениях проводился на основе сравнения площади КА в виде  $S$ , а также энтропии Шеннона  $E$ . Значение энтропии Шеннона  $E$  определяется по формуле  $E(x) = -\sum_{i=1}^n p(i) \log_2 p(i)$ , где  $p$  – функция вероятности, производилось сравнение значений  $E$  с особенностями функциональных состояний

**2. Проблемы стохастического подхода в изучении кардиоинтервалов.** Сложные биосистемы (СТТ, *complexity*) обладают пятью уникальными свойствами: компартментно-кластерная организация (основа синергетики), отсутствие стационарных режимов ( $dx/dt \neq 0$  непрерывно и начальное значение  $x(t_0)$  неповторимо!), эволюция СТТ в ФПС, телеологически обусловленное развитие и

возможность выхода за пределы 3-х сигм, 20-ти сигм и т.д. [1,6-9].

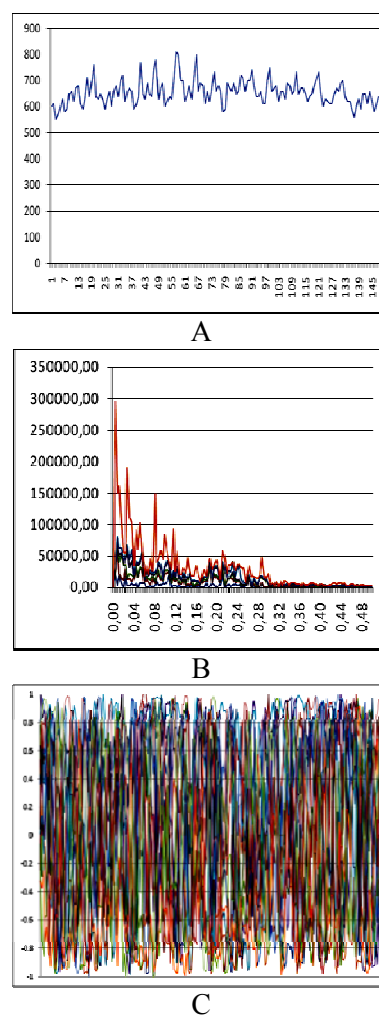


Рис. 1. -А – пример кардиоинтервалов; 1-В – суперпозиция 15-ти амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) для 15-ти отрезков кардиоинтервалов; 1-С – суперпозиция 15-ти автокорреляционных функции  $A(t)$  одного испытуемого

Для КИ легко продемонстрировать выход за 20 сигм и больше. Последнее свойство для КИ почти очевидно: при частоте 1 Гц (одно сокращение в секунду) стандарт отклонения в норме составляет не более 0.1 сек ( $\sigma=0.1$  сек). Экспериментально можно легко вызвать задержку кардиоинтервалов на 60 сек, что в переводе на  $\sigma$  примет вид 60 сек/ 0.1 сек=600  $\sigma$ . Для физики и техники такое невозможно в принципе, для живых систем – воспроизводимый случай. При этом 2-е свойство ( $dx/dt \neq 0$ ) обозначается нами как «*glimmering property*» (или «*flickering*») и оно нала-

гает запрет на любое повторение (произвольное) не только начального значения  $x(t_0)$ , но и любого отрезка динамики  $x(t)$  в ФПС. Поведение СТТ (*complexity*) уникально и про такие системы И.Р. Пригожин говорил, что они – не объект науки и для них сейчас создается новая ТХС [1-9].

гистрации КИ от одного испытуемого с многократным повторением этой процедуры регистрации) будет демонстрировать свою собственную функцию распределения  $f(x)$ , которую нельзя повторить!

Все это говорит о том, что кардиоритм не является в традиционном смысле хаотическим процессом,

Таблица 1

**Матрица сравнения выборок кардиоинтервалов 15-ти мальчиков на первом этапе исследования по приезду в ЮН (парное сравнение по Вилкоксоу при  $p \leq 0.05$ , число совпадений  $k=10$ )**

Грп	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		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
2	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,12</b>	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00
3	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>0,13</b>	0,00
4	0,00	0,00	0,00		0,00	<b>0,58</b>	<b>0,48</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,62</b>	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,58	0,00		<b>0,14</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,57</b>	0,00	0,00
7	0,00	0,00	0,00	0,48	0,02	0,14		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,52</b>	0,00	0,00
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	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>0,08</b>	0,00
10	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	<b>0,88</b>	0,00	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	0,00
12	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,88	0,00		0,00	0,00	0,00
13	0,00	0,00	0,00	0,62	0,02	0,57	0,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
14	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00
15	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	

Представим ряд характерных иллюстраций к такому тезису. На рис. 1-А представлен пример набора КИ а на рис. 1-В – суперпозиция 15-ти амплитудно-частотных характеристик – АЧХ (получается из *кардиоинтервалов*  $x_1(t)$  путем быстрого преобразования Фурье). Эта суперпозиция 15-ти АЧХ для 15-ти отдельных отрезков КИ (подобных рис. 1-А) у нас получается подряд от одного испытуемого (время регистрации каждого набора 5 мин). Очевидно, что все АЧХ разные, совпадений нет. При этом автокорреляционные функции  $A(t)$  не сходятся к нулю (рис. 1-С) а хаотически колеблются в интервале (-1, 1). Одновременно константы Ляпунова беспорядочно меняют знак (на каждых отрезках времени  $\Delta t_i$ ), а свойство перемешивания не выполняется для любых выборок КИ. Последнее означает с позиции стохастики, что каждая выборка (5 мин. ре-

равно как и тремор, теппинг, энцефалограммы, миограммы и любые параметры гомеостаза. Все это непрерывно изменяется и не является объектом теории хаоса Арнольда-Тома. Это хаос другого типа, без повторения начальных условий, констант Ляпунова, свойства перемешивания, АЧХ и без сходимости  $A(t)$  к нулю. Более того, и стохастические методы не могут быть применимы к КИ и им, подобным процессам, т.к. это все особые СТТ (*complexity*), которые нельзя описывать в рамках детерминизма или стохастики [5-8,17,20].

Если для 15-ти отрезков КИ детей рассчитать матрицу парного сравнения получаемых функций распределения  $f(x)$ , то для такого набора  $f_i(x)$  и их парного сравнения по критерию Вилкоксона мы из 105 разных пар в лучшем случае получаем 10-12 пар у детей в возрасте 7-14 лет, которые продемонстрируют возможность отнесения этих двух выборок и их  $f(x)$  к одной генеральной совокупности. Остальные 90 пар сравнений покажут, что они все разные. Система регуляции кардиоритма будет демонстрировать генерацию разных выборок, состояние регуляторных механизмов будет непрерывно изменяться. Для всех  $f_i(x)$  мы будем получать хаотический набор (за редким исключением стохастического совпадений пар, которые при повторах уже не

будут совпадать). Такая динамика  $f(x)$  вполне соответствует хаосу АЧХ,  $A(t)$ , свойству перемешивания. Это особый непрерывный хаос. Пример такой матрицы парного сравнения КИ мы представляем в табл. 1. Существенно, что набор разных  $f_i(x)$  мы будем получать при парном сравнении КИ от разных испытуемых.

Однако, в таком хаотическом калейдоскопе стохастики при изменении внешних условий среды или физиологического состояния организма число пар совпадений вполне закономерно будет изменяться. Например, в табл. 2 мы представляем матрицы парного сравнения 15-ти КИ испытуемых детей в двух различных состояниях (по прилету в лагерь «Юный нефтяник» и перед отлетом из лагеря «Юный нефтяник»).

**Матрица сравнения выборок кардиоинтервалов 15-ти мальчиков по приезду в ЮН (2 этап исследования) и перед отъездом из ЮН (3 этап исследования) (парное сравнение по Вилкоксоу, критерий значимости  $p < 0,05$ , число совпадений  $k=19$ )**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	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	0,00
2	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,93</b>	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,98</b>	0,01	0,02
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,58</b>	<b>0,07</b>	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	0,00
5	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	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,82</b>	<b>0,19</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>1,00</b>	0,02	<b>0,07</b>
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,57</b>	<b>0,96</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	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	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	<b>0,09</b>	0,00	<b>0,09</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	<b>0,05</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,98</b>	<b>0,06</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,69</b>	0,00	<b>0,06</b>	0,00	0,00	0,00
15	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,17</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	<b>0,37</b>	0,00

Самоорганизация характерна для многих параметров гомеостаза, но в первую очередь мы говорим о КИ. Действительно, в табл. 1 мы привели пример стохастического анализа 15-ти КИ для парного сравнения (группа из 15-ти разных людей). Но если мы возьмем 15-ть повторов регистра-

ции КИ у одного испытуемого, то результат «совпадений» пар получается сходным: 15-20% от общего числа сравниваемых пар покажут возможность их отнесения к общей генеральной совокупности и около 80% пар продемонстрируют невозможность такого «совпадения».

Таким образом, для регуляции кардиоритма характерно преобладание хаотической динамики (стохастика менее 20%) и эта регуляция не зависит от индивидуума. Механизмы такой регуляции КИ подобны регуляции тремора (там имеем менее 10% совпадений). При изменении состояния физиологических функций испытуемых, если испытуемому дать нагрузку (физические упражнения) или, в нашем случае, перевезти в другой регион (трансширотные перемещение), то число «совпадений» резко

Таблица 2 изменится.

**3. Энтропийный подход в оценке параметров кардиоинтервалов.** Для анализа уровня хаотичности во временной развертке кардиоинтервалов была рассчитана энтропия Шеннона. Результаты таких расчетов представлены на примере группы мальчиков в четырех различных временных точка в табл. 3, из которой видно, что энтропийный подход при анализе КИ не демонстрирует существенных различий. Согласно этим данным, выборки КИ для группы мальчиков на всех четырех этапах исследования можно отнести к одной генеральной совокупности. Только 2-й набор  $E$  демонстрирует небольшое различие состояний. Более того, согласно данным для сравнения вы-

борок групп девочек в четырех временных точках исследования, все группы можно отнести к одной генеральной совокупности [12,13].

Действительно, сравнение энтропии  $E$  на всех этапах исследования не показывает (табл. 3) существенные различия. Величины

$E$  не изменяется значительно, параметры КИ не показывают существенных различий. В табл. 3 мы имеем критерий Вилкоксона  $p=0,42$  для кардиореспираторной физиологической системы мальчиков, которые переехали с Севера РФ (Сургут) на Юг РФ (Краснодарский край, детский санаторно-оздоровительный лагерь «Юный нефтяник») хотя внешне медианы несколько различаются:  $E_1=3,122$ ,  $E_2=2,922$ , но имеем статистически недостоверные различия. В целом, обычно ТХС и нейро-ЭВМ выявляют различия между выборками и параметры порядка, а  $E$  не показывает различий [14].

Таблица 3

**Таблица значений энтропии Шеннона для мальчиков при широтных перемещениях в четырех разных состояниях ( $E_1$  -до отлета из г. Сургута,  $E_2$  – по прилету в ЮН,  $E_3$  - перед отлетом из ЮН,  $E_4$  по прилету в ЮН)**

	$E_1$ , перед отлетом из Сургута	$E_2$ , по прилету в ЮН	$E_3$ , перед отлетом из ЮН	$E_4$ , по прилету в Сургут
1	3.122	2.922	2.922	3.322
2	3.322	2.922	3.122	3.322
3	3.322	3.122	3.122	3.322
4	2.685	2.685	2.685	2.685
5	3.322	3.322	3.322	3.322
6	3.122	3.322	3.322	3.122
7	3.322	3.322	3.322	3.322
8	2.922	2.722	3.122	3.122
9	2.922	2.722	3.122	3.122
10	3.322	2.922	3.122	3.122
11	2.846	3.322	2.922	3.122
12	2.846	3.322	3.122	3.322
13	3.122	3.122	3.322	3.122
14	3.122	2.846	2.846	3.122
15	2.922	2.722	3.322	3.322
среднее	3.083	3.021	3.114	3.186
Медиана	3.122	2.922	3.122	3.122

На фоне этих сравнений еще раз подчеркнем, что матрицы парных сравнений (т.е. расчета для повторяющихся выборок параметров СТТ) дают различия в состояниях биосистем (параметров гомеостаза). При этом статистика и энтропия не показывают существенных различий в организме обследуемых. Энтропия  $E$  дает различные результаты для разных функциональных состояний гомеостаза, но такая ситуация у нас возникает в случае, если мы сравниваем

разные выборки (здоровые – больные, люди без воздействия и испытуемые при сильных воздействиях и т.д.). Следовательно, мы не отрицаем стохастику полностью, а только говорим об изменении методов расчета, о новых способах стохастической оценки параметров гомеостаза. Поэтому целесообразно говорить об объединении усилий стохастики и ТХС в изучении СТТ [5, 16-19].

#### Выводы:

1. Основу третьей парадигмы и ТХС составляет проблема определенности и неопределенности биосистем – *complexity* (СТТ), которая в итоге сводится к проблеме порядка и беспорядка оценки и моделирования *complexity*. На этом фоне все еще отсутствует понимание особенностей (а их сейчас 5) и принципов организации биосистем, принципиальной невозможности их описания в рамках детерминизма, стохастики и детерминированного хаоса Арнольда-Тома.

2. Функции распределения  $f(x)$ , энтропия  $E$  и др. статистические (термодинамические) подходы весьма спорно использовать для описания СТТ. Однако, созданные новые методы и подходы, объединяющие стохастику и хаос СТТ, обеспечивают в ряде случаев получение информации о состоянии особых биосистем. Таким образом, становится возможным объединить усилия основоположников синергетики (*H. Haken*) и теории *complexity* – эмерджентности (*I.R. Prigogine, M. Gell-Mann, J.A. Wheeler* и др.) в рамках третьей парадигмы и ТХС в деле описания и моделирования свойств сложных биосистем. При этом главная проблема такого объединения – это проблема описания гомеостаза, гомеостатических систем (*complexity*).

#### Литература

1. Гавриленко Т.В., Еськов В.М., Хадарцев А.А., Химикова О.И., Соколова А.А. Новые методы для геронтологии в прогнозах долгожительства коренного населения Югры // Успехи геронтологии.– 2014.– Т. 27, № 1.– С. 30–36.
2. Еськов В.В., Гараева Г.Р., Эльман К.А., Горбунов Д.В., Третьяков С.А.

Физиотерапия при гипертонической болезни с позиций хаотической динамики параметров ССС у пациентов // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание.– 2014.– № 1.– Публикация 1-12. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/5030.pdf> (Дата публикации: 16.12.2014). DOI: 10.12737/7242

3. Еськов В.М., Гавриленко Т.В., Вохмина Ю.В., Зимин М.И., Филатов М.А. Измерение хаотической динамики двух видов теппинга как произвольных движений // Метрология.– 2014.– № 6.– С. 28–35.

4. Еськов В.М., Живогляд Р.Н., Карташова Н.М., Попов Ю.М., Хадарцев А.А. Понятие нормы и патологии в фазовом пространстве состояний с позиций компартентно-кластерного подхода // Вестник новых медицинских технологий.– 2005.– Т. 12, № 1.– С. 12–14.

5. Еськов В.М., Назин А.Г., Русак С.Н., Филатова О.Е., Хадарцева К.А. Системный анализ и синтез влияния динамики климато-экологических факторов на заболеваемость населения Севера РФ // Вестник новых медицинских технологий.– 2008.– Т. 15, № 1.– С. 26–29.

6. Еськов В.М., Еськов В.В., Козлова В.В., Филатов М.А. Способ корректировки лечебного или физкультурно-спортивного воздействия на организм человека в фазовом пространстве состояний с помощью матриц расстояний // Патент на изобретение RUS 2432895 от 09.03.2010 г.

7. Еськов В.М., Еськов В.В., Филатова О.Е. Способ корректировки лечебного или лечебно-оздоровительного воздействия на пациента // Патент на изобретение RUS 2433788 от 01.02.2010 г.

8. 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.

9. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Еськов В.В., Гавриленко Т.В., Филатов М.А. Complexity – особый тип биомедицинских и социальных систем // Вестник новых медицинских технологий.– 2013.– Т. 20, № 1.– С. 17–22.

10. Карпин В.А., Филатов М.А. Са-

моорганизация как онтологическое основание биологической эволюции // Сложность. Разум. Постнеклассика.– 2013.– № 2.– С. 21–28.

11. Литовченко О.Г., Нифонтова О.Л. Некоторые показатели сердечно-сосудистой системы уроженцев Среднего Приобья 7-20 лет // Вестник Оренбургского государственного университета.– 2010.– № 1 (107).– С. 115–119.

12. Литовченко О.Г., Апокин В.В., Семенова А.А., Нифонтова О.Л. Сохранение сердечно-сосудистой системы студентов // Теория и практика физической культуры.– 2014.– № 9.– С. 90–93.

13. Нифонтова О.Л., Привалова А.Г., Малинкин С.В., Химикова О.И. Биоинформационный анализ функционального состояния сердечно-сосудистой системы у школьников – коренных жителей Югры // Вестник новых медицинских технологий.– 2012.– Т. 19, № 2.– С. 422–423.

14. Литовченко О.Г., Апокин В.В., Семенова А.А., Нифонтова О.Л. Состояние сердечно-сосудистой системы студентов // Теория и практика физической культуры.– 2014.– № 9.– С. 90–93.

15. Alam, I., Lewis, M. J., Morgan, J., & Baxter, J. (2009). Linear and nonlinear characteristics of heart rate time series in obesity and during weight-reduction surgery // *Physiological Measurement*.– 2009.– 30.– P. 541–557. DOI: 10.1088/0967-3 334/3 0/7/002

16. Eskov V.M., Kulaev S.V., Popov Yu.M., Filatova O.E. Computer technology for measurement of instability origin in stationary regimes of biological dynamic system // *Measurement Techniques*.– 2006.– № 1.– P. 40–45.

17. 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.– V. 54, № 7.– P. 832–837.

18. Eskov V.M. Evolution of the emergent properties of three types of societies: The basic law of human development // *Emergence: Complexity and Self-organization*.– 2014.– V. 16, №2.– P. 107–115.

19. Eskov V.M., Eskov V.V., Gavrilen-

ko T.V., Zimin M.I. Uncertainty in quantum mechanics and biophysics of complex systems // Moscow University Physics Bulletin.– 2014.– 5.– P. 41–46.

20. Kelso. J.A.S. Dynamic Patterns: The Self-Organization of Brain and Behavior. (MIT Press, Cambridge 1995. Paperback edition. 1997).

### References

1. Gavrilenko TV, Es'kov VM, Khadartsev AA, Khimikova OI, Sokolova AA. Novye metody dlya gerontologii v prognozakh dolgozhitel'stva korennoho naseleniya Yugry. Uspekhi gerontologii. 2014;27(1):30-6. Russian.

2. Es'kov VV, Garaeva GR, El'man KA, Gorbunov DV, Tret'yakov SA. Fizioterapiya pri gipertonicheskoy bolezni s pozitsiy khaoticheskoy dinamiki parametrov SSS u patsientov. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. Elektronnoe izdanie [internet]. 2014 [cited 2014 Dec 16];1:[about 8 p.]. Russian. available from: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/5030.pdf>. DOI: 10.12737/7242

3. Es'kov VM, Gavrilenko TV, Vokhmina YuV, Zimin MI, Filatov MA. Izmerenie khaoticheskoy dinamiki dvukh vidov teppinga kak proizvol'nykh dvizheniy. Metrologiya. 2014;6:28-35. Russian.

4. Es'kov VM, Zhivoglyad RN, Kartashova NM, Popov YuM, Khadartsev AA. Popyatye normy i patologii v fazovom prostranstve sostoyaniy s pozitsiy kompar-tentnoklasternogo podkhoda. Vestnik no-vykh meditsinskikh tekhnologiy. 2005;12(1): 12-4. Russian.

5. Es'kov VM, Nazin AG, Rusak SN, Filatova OE, Khadartseva KA. Sistemnyy analiz i sintez vliyaniya dinamiki klima-tekologicheskikh faktorov na zabolevae-most' naseleniya Severa RF. Vestnik no-vykh meditsinskikh tekhnologiy. 2008;15(1):26-9. Russian.

6. Es'kov VM, Es'kov VV, Kozlova VV, Filatov MA, inventors; Sposob korrektyrovki lechebnogo ili fizkul'turno-sportivnogo vozdeystviya na organizm cheloveka v fazovom prostranstve sostoyaniy s

pomoshch'yu matrits rasstoyaniy. Russian Federation patent RU 2432895. 2010. Russian.

7. Es'kov VM, Es'kov VV, Filatova OE, inventors; Sposob korrektyrovki lechebnogo ili lechebno-ozdorovitel'nogo vozdeystviya na patsienta. Russian Federation patent RU 2433788. 2010. Russian.

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

9. Es'kov VM, Khadartsev AA, Es'kov VV, Gavrilenko TV, Filatov MA. Complexity – osobyje tip biomeditsinskikh i sotsial'nykh sistem. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2013;20(1):17-22. Russian.

10. Karpin VA, Filatov MA. Samoorganizatsiya kak ontologicheskoe osnovanie biologicheskoy evolyutsii. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2013;2:21-8. Russian.

11. Litovchenko OG, Nifontova OL. Nekotorye pokazateli serdechno-sosudistoy sistemy urozhentsev Srednego Priob'ya 7-20 let. Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta. 2010;1 (107):115-9. Russian.

12. Litovchenko OG, Apokin VV, Semenova AA, Nifontova OL. Sokhranenie serdechno-sosudistoy sistemy studentov. Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury. 2014;9:90-3. Russian.

13. Nifontova OL, Privalova AG, Malinkin SV, Khimikova OI. Bioinformatsionnyy analiz funktsional'nogo sostoyaniya serdechno-sosudistoy sistemy u shkol'nikov – korennykh zhiteley Yugry. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2012;19(2):422-3. Russian.

14. Litovchenko OG, Apokin VV, Semenova AA, Nifontova OL. Sostoyanie serdechno-sosudistoy sistemy studentov. Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury. 2014;9:90-3. Russian.

15. Alam I, Lewis MJ, Morgan J, Baxter J. Linear and nonlinear characteristics of heart rate time series in obesity and during weight-reduction surgery. Physiological Measurement. 2009;30:541-57. DOI: 10.1088/0967-3334/30/7/002

16. Es'kov VM, Kulaev SV, Popov YuM, Filatova OE. Computer technology for



measurement of instability origin in stationary regimes of biological dynamic system. Measurement Techniques. 2006;1:40-5.

17. 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(7):832-7.

18. Eskov VM. Evolution of the emergent properties of three types of societies: The basic law of human development. Emergence:

Complexity and Self-organization. 2014;16(2): 107-15.

19. Eskov VM, Eskov VV, Gavrilenko TV, Zimin MI. Uncertainty in quantum mechanics and biophysics of complex systems. Moscow University Physics Bulletin. 2014;5:41-6.

20. Kelso JAS. Dynamic Patterns: The Self-Organization of Brain and Behavior. (MIT Press, Cambridge 1995. Paperback edition. 1997).