

## ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ КАРДИОИНТЕРВАЛОВ ШКОЛЬНИКОВ ПРИ ШИРОТНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЯХ

Д.В. ГОРБУНОВ, В.Г. БАЛАШОВ, И.А. АФАНЕВИЧ, М.Г. КУРАПАТКИНА

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

**Аннотация.** Параметры сердечно-сосудистой системы демонстрируют неустойчивость их функций распределения  $f(x)$  для разных интервалов времени измерений  $\Delta t$ . Утверждается, что подобные системы нельзя относить к традиционным хаотическим системам, т.к. для них автокорреляционные функции  $A(t)$ , не стремятся к нулю с ростом времени  $t$ , а экспоненты Ляпунова не имеют положительных значений, 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 широтных перемещениях. Сравняются значения результатов площадей квазиаттракторов выборок кардиоинтервалов и значения энтропии Шеннона. Представлены примеры такой закономерности для параметров кардиоинтервалов групп детей Югры при смене климатических поясов. Демонстрируется, что энтропийный подход обладает низкой диагностической ценностью в оценки выборок кардиоинтервалов.

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

## ESTIMATION OF CARDIOINTERVALS PARAMETERS IN SCHOOLCHILDREN FOR LATITUDINAL DISPLACEMENTS

D.V. GORBUNOV, V.G. BALASHOV, I.A. AFANEVICH, M.G. KURAPATKINA

*Surgut State University, Lenin av., 1, Surgut, 628400, Russia*

**Abstract.** The parameters of the cardiovascular system demonstrate the instability of their distribution functions  $f(x)$  for different time intervals  $\Delta t$ . It is asserted that such systems can't be attributed to traditional chaotic systems, since for them the autocorrelation functions  $A(t)$ , don't tend to zero with increasing time  $t$ , and the Lyapunov exponents don't have positive values, the mixing property is absent and their state vector  $x(t)$  demonstrates chaotic motion in the form  $dx/dt \neq 0$ . Since the initial state  $x(t_0)$  can't be repeated arbitrarily for such systems, there is the uncertainty of the 1st and 2nd type. The entropy approach is proposed for the description of the evaluation of the behavior of cardio at the latitudinal displacements. The authors compare the value of the results of space quasi-attractors samples cardio and values of the Shannon entropy and demonstrate the examples of such laws for the cardio group of schoolchildren in Ugra children by changing climatic zones. The authors prove that the entropy approach has a low diagnostic value in the assessment of cardio samples.

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

**Введение.** Многочисленные попытки анализа *спектральных плотностей сигнала* (СПС), *автокорреляционных функций*  $A(t)$ , расчёта экспонент Ляпунова, для проверки свойства перемешивания, использования теории фракталов и других подходов не могут демонстрировать существенных результатов в изучении выборок *кардиоинтервалов* (КИ). Отметим, что последовательность КИ и составляет некоторый сигнал  $x_1(t)$  во времени  $t$ , а его производная  $x_2=dx_1/dt$  образует вторую координату некоторого *фазового пространства состояний* (ФПС). Сегодня можно уверенно сказать, что все традиционные стохастические методы имеют довольно низкую диагностическую ценность, вследствие чего их использование в медицине и биологии затруднительно из-за неустойчивости получаемых результатов даже для одного человека и тем более для групп испытуемых [1-7, 18-21].

Главная проблема низкой эффективности традиционной *детерминисткой и стохастической науки* (ДСН) в описании сложных биосистем (*complexity, систем третьего типа* (СТТ) [8-11]) заключена именно в хаотической особенности поведения кардиоинтервалов, и других параметров *функциональных систем организма* (ФСО) человека которые (было продемонстрировано в ряде публикаций [8-17]) очень похожи на постуральный тремор (там получают аналогичные результаты). При применении стохастики в изучении произвольности и непроизвольности организации движений, о которой писал Н.А. Бернштейн в 1947 г. («О построении движения»), мы сталкиваемся с принципиальной неповторимостью параметров движения. В целом, особенностью всех процессов, обеспечивающих гомеостаз, является посто-

янная 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]. Это означает непрерывное и хаотическое движение вектора состояния системы  $x(t)$  в ФПС, что не может быть описано в рамках стохастики [14-21].

**Объекты и методы исследования.** На начальном этапе эксперимента группы (по 15 человек) были разделены по гендерным различиям (в работе представлены данные по группе девочек). В статье представлены результаты углубленного исследования параметров выборок *кардиоинтервалов* (КИ) девочек в возрасте 7-14 лет, проживающих на территории Югры, в г. Сургуте. 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 *сердечно-сосудистой системы* (ССС) детей производилась в 4 этапа: **I** – перед вылетом из г. Сургут; **II** – по прибытию в детское санаторно-оздоровительное учреждение *Юный нефтяник* (ЮН); **III** – перед вылетом из ЮН; **IV** – по прилету в г. Сургут. Информацию о состоянии параметров ССС учащихся получали методом пульсоинтервалографии на базе приборно-программного обеспечения пульсоксиметра «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. Одновременно с помощью двух инфракрасных датчиков регистрировался *уровень оксигенации крови* ( $SpO_2$ ).

Выборки КИ 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 состояния КРС  $x(t)=(x_1, x_2)^T$  строились *квазиаттракторы* (КА) динамики поведения вектор состояния системы, определялись площади полученных КА  $S$  по формуле  $V_G^{max} \geq \Delta x_1 * \Delta x_2 \geq V_G^{min}$  [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 КИ испытуемых при широтных перемещениях проводился на основе сравнения площади КА в виде  $S$ , а также энтропии Шеннона  $E$ .

**Проблемы использования стохастического метода обработки данных в изучении кардиоинтервалов.** Сложные биосистемы *СТТ-complexity* обладают пятью уникальными свойствами: компарментно-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. [10-17].

Для КИ легко можно продемонстрировать выход за 20 сигм и даже больше. Последнее свойство для КИ почти очевидно: при частоте 1Гц (одно сокращение в секунду) стандарт отклонения в норме составляет не более 0.1 сек ( $\sigma=0.1$  сек), экспериментально можно легко вызвать задержку КИ 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 налагает 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 нами создается новая ТХС [8-21].

Представим ряд характерных иллюстраций к такому тезису. На рис.1-А представлен пример регистрации выборки КИ, а на рис. 1-В – суперпозиция 15-ти *спектральных плоскостей сигнала* – СПС (получается из КИ  $x_1(t)$  путем быстрого преобразования Фурье). Эта суперпозиция 15-ти СПС 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 СПС для каждой серии КИ (подобных рис. 1-А) разные, совпадений нет. При этом *автокорреляционные функции*  $A(t)$  не сходятся к нулю (рис. 1-С) а хаотически изменяются в интервале (-1, 1).

Одновременно константы Ляпунова беспорядочно меняют знак (для каждого отдельных отрезков времени  $\Delta t_i$ ), а свойство перемешивания не выполняется для любых выборок КИ. Последнее означает с позиции стохастики, что каждая выборка (5 мин. регистрации КИ как от одного испытуемого с многократным повторением этой процедуры регистрации, так и от группы испытуемых) будет демонстрировать свою собственную функцию распределения  $f(x)$ , которую нельзя повторить! Это последнее утверждение подтверждается табл. 1, где представлены результаты парного сравнения 15-ти разных выборок КИ от разных испытуемых по прибытию (табл. 1) и в табл. 2 мы демонстрируем матрицу парных сравнений этой же группы перед отъездом (из ЮН) по приезду в Туапсе.

Матрица сравнения выбора кардиоинтервалов 15-ти девочек 1 группы до отъезда из Сургута (парное уравнение по Вилкоксона при  $p \leq 0,05$ , число совпадений  $k=5$ )

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,37</b>	0,00	0,00	0,02	0,00	<b>0,06</b>	0,00	0,00	0,00	0,01
2	0,00			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
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	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	<b>0,73</b>	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
6	0,37	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,28</b>	0,00	0,00	0,00	0,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	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	0,02	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>0,44</b>
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
11	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
14	0,00	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00		0,00
15	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

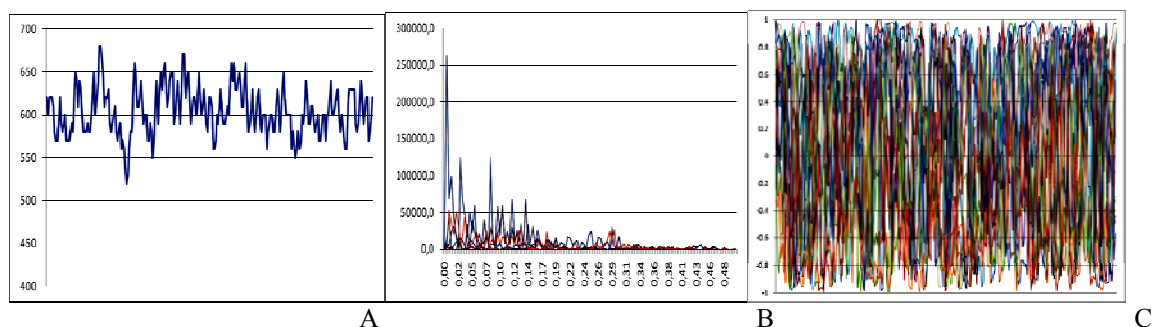


Рис. 1. Кардиоинтервалы и их статистические характеристики: 1-А – пример КИ; 1-В – суперпозиция 15-ти спектральных плоскостей сигнала (СПС) для 15-ти отрезков КИ; 1-С – суперпозиция 15-ти автокорреляционных функций  $A(t)$  одного испытуемого

Отметим, что в одном состоянии ( $k_l=5$ ) статистика дает более низкие показатели, чем сравнение двух разных (физиологически) состояний. Всё это говорит о том, что кардиоритм не является в традиционном смысле хаотическим процессом, равно как и тремор, теппинг, энцефалограммы, электромиограммы, где  $k=18$  (табл. 2). Всё это непрерывно изменяется и не является объектом теории хаоса Арнольда-Тома. Это хаос другого типа, без повторения начальных условий, констант Ляпунова, свойства перемешивания, СПС 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 [12-19].

Если для 15-ти отрезков КИ детей рассчитать матрицу парного сравнения выборок КИ и их 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 повторях уже не будут совпадать). Такая динамика  $f(x)$  вполне соответствует хаосу АЧХ,  $A(t)$ , свойству перемешивания. Это особый непрерывный хаос. 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. 1 мы представляем матрицы парного сравнения 15-ти кардиоинтервалограмм 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 девочек 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  $k=18$ )**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0,00	0,00	<b>0,26</b>	0,00	<b>0,05</b>	0,00	0,00	<b>0,95</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	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	0,00	0,00	0,00
4	0,04	<b>0,85</b>	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	<b>0,79</b>	0,00	<b>0,33</b>	0,00	0,00	<b>0,25</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	<b>0,75</b>	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	0,01	0,02	0,00	<b>0,69</b>	0,00	0,01	0,00
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,22</b>
10	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>0,99</b>	0,00	0,00
11	0,00	0,00	<b>0,27</b>	0,00	<b>0,95</b>	0,00	0,00	<b>0,05</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,64</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,73</b>
15	<b>0,05</b>	<b>0,52</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00

Самоорганизация характерна для многих параметров гомеостаза, но в первую очередь мы говорим о КИ. Если мы возьмем 15-ть повторов регистрации 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 имеет 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, как в нашем случае, перевезти в другой регион ) при трансширотных перемещениях число «совпадений»  $k$  резко изменится.

**Расчет параметров квазиаттракторов в оценке кардиоинтервалов школьников.** Результаты расчетов параметров КА представлены на примере группы девочек в четырёх различных временных точках в табл. 2. Расчет параметров КА при анализе КИ демонстрирует существенные различия средних значений  $x_i$  при сравнении 1-й точки исследования со 2-ой и 3-ей точками, а между 1-й и 2-й точками существенных изменений не было выявлено. Также была рассчитана энтропия Шеннона для этих же выборок КИ. Сравнение энтропии  $E$  на всех этапах исследования не показывает существенных различий. Величины  $E$  не изменяются значительно, параметры КИ не показывают существенных различий для энтропии, системы находятся как бы в стационарных состояниях во всех 4х точках исследования. В целом, новые методы ТХС и НЭВМ позволяют выявлять различия между выборками (что стохастика делать не может) и можно идентифицировать параметры порядка. Наоборот, значения энтропии  $E$  не показывают различий [14-21].

На фоне этих сравнений еще раз подчеркнём, что матрицы парных сравнений экспериментальных выборок (т.е. расчёта для повторяющихся выборок параметров СТТ) дают различия в состояниях биосистем (параметров гомеостаза), если организм человека реально изменяет гомеостаз (хотя статистика показывает неизменность). При этом статистика и энтропия довольно часто не показывают существенных различий в параметрах организма обследуемых. Энтропия  $E$  даёт 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 стохастичность полностью, а только говорим об изменении методов расчёта, о новых способах стохастической оценки параметров гомеостаза. Поэтому целесообразно говорить об объединении усилий стохастики и ТХС в изучении СТТ [5, 16-19]. Но при этом надо твердо помнить, что довольно часто то, что в стохастике является изменением (неопределённость 2-го типа) в ТХС будет гомеостазом (неизменностью параметров КА)!

Таблица значений площадей квазиаттракторов  $S$  выборок кардиоинтервалов для девочек при широтных перемещениях в четырех разных состояниях ( $S_1$  - до отлета из г. Сургута,  $S_2$  – по прилету в ЮН,  $S_3$  - перед отлетом из ЮН,  $S_4$  по прилету в ЮН)

	$S_1$ , перед отлетом из Сургута	$S_2$ , по прилету в ЮН	$S_3$ , перед отлетом из ЮН	$S_4$ , по прилету в Сургут
1	11000	11000	18700	75400
2	11200	11200	25200	7700
3	11200	11200	25200	9100
4	36000	36000	48300	95700
5	11000	11000	51300	40000
6	21600	25200	34200	35700
7	34200	36000	23400	26000
8	54000	56700	11000	57600
9	15400	15400	95200	33600
10	14000	14000	152000	202100
11	51300	51300	36000	72500
12	34200	34200	56700	10000
13	7000	32400	14000	84000
14	43200	43200	108000	46000
15	17600	17600	16500	18000
<S>	24860	27093	47713	54227

**Выводы:**

1. Основу третьей парадигмы и ТХС составляет проблема определенности и неопределенности биосистем-*complexity* (СТТ), которая в итоге сводится к проблеме порядка и беспорядка в оценке и моделировании *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  $f(x)$ , энтропию  $E$  и др. статистические (термодинамические) параметры и характеристики весьма спорно использовать для описания СТТ. Однако, созданные новые методы и подходы, объединяющие стохастичность 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*), которая включает принципиально новую трактовку и самого гомеостаза и понятия эволюции гомеостатических систем.

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №15-41-00034 р\_урал\_a «Разработка новых информационных моделей и вычислительных алгоритмов для идентификации параметров порядка в описании и прогнозах сложных медико-биологических систем»*

**Литература**

1. Балтикова А.А., Баженова А.Е., Башкатова Ю.В., Карпин В.А., Горленко Н.П. Многомерная хаотическая динамика тремора в оценке реакции нервно-мышечной системы человека на физическую нагрузку // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2013. № 1. Публикация 1-6. URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2013-1/4341.pdf> (дата обращения 15.04.2013).
2. Башкатова Ю.В., Белошченко Д.В., Баженова А.Е., Мороз О.А. Хаотическая динамика параметров кардиоинтервалов испытуемого до и после физической нагрузки при повторных экспериментах // 2016. Т. 23, № 3. С. 39–45.
3. 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.

4. 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.
5. Еськов В.В., Гараева Г.Р., Синенко Д.В., Филатова Д.Ю., Третьяков С.А. Кинематические характеристики движения квазиаттракторов в оценке лечебных эффектов кинезотерапии // Вестник новых медицинских технологий. 2015. Т. 22, № 1. С. 128–136.
6. Еськов В.В. Математическое моделирование гомеостаза и эволюции complexity // Тула, 2016.
7. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Филатова О.Е., Хадарцева К.А., Литовченко О.Г. Проблема оценки эффективности лечения на основе кинематической характеристики вектора состояния организма // Вестник новых медицинских технологий. 2015. Т. 22, № 1. С. 143–152.
8. Еськов В.М., Еськов В.В., Филатова О.Е., Филатова Д.Ю. Сравнительная характеристика возрастных изменений сердечно-сосудистой системы населения Севера РФ // Вестник новых медицинских технологий. 2015. Т. 22, № 3. С. 15–20.
9. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Филатова О.Е., Хадарцева К.А., Литовченко О.Г. Проблема оценки эффективности лечения на основе кинематической характеристики вектора состояния организма // Вестник новых медицинских технологий. 2015. Т. 22, № 1. С. 143–152.
10. Еськов В.М., Зинченко Ю.П., Филатов М.А., Еськов В.В. Эффект Еськова-Зинченко опровергает представления i.g. prigogine, ja. wheeler и m. gell-mann о детерминированном хаосе биосистем - complexity // Вестник новых медицинских технологий. 2016. Т. 23, № 2. С. 34–43.
11. Еськов В.М., Зинченко Ю.П., Филатова О.Е. К проблеме самоорганизации в биологии и психологии // Вестник новых медицинских технологий. 2016. Т. 23, № 3. С. 174–181.
12. Еськов В.М., Зинченко Ю.П., Филатова О.Е., Веракса А.Н. Биофизические проблемы в организации движений с позиций теории хаоса-самоорганизации // Вестник новых медицинских технологий. 2016. Т. 23, № 2. С. 182–188.
13. Еськов В.М., Еськов В.В., Гавриленко Т.В., Вохмина Ю.В. Формализация эффекта «повторение без повторения» Н.А. Бернштейна // Биофизика. 2017. Т. 62, вып. 1. С. 168–176
14. 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.
15. Русак С.Н., Козупица Г.С., Филатова О.Е., Еськов В.В., Шевченко Н.Г. Динамика статуса вегетативной нервной системы у учащихся младших классов в погодных условиях г. Сургута // Вестник новых медицинских технологий. 2013. Т. 20, № 4. С. 92–95.
16. Русак С.Н., Филатова О.Е., Бикмухаметова Л.М. Неопределенность в оценке погодноклиматических факторов на примере ХМАО - Югры // Вестник новых медицинских технологий. 2016. Т. 23, № 1. С. 15–19.
17. 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.
18. Филатова О.Е., Хадарцев А.А., Кошечев В.П., Ватамова С.Н., Соколова А.А. Использование нейроэмуляторов в задачах системного синтеза диагностических признаков в геронтологии // Вестник новых медицинских технологий. 2014. Т. 21, № 3. С. 13–17.
19. Филатова О.Е., Соколова А.А., Мороз О.А., Однолеткова С.В. Нейро-эвм в изучении параметров variability сердечного ритма женского коренного и некоренного населения Югры // Вестник новых медицинских технологий. 2015. Т. 22, № 4. С. 13–21.
20. Филатова О.Е., Хадарцева К.А., Соколова А.А., Еськов В.В., Эльман К.А. Сердечно-сосудистая система аборигенов и пришлого женского населения Севера РФ: модели и возрастная динамика // Вестник новых медицинских технологий. 2015. Т. 22, № 2. С. 43–49.
21. Филатова О.Е., Хадарцева К.А., Филатова Д.Ю., Живаева Н.В. Биофизика сложных систем - complexity // Вестник новых медицинских технологий. 2016. Т. 23, № 2. С. 9–17.
22. Хадарцев А.А., Еськов В.М., Филатова О.Е., Хадарцева К.А. Пять принципов функционирования сложных систем, систем третьего типа // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2015. № 1. Публикация 1-2. URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-1/5123.pdf> (дата обращения 25.03.2015). DOI: 10.12737/10410.

#### References

1. Baltikova AA, Bazhenova AE, Bashkatova YV, Karpin VA, Gorlenko NP. Mnogomernaya khaoticheskaya dinamika tremora v otsenke reaktcii nervno-myshechnoy sistemy cheloveka na fizicheskuyu nagruzku [The multidimensional chaotic dynamics of a tremor in the evaluation of the response of the human neuromuscu-

lar system to physical activity]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. Elektronnoe izdanie. 2013 [cited 2013 Apr 15];1 [about 6 p.]. Russian. Available from: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2013-1/4341.pdf>.

2. Bashkatova YV, Beloshchenko DV, Bazhenova AE, Moroz OA. Khaoticheskaya dinamika parametrov kardiointervalov ispytuemogo do i posle fizicheskoy nagruzki pri povtornykh eksperimentakh [Chaotic dynamics of the parameters of the cardiointervals of the subject before and after physical exertion in repeated experiments]. 2016;23(3):39-45. Russian.

3. Betelin VB, Es'kov VM, Galkin VA, Gavrilenko TV. Stokhasticheskaya neustoychivost' v dinamike povedeniya slozhnykh gomeostaticeskikh system [Stochastic instability in the dynamics of behavior of complex homeostatic systems]. Doklady akademii nauk. 2017;472(6):642-4. Russian.

4. Dobrynina IY, Gorbunov DV, Kozlova VV, Sinenko DV, Filatova DYu. Osobennosti kardiointervalov: khaos i stokhastika v opisaniy slozhnykh biosistem [Features of cardiointervals: chaos and stochastics in the description of complex biosystems]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2015;22(2):19-26. Russian.

5. Es'kov VV, Garaeva GR, Sinenko DV, Filatova DY, Tret'yakov SA. Kinematicheskie kha-rakteristiki dvizheniya kvaziattraktorov v otsenke lechebnykh effektivov kinezoterapii [Characteristics of motion of quasi-tractors in the evaluation of therapeutic effects]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2015;22(1):128-36. Russian.

6. Es'kov VV. Matematicheskoe modelirovanie gomeostaza i evolyutsii complexity [Mathematical modeling of homeostasis and evolution of complexites]. Tula; 2016.

7. Es'kov VM, Khadartsev AA, Filatova OE, Khadartseva KA, Litovchenko OG. Problema otsenki effektivnosti lecheniya na osnove kinematicheskoy kharakteristiki vektora sostoyaniya organizma [The problem of assessing the effectiveness of treatment based on the kinematic characteristics of the body state vector]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2015;22(1):143-52. Russian.

8. Es'kov VM, Es'kov VV, Filatova OE, Filatova DYu. Sravnitel'naya kharakteristika voz-rastnykh izmeneniy serdechno-sosudistoy sistemy naseleniya Severa RF [Comparative characteristics of age-related changes in the cardiovascular system of the population of the North of Russia]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2015;22(3):15-20. Russian.

9. Es'kov VM, Khadartsev AA, Filatova OE, Khadartseva KA, Litovchenko OG. Problema otsenki effektivnosti lecheniya na osnove kinematicheskoy kharakteristiki vektora sostoyaniya organizma [The problem of assessing the effectiveness of treatment based on the kinematic characteristics of the body state vector]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2015;22(1):143-52. Russian.

10. Es'kov VM, Zinchenko YP, Filatov MA, Es'kov VV. Effekt Es'kova-Zinchenko oprovergaet predstavleniya i.r. prigogine, ja. wheeler i m. gell-mann o determinirovannom khaose biosistem – complexity [The effect of Eskova-Zinchenko refutes the ideas of the Ir. Prizhogine, I am. Out-gel and m. Gel-mann on the deterministic chaos of biosystems - complexite]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2016;23(2):34-43. Russian.

11. Es'kov VM, Zinchenko YP, Filatova OE. K Probleme samoorganizatsii v biologii i psi-khologii [To the Problem of Self-Organization in Biology and Psychology]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2016;23(3):174-81. Russian.

12. Es'kov VM, Zinchenko YP, Filatova OE, Veraksa AN. Biofizicheskie problemy v organizatsii dvizheniy s pozitsiy teorii khaosa-samoorganizatsii [Biophysical problems in the organization of movements from the perspective of the theory of chaos-self-organization]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2016;23(2):182-8. Russian.

13. Es'kov VM, Es'kov VV, Gavrilenko TV, Voxmina YV. Formalizatsiya effekta «povtorenie bez povtoreniya» N.A. Bernshteyna [Formalization of the effect of "repetition without repetition" NA. Bernstein]. Biofizika. 2017;62(1):168-76 Russian.

14. Zilov VG, Es'kov VM, Khadartsev AA Es'kov VV. Eksperimental'noe podtverzhdenie ef-fekta «Povtorenie bez povtoreniya» N.A. Bernshteyna [Experimental confirmation of the effect "Repetition without repetition" NA. Bernstein]. Byulleten' eksperimental'noy biologii i meditsiny. 2017;1:4-9. Russian.

15. Rusak SN, Kozupitsa GS, Filatova OE, Es'kov VV, Shevchenko NG. Dinamika statusa vegetativnoy nervnoy sistemy u uchashchikhsya mladshikh klassov v pogodnykh usloviyakh g. Surguta [Dynamics of the status of the vegetative nervous system in primary school children in weather conditions in Surgut]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2013;20(4):92-5. Russian.

16. Rusak SN, Filatova OE, Bikmukhametova LM. Neopredelennost' v otsenke pogodno-klimaticheskikh faktorov na primere KhMAO – Yugry [Uncertainty in estimating weather and climate factors on the example of Hmao-Yugra]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2016;23(1):15-9. Russian.

17. Filatova OE, Provorova OV, Volokhova MA. Otsenka vegetativnogo statusa rabotnikov neftegazodobyvayushchey promyshlennosti s pozitsii teorii khaosa i samoorganizatsii [Assessment of the vegetative status of workers in the oil and gas industry from the standpoint of chaos theory and self-organization]. Ekologiya cheloveka. 2014;6:16-9. Russian.

18. Filatova OE, Khadartsev AA, Koshcheev VP, Vatamova SN, Sokolova AA. Ispol'zovanie neyroemulyatorov v zadachakh sistemnoy sinteza dianosticheskikh priznakov v gerontologii [The use of neuromuscular

drugs in the problems of systemic synthesis of diastolic characters in gerontology]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2014;21(3):13-7. Russian.

19. Filatova OE, Sokolova AA, Moroz OA, Odnoletkova SV. Neyro-evm v izuchenii parametrov variabelnosti serdechnogo ritma zhenskogo korenного i nekorenного naseleniya Yugry [Neuro-computers in the study of the parameters of the heart rate variability of the female indigenous and non-indigenous population of Yugra]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2015;22(4):13-21. Russian.

20. Filatova OE, Khadartseva KA, Sokolova AA, Es'kov VV, El'man KA. Serdechno-sosudistaya sistema aborigenov i prishlogo zhenskogo naseleniya Severa RF: modeli i vozrastnaya dinamika [Cardiovascular system of Aborigines and the incoming female population of the North of the Russian Federation: models and age dynamics]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2015;22(2):43-9. Russian.

21. Filatova OE, Khadartseva KA, Filatova DY, Zhivaeva NV. Biofizika slozhnykh sistem – complexity [Biophysics of complex systems - complexites]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2016;23(2):9-17. Russian.

22. Khadartsev AA, Es'kov VM, Filatova OE, Khadartseva KA. Pyat' printsiptov funktsionirovaniya slozhnykh sistem, sistem tret'ego tipa [Five principles of functioning of complex systems, systems of the third type]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. Elektronnoe izdanie. 2015 [cited 2015 March 25];1 [about 7 p.]. Russian. Available from: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-1/5123.pdf>. DOI: 10.12737/10410.

---

**Библиографическая ссылка:**

Горбунов Д.В., Балашов В.Г., Афаневич И.А., Курapatкина М.Г. Оценка параметров кардиоинтервалов школьников при широтных перемещениях // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2017. №2. Публикация 1-4. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2017-2/1-4.pdf> (дата обращения: 13.06.2017). DOI: 10.12737/article\_59439c8d6e0a64.35800540.