

УДК 616.1-053.6

## АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ У ШКОЛЬНИКОВ В УСЛОВИЯХ ШИРОТНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

© 2018 г. Д. Ю. Филатова, Ю. В. Башкатова, \*М. А. Филатов, \*Л. К. Иляшенко

БУ ВО «Сургутский государственный университет»,  
\*Филиал ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», г. Сургут

В условиях Севера Российской Федерации оздоровительные мероприятия обычно проводят путем переезда на юг и реализации лечебно-оздоровительных мероприятий. При этом возникает закономерный вопрос об их эффективности. Традиционные статистические методы анализа параметров гомеостаза сердечно-сосудистой системы (ССС) человека в этом случае устанавливают далеко не лучшую эффективность, зачастую они вообще не показывают различий между состояниями организма до и после лечения. Цель исследования – изучение влияния широтных перемещений на процесс изменения динамики функциональных систем организма детей. Методом пульсоинтервалографии на базе приборно-программного обеспечения пульсоксиметра «ЭЛОКС-01» получали информацию о состоянии показателей ССС у детей школьного возраста. В работе анализировались параметры ССС школьников при широтных перемещениях (с севера на юг Российской Федерации и обратно). Результат проведенного исследования продемонстрировал, что двухнедельный отдых на юге уменьшает размеры квазиаттракторов вектора состояний организма девочек и мальчиков в шестимерном фазовом пространстве состояний ( $m = 6$ ) и частично нормализует показатели их кардиореспираторной системы. Объем квазиаттракторов (при  $m = 6$ ) учащихся после возвращения в г. Сургут по сравнению с состоянием до отъезда на юг уменьшился у мальчиков в 2,3 раза, а у девочек в 4,7 раза. Однако у девочек реакция более выраженная и стойкая, чем у мальчиков, которые показали по возвращении с юга частичный возврат в исходное состояние (до отъезда). Фактически девочки показывают экспоненциальное убывание объемов квазиаттракторов, а мальчики – параболический тип в зависимости  $V_6$  от типа пребывания (регистрации). Подобная динамика наблюдалась для возрастных изменений объемов квазиаттракторов кардиоинтервалов женщин ханты (падение объемов с возрастом) и пришлого населения (у них была парабола для квазиаттракторов кардиоинтервалов). Вывод: расчёт параметров квазиаттракторов ССС показывает более существенное различие по всем диагностическим параметрам, чем результаты статистической обработки первичных данных.

**Ключевые слова:** хаос, самоорганизация, кардиореспираторная система

## PARAMETER EVALUATION OF CARDIOVASCULAR SYSTEM IN SCHOOLCHILDREN UNDER THE CONDITIONS OF LATITUDINAL DISPLACEMENT

D. Yu. Filatova, Yu. V. Bashkatova, \*M.A. Filatov, \*L.K. Ilyashenko

Department of Biophysics and Neurocybernetics, Institute of Natural and Technical Sciences, Surgut State University, Surgut; \*Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Industrial University of Tyumen», Surgut Branc, Surgut, Russia

In the conditions of Russian North recreation activity is usually carried out by means of latitudinal displacement from North to South and realization of health-related activity. Herein a regular question about of their effectiveness arises. Tradition statistic methods of parameter evaluation of the cardiovascular system (CVS) homeostasis of a person, in this case, show poor efficiency; often they do not show differences between the organism's state before and after the treatment. The aim of the research was to study the effect of latitudinal movements on the process of functional systems changes of children's organisms. Information on the indices state of cardiovascular system of schoolchildren was acquired by the method of pulseintervalography on the basis of the pulse oximeter "ELOKS-01". The CVS parameters of schoolchildren were analyzed in the process of latitudinal displacement (from north to south of the Russian Federation and vice versa). The result of the study showed that a two weeks' vacation in the south reduced the quasi-attractors' size of the vector state of children's organisms in the six-dimensional phase space of states ( $m = 6$ ) and partially normalized the indices of their cardiorespiratory system. The volume of quasi-attractors ( $m = 6$ ) after returning to Surgut decreased 2,3 times in boys and 4,7 times in girls in comparison with the state before leaving to the south. However, the reaction in girls was more expressed and persistent than in boys, who showed a partial return to their original state (before departure) after their return from the south. In fact, girls show an exponential decrease of quasi-attractors volumes, and boys - a parabolic type depending on  $V_6$  from the type of stay (registration). Similar dynamics was observed in age-related changes of quasi-attractors volumes of cardiointervals of Khanty women (decrease in volumes with age) and newcomers (they had a parabola for quasi-attractors of cardiointervals). Conclusion: calculation of the parameters of CVS quasi-attractors shows a significant difference in all diagnostic parameters from the results of statistical processing of primary data.

**Key words:** chaos, self-organization, cardiorespiratory system

### Библиографическая ссылка:

Филатова Д. Ю., Башкатова Ю. В., Филатов М. А., Иляшенко Л. К. Анализ параметров деятельности сердечно-сосудистой системы у школьников в условиях широтных перемещений // Экология человека. 2018. № 4. С. 30–35.

Filatova D. Yu., Bashkatova Yu. V., Filatov M. A., Ilyashenko L. K. Parameter Evaluation of Cardiovascular System in Schoolchildren under the Conditions of Latitudinal Displacement. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2018, 4, pp. 30-35.

В связи с интенсивной миграцией населения Российской Федерации (РФ) в северные регионы и их последующей адаптацией в этих особых регионах активно изучается влияние смены климатогеографических и гелиофизических факторов окружающей среды на параметры сердечно-сосудистой системы (ССС) человека [1]. В частности, изучается влияние широтных перемещений на формирование заболеваемости жителей Севера России сердечно-сосудистыми заболеваниями и общее физиологическое состояние ССС человека на севере. Смена экологической среды обитания (трансширотные перемещения) предъявляет к адаптационно-приспособительным возможностям организма человека достаточно высокие требования [3, 9]. Адаптация организма учащихся к действию различных климатоэкологических факторов является важной характеристикой параметров функционального состояния организма человека на севере [8]. Преимущественное внимание в исследовании адаптационных сдвигов уделяется ССС, обладающей высокой лабильностью к изменяющимся условиям внешней среды [2, 4, 7, 16–19].

Степень активности ССС может зависеть от пола и возраста человека, от функционирования организма в целом, его реакций на разного рода воздействия. Наиболее доступным для регистрации параметром, отражающим процессы регуляции ССС, является ритм сердечных сокращений, динамические характеристики которого позволяют оценить выраженность симпатических и парасимпатических сдвигов при изменении физиологического состояния. В рамках новой теории хаоса — самоорганизации (ТХС) [10, 11–15] было доказано, что традиционные стохастические подходы малоэффективны в оценке ССС организма человека, так как любая полученная выборка параметра  $x_i$  не может быть произвольно повторена у одного испытуемого [6, 18–20]. Оказалось, что статистика не всегда может диагностировать различия в состоянии ССС человека [5, 6, 20, 21], и тогда возникает неопределенность 1-го типа, которая устраняется только в рамках ТХС [6, 14, 20, 21].

Целью настоящего исследования является изучение влияния широтных перемещений на процесс изменения динамики функциональных систем организма детей (у нас это состояние ССС). На примере ССС мы изучаем особенности динамики ее параметров у мальчиков и девочек с позиции ТХС и традиционной статистики. При этом особое внимание уделяется различиям в параметрах ССС для мальчиков и девочек Ханты-Мансийского автономного округа — Югры именно с позиции ТХС, так как статистика показывает низкую эффективность [5, 7, 10].

### Методы

Отметим, что проблема гендерных различий в экологии человека на Севере РФ обусловлена еще и существенными различиями в продолжительности (и качестве) жизни человека на севере. В ходе проведения настоящего исследования использованы

результаты мониторингового обследования состояния ССС 55 школьников (25 мальчиков и 30 девочек) г. Сургута. Критерии включения: возраст учащихся 7–14 лет; отсутствие жалоб на состояние здоровья в период проведения обследований. Тестирование выполнялось в четырех разных временных промежутках: 1-й этап — до отъезда детей из Сургута в оздоровительный лагерь Юный нефтяник (ЮН, г. Туапсе); 2-й этап — по прибытии в ЮН; 3-й этап — в конце двухнедельного отдыха перед вылетом из ЮН; 4-й этап — непосредственно по прибытии в Сургут, то есть в исходную точку измерения.

Информацию о состоянии параметров ССС учащихся получали методом пульсоинтервалографии на базе приборно-программного обеспечения пульсоксиметра «ЭЛОКС-01». Снятие показателей осуществляли с помощью пульсоксиметрического датчика, который надевался в виде прищепки на указательный палец. В период регистрации показателей школьники находились в сидячем положении, рука испытуемого в момент обследования находилась на столе, на уровне сердца. Полученные выборки кардиоинтервалов (КИ) были обработаны с помощью программного продукта «Eg3-f.exe», которым снабжен прибор. Данный программный продукт в автоматическом режиме отображает изменения в виде ряда показателей в режиме реального времени с одновременным построением гистограмм распределения длительности КИ. Выбор метода был связан с тем, что ритм сердечных сокращений является наиболее доступным для регистрации физиологическим параметром состояния вегетативной нервной системы (ВНС). Всего регистрировалось 15 параметров  $x_i$ , то есть размерность фазового пространства состояний (ФПС)  $m = 15$ .

В нашем случае использовались параметры ССС обследуемых в шестимерном ФПС ограниченного вектора состояния ССС в виде  $x = x(t) = (x_1, x_2, \dots, x_m)^T$ , где  $m = 6$ . Эти координаты  $x_i$  состояли из:  $x_1$  — SIM — показатель активности симпатического отдела ВНС, у. е.;  $x_2$  — PAR — показатель активности парасимпатического отдела ВНС, у. е.;  $x_3$  — SSS — число ударов сердца в минуту;  $x_4$  — SDNN — стандарт отклонения измеряемых кардиоинтервалов, мс;  $x_5$  — INB — индекс напряжения (по Р. М. Баевскому);  $x_6$  — SpO<sub>2</sub> — уровень оксигенации крови (уровень оксигемоглобина). Эта группа параметров  $x_i$  ( $m = 6$ ) представляет группу интегральных параметров ВНС, так как имеется еще и 2-я группа ( $m = 7$ ), где изучались спектральные характеристики кардиоритма [2, 6, 20].

Полученные результаты первоначально обрабатывались методами математической статистики с помощью программного продукта Statistica version 6.1. Статистическая обработка данных производилась до доверительного интервала с вероятностью  $\beta = 0,95$ . На основе вычисления критерия Шапиро — Уилка оценивалось распределение признака на соответствие нормальному закону распределения (при критическом уровне значимости, принятым равным

$p < 0,05$ ). Однако описываемые параметры на 98 % не подчиняются закону нормального распределения, поэтому дальнейшие исследования зависимостей производились методами непараметрической статистики и в рамках расчета параметров КА объемов  $V_G = \Delta x_1 \times \Delta x_2 \times \dots \times \Delta x_m$ , где  $\Delta x_i$  – вариационные размахи по  $x_i$ . Рассчитывались также координаты центров КА.

При описании асимметричных распределений использовалась медиана, в качестве мер рассеяния – процентиля (5-й и 95-й). Для сравнения трёх и более связанных выборок, данные в которых не подчиняются закону нормального распределения, применяется критерий Фридмана (ранговый ДА – Friedman Test). Критерий Фридмана имеет распределение типа хи-квадрат, поэтому он нами записывался следующим образом «Chi-square» хи-кв. ( $N = 30$ ,  $cc = 23$ ) = 556,3261 при  $p < 0,000$ . Применение критерия Фридмана показало наличие статистически значимых различий между четырьмя группами. Однако между какими группами существуют различия и по каким параметрам – на этот вопрос нам отвечает критерий Вилкоксона. Количество возможных попарных сравнений с помощью непараметрического критерия Вилкоксона было рассчитано по формуле:  $n = 0,5N(N - 1)$ , где  $N$  – количество изучаемых групп. Всего мы исследовали  $n = 6$  пар групп сравнения (по всем шести  $x_i$ ) для каждой из двух групп сравнения (мальчиков и девочек).

Одновременно для учёта элементов хаоса, в динамике параметров ССС, нами использовались методы ТХС [7, 13–19], которые обеспечили расчёт параметров КА (объёмы  $V$  и параметр асимметрии – General asymmetry). Результаты статистической обработки данных показателей ССС школьников в условиях широтных перемещениях представлялись в виде таблиц и графиков.

### Результаты

Анализ полученных данных показал, что значения параметра SIM до отъезда из Сургута у мальчиков колеблется в интервале от 1 до 8 у. е. (у девочек от 1 до 15 у. е.). При перемещении мальчиков с севера на юг интервал составлял от 1 до 8 у. е. ( $Me = 2$ ), у девочек от 0 до 14 у. е. ( $Me = 2$ ). При перемещении с севера на юг размах интервала также больше у девочек от 1 до 11 у. е. (у мальчиков от 0 до 6 у. е.). Наибольшее значение медианы у мальчиков и девочек отмечено до отъезда из оздоровительного лагеря ( $Me = 3,0$  у. е. и  $Me = 3,5$  соответственно).

Индекс активности парасимпатического отдела ВНС имеет среднюю активность и в выборке изменялся у девочек от 2 до 24 у. е. (у мальчиков от 6 до 22 у. е.). Наибольший показатель медианы у девочек регистрируется в первом состоянии (до отъезда детей в оздоровительный лагерь)  $Me = 16$ , наименьшее значение отмечается в третьем (отъезд из ЮН) в виде  $Me = 10$  у. е. У мальчиков наибольшее значение медианы отмечено при возвращении в г. Сургут (4-я точка  $Me = 15$  у. е.).

Максимальное значение INB отмечается при нахождении детей на отдыхе (мальчики – 2-я и 3-я точки, девочки – 2-я точка, а при возвращении в г. Сургут этот показатель не превышает 83 у. е. (мальчики) и 191 у. е. (девочки), что говорит о некотором повышении SIM у школьников, причем у девочек это выражено сильнее. Последнее характерно для всех параметров ССС с позиций ТХС, и это доказывает более высокое качество жизни у девочек, отдых на юге у девочек дает более пролонгированный эффект и улучшение параметров ССС.

Значение параметров  $SpO_2$  при широтных перемещениях практически не изменяются ( $Me = 98$  у. е.). Это говорит о том, что дети находятся на максимуме возможностей организма, так как при любой физической нагрузке (и даже на отдыхе) у них нет резервов для компенсации недостатка оксигемоглобина (в средней полосе эта величина для групп детей колеблется в пределах 93–95 у. е.). Это выраженная декомпенсация по оксигемоглобину реально представляет синдром напряжения у жителей Югры, и она существенно влияет на продолжительность жизни как мужского, так и женского населения региона [2, 6, 19–21].

Выполненный анализ попарных сравнений интегрально-временных параметров  $x_i$  ССС с использованием критерия Вилкоксона продемонстрировал (табл. 1), что статистически значимые различия в группе мальчиков между 1-й и 2-й, 1-й и 3-й группами выявлено только по показателю  $SpO_2$  (критерий Вилкоксона составляет  $p = 0,01$  и  $p = 0,00$  соответственно). Это значит, что резких изменений по остальным показателям ССС и ВНС после приезда на юг и двухнедельного отдыха по сравнению с 1-м состоянием (до отъезда) не наблюдается. Статистически значимые различия между 1-й и 3-й группами (девочки) выявлены по показателям PAR, SSS, SDNN (критерий Вилкоксона составляет  $p = 0,02$ ,  $p = 0,01$  и  $p = 0,03$  соответственно).

Анализ сравнения параметров в конце отдыха и непосредственно по возвращении в г. Сургут выявил только у отдельных пар группы мальчиков статистически значимые различия показателей PAR, SSS,  $SpO_2$ . У девочек статистически редкие различия имеются у показателей параметров SIM, SSS при сравнении параметров в конце отдыха и непосредственно по возвращении в г. Сургут, что демонстрирует отсутствие резких изменений до и после широтных перемещений и отдыха в параметрах ССС и ВНС организма школьников. Отсутствуют статистически значимые различия при сравнении по всем парам параметра SIM при анализе группы мальчиков (во всех состояниях) и параметра  $SpO_2$  при сравнении девочек (во всех состояниях). В целом следует отметить низкую эффективность стохастики в оценке различия состояния параметров  $x_i$ . Так, для 36 пар сравнения у мальчиков только 11 пар показывали различия, а у девочек из 36 только 6 пар статистически различаются. Это крайне низкий уровень различия. Формально можно говорить, что отдых на юге для

ССС у обследованных почти ничего существенного не дал (особенно для девочек, где различия – 1/6 от всех пар сравнений).

Таблица 1

Уровни значимости  $p$  для попарных сравнений интегрально-временных параметров  $x_i$  сердечно-сосудистой системы мальчиков ( $n = 25$ ) и девочек ( $n = 30$ ) при широтных перемещениях в четырех связанных выборках

Группа сравнения	Уровни значимости $p$ для признаков $x_i$					
	SIM	PAR	SSS	SDNN	INB	SpO <sub>2</sub>
Мальчики						
1 и 2	0,50	0,37	0,19	0,09	0,07	<b>0,00</b>
1 и 3	0,40	0,97	0,85	0,68	0,92	<b>0,00</b>
1 и 4	0,08	<b>0,01</b>	<b>0,00</b>	<b>0,01</b>	<b>0,04</b>	0,66
2 и 3	1,00	0,79	0,79	0,77	0,65	0,57
2 и 4	0,16	0,06	<b>0,02</b>	0,15	<b>0,04</b>	0,07
3 и 4	0,24	<b>0,03</b>	<b>0,04</b>	0,14	0,13	0,03
Девочки						
1 и 2	0,47	0,24	0,28	0,07	0,16	0,84
1 и 3	0,10	<b>0,02</b>	<b>0,01</b>	<b>0,03</b>	0,06	0,47
1 и 4	0,87	0,13	0,36	0,29	0,63	0,66
2 и 3	0,26	0,11	0,09	0,20	0,19	<b>0,03</b>
2 и 4	0,85	0,79	0,46	0,65	0,69	0,68
3 и 4	<b>0,02</b>	0,12	<b>0,02</b>	0,11	0,27	0,78

Примечание.  $p$  – достигнутый уровень значимости при попарном сравнении с помощью критерия Вилкоксона (статистически значимые различия указаны жирным шрифтом).

Результаты расчета параметров КА  $x(t)$  в шестимерном ( $m_i = 6$ ) ФПС показали более существенные различия, чем результаты статистической обработки первичных данных. В ТХС постулируется: чем больше объем, тем менее стабильна наша система. Значение показателя коэффициента асимметрии  $Rx$  и общего объема многомерного параллелепипеда  $V_G$  получены в результате обработки статистических данных в программе Identity 4. Программа по вариационным размахам  $\Delta x_i$  определяет объем параллелепипеда  $V$  (General V value) и автоматически определяет его геометрический центр, так называемый хаотический центр [7, 16–20]. Координаты последнего ( $x_i^c$ ) по-

зволяют рассчитать межаттракторные расстояния.

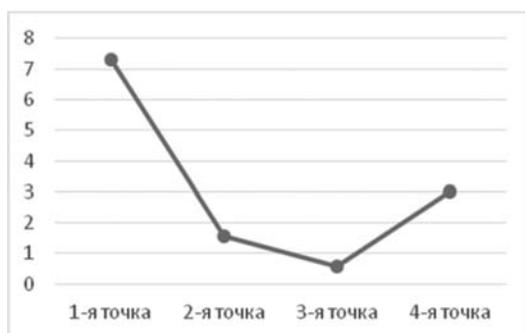
Согласно расчётам (табл. 2), после приезда в оздоровительный лагерь (2-я точка) по сравнению с 1-й точкой (до приезда в ЮН) у мальчиков объем КА уменьшился в 4,8 раза до  $V_G = 1,56 \times 10^8$  у. е., а у девочек в 1,8 раза ( $V_G = 1,47 \times 10^9$  у. е.). После отдыха (3-я точка) объём КА у мальчиков и девочек продолжает снижаться и составляет  $0,59 \times 10^8$  у. е. и  $1,18 \times 10^9$  у. е. соответственно. После приезда в г. Сургут (4-я точка) объём КА у мальчиков составил  $V_G = 3 \times 10^8$  у. е., что 2,3 раза меньше наблюдаемого исходного объёма КА 1-й точки. У девочек объем КА по прибытии в г. Сургут (4-я точка) составил  $V_G = 0,57 \times 10^9$  у. е., что 4,7 раза меньше наблюдаемого объема КА в 1-й точке (чем меньше объем, тем более стабильна наша система).

Таблица 2

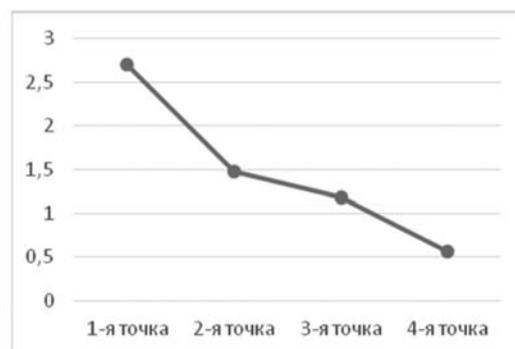
Результаты расчета параметров квазиаттракторов интегрально-временных параметров сердечно-сосудистой системы ( $m = 6$ ) школьников ( $n = 55$ ) при широтных перемещениях (из Сургута на Юг РФ)

Номер точки исследования	Мальчики ( $n = 25$ )	Девочки ( $n = 30$ )
	$V_G$ – объемы КА, у. е.	$V_G$ – объемы КА, у. е.
Первая	$7,3 \times 10^8$	$2,70 \times 10^8$
Вторая	$1,56 \times 10^8$	$1,47 \times 10^8$
Третья	$0,59 \times 10^8$	$1,18 \times 10^8$
Четвертая	$3,0 \times 10^8$	$0,57 \times 10^8$

Уменьшение объёма КА показывает активизацию регуляторных механизмов параметров ССС, а также говорит о хорошем оздоравливающем эффекте двухнедельного отдыха по параметрам организма школьников, в частности, у девочек реакция более выраженная и стойкая, чем у мальчиков, которые показали в 4-й точке частичный возврат в исходное состояние (до отъезда). Однако объем КА после приезда домой у мальчиков в 2,3 раза, а у девочек в 4,7 раза меньше наблюдаемого объёма КА в 1-й точке исследования. Характерно, что девочки изначально имеют меньшее значение  $V_G$  для КА (см. табл. 2), но они дают устойчивую картину снижения  $V_G$  в ходе отдыха и по возвращении в Югру, у них наблюдается



А



Б

Динамика изменения объемов квазиаттракторов (у. е.) интегрально-временных параметров сердечно-сосудистой системы школьников ( $n = 55$ ) в условиях широтных перемещений, А – мальчики, Б – девочки  
Примечание. 1-я точка исследования – до отъезда из Сургута; 2-я – прибытие в санаторий «Юный нефтяник»; 3-я – отъезд из санатория в Сургут; 4-я точка исследования – прибытие в Сургут.

устойчивый оздоровительный эффект (на снижение  $V_G$ ), чего нельзя сказать про мальчиков (рисунок, А). Девочки в целом дают хороший эффект по параметрам ССС в аспекте оздоровления (рисунок, В).

### Обсуждение результатов

Результат анализа параметров сердечно-сосудистой системы при широтных перемещениях школьников, находящихся в условиях санаторного лечения, с позиции стохастики показал, что поведение кардиоинтервалов носит всё-таки хаотический характер. Отсюда следствие — традиционная стохастика в описании кардиоинтервалов имеет низкую эффективность в сравнение с методами ТХС в виде расчёта параметров квазиаттракторов.

Используя метод расчёта параметров квазиаттракторов ( $V_G$ ), мы показали, что кратковременный отдых на Юге РФ уменьшает размеры квазиаттрактора ограниченного вектора состояния ССС и частично нормализует показатели кардиореспираторной системы детей. Однако у девочек реакция более выраженная и стойкая, чем у мальчиков, которые показали в 4-й точке (возвращение в г. Сургут) частичный возврат в исходное состояние (до отъезда).

Использование запатентованных методик показало, что мы можем определять параметры квазиаттракторов для групп испытуемых и сравнивать их хаотическую динамику во времени в фазовом пространстве состояний. Расчёт параметров квазиаттракторов ССС показывает существенное различие по всем диагностическим параметрам, что позволяет объективно оценивать динамику резервных возможностей организма и их прогностическую значимость.

### Список литературы

1. Агаджанян Н. А., Жвавий Н. Ф., Ананьев В. Н. Адаптация человека к условиям Крайнего Севера: эколого-физиологические механизмы. М.: КРУК, 1998. 240 с.
2. Гараева Г. Р., Еськов В. М., Еськов В. В., Гудков А. Б., Филатова О. Е., Химикова О. И. Хаотическая динамика кардиоинтервалов трех возрастных групп представителей коренного населения Югры // Экология человека. 2015. № 5. С. 50–55.
3. Гудков А. Б., Теддер Ю. Р., Дёгтева Г. Н. Некоторые особенности физиологических реакций организма рабочих при экспедиционно-вахтовом методе организации труда в Заполярье // Физиология человека. 1996. Т. 22, № 4. С. 137–142.
4. Гудков А. Б., Мосягин И. Г., Иванов В. Д. Характеристика фазовой структуры сердечного цикла у новобранцев учебного центра ВМФ на Севере // Военно-медицинский журнал. 2014. Т. 335, № 2. С. 58–59.
5. Еськов В. М., Еськов В. В., Гавриленко Т. В., Вохмина Ю. В. Формализация эффекта «Повторение без повторения» Н. А. Бернштейна // Биофизика. 2017. Т. 62, № 1. С. 168–176.
6. Еськов В. М., Филатова О. Е., Проворова О. В., Химикова О. И. Нейроэмуляторы при идентификации параметров порядка в экологии человека // Экология человека. 2015. № 5. С. 57–64.
7. Зиллов 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.

8. Нифонтова О. Л., Литовченко О. Л., Гудков А. Б. Показатели центральной и периферической гемодинамики детей коренной народности Севера // Экология человека. 2010. № 1. С. 28–32.

9. Сарычев А. С., Гудков А. Б., Попова О. Н., Ивченко Е. В., Беляев В. Р. Характеристика компенсаторно-приспособительных реакций внешнего дыхания у нефтяников в динамике экспедиционно-вахтового режима труда в Заполярье // Вестник Российской Военно-медицинской академии. 2011. № 3 (35). С. 163–166.

10. Betelin V. B., Eskov V. M., Galkin V. A., Gavrilenko T. V. Stochastic Volatility in the Dynamics of Complex Homeostatic Systems // Doklady Mathematics. 2017. Vol. 95, N 2. P. 1–3.

11. Eskov V. M. Hierarchical respiratory neuron networks // Modelling, Measurement and Control C. 1995. 48 (1–2). P. 47–63.

12. Eskov V. M., Filatova O. E. Respiratory rhythm generation in rats: The importance of inhibition // Neurophysiology. 1995. Vol. 25 (6). P. 348–353.

13. Eskov V. M., Filatova O. E., Ivashenko V. P. Computer identification of compartmental neuron circuits // Measurement Techniques. 1994. Vol. 37 (8). P. 967–971.

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 (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 (7). P. 832–837.

16. 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. P. 1–6.

17. Eskov V. M. Evolution of the emergent properties of three types of societies: The basic law of human development // Emergence: Complexity and Organization. 2014. Vol. 16 (2). P. 107–115.

18. 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 (5). P. 406–411.

19. Eskov V. M., Eskov V. V., Gavrilenko T. V., Vochmina J. V. Biosystem kinematics as evolution: Stationary modes and movement speed of complex systems: Complexity // Moscow University Physics Bulletin. 2015. Vol. 70 (2). P. 140–152.

20. 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.

21. Eskov V. M., Eskov V. V., Vochmina J. V., Gavrilenko T. V. The evolution of the chaotic dynamics of collective modes as a method for the behavioral description of living systems // Moscow University Physics Bulletin. 2016. Vol. 71 (2). P. 143–154.

### References

1. Agadzhanyan N. A., Zhvavyi N. F., Anan'ev V. N. *Adaptatsiya cheloveka k usloviyam Krainego Severa: ekologo-fiziologicheskie mekhanizmy* [Human adaptation to

the conditions of the Far North: ecological and physiological mechanisms]. Moscow, 1998, 240 p.

2. Garaeva G. R., Eskov V. M., Eskov V. V., Gudkov A. B., Filatova O. E., Khimikova O. I. Chaotic dynamics of cardiointervals in three age groups of indigenous people of Ugra. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2015, 9, pp. 50-55. [In Russian]

3. Gudkov A. B., Tedder Yu. R., Degteva G. N. Some Features of Physiological Responses in Expedition and Rotational Workers in the Arctic. *Fiziologiya cheloveka*. 1996, 22 (4), pp. 137-142. [In Russian]

4. Gudkov A. B., Mosyagin I. G., Ivanov V. D. Characteristic of cardiac cycle phase structure in recruits of a Navy Training Center in the North. *Voенно-медицинский журнал* [Military-Medical Journal]. 2014, 335 (2), pp. 58-59. [In Russian]

5. Eskov V. M., Eskov V. V., Gavrilenko T. V., Vochmina Yu. V. Formalization of the Effect of "Repetition without Repetition" Discovered by N. A. Bernshtein. *Biofizika* [Biophysics]. 2017, 62 (1), pp. 168-176. [In Russian]

6. Eskov V. M., Filatova O. E., Provorova O. V., Khimikova O. I. Neural emulators in identification of order parameters in human ecology. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2015, 5, pp. 57-64. [In Russian]

7. Zilov V. G., Eskov V. M., Khadartsev A. A., Eskov V. V. Experimental confirmation of the effect of "repetition without repetition" N. A. Bernstein. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. 2017, 1, pp. 4-9. [In Russian]

8. Nifontova O. L., Litovchenko O. L., Gudkov A. B. Indices of central and peripheral hemodynamics in indigenous children of the North. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2010, 1, pp. 28-32. [In Russian]

9. Sarychev A. S., Gudkov A. B., Popova O. N., Ivchenko E. V., Beljaev V. R. Characteristics of compensatory-adaptive reactions of external respiration at oil industry workers in dynamics expeditionary rotational team work in the Polar region. *Vestnik Rossiiskoi Voенно-медицинской академии* [Bulletin of Russian military-medicine academy]. 2011, 3 (35), pp. 163-166. [In Russian]

10. Betelin V. B., Eskov V. M., Galkin V. A., Gavrilenko T. V. Stochastic Volatility in the Dynamics of Complex Homeostatic Systems. *Doklady Mathematics*. 2017, 95 (2), pp. 1-3.

11. Eskov V. M. Hierarchical respiratory neuron networks. *Modelling, Measurement and Control C*. 1995, 48 (1-2), pp. 47-63.

12. Eskov V. M., Filatova O. E. Respiratory rhythm generation in rats: The importance of inhibition. *Neurophysiology*. 1995, 25 (6), pp. 348-353.

13. Eskov V. M., Filatova O. E., Ivashenko V. P. Computer identification of compartmental neuron circuits. *Measurement Techniques*, 1994, 37 (8), pp. 967-971.

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, 49 (1), pp. 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, 54 (7), pp. 832-837.

16. 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, pp. 1-6. Article in Press.

17. Eskov V. M. Evolution of the emergent properties of three types of societies: The basic law of human development. *Emergence: Complexity and Organization*. 2014, 6 (2), pp. 107-115.

18. 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, 69 (5), pp. 406-411.

19. Eskov V. M., Eskov V. V., Gavrilenko T. V., Vochmina J. V. Biosystem kinematics as evolution: Stationary modes and movement speed of complex systems: Complexity. *Moscow University Physics Bulletin*. 2015, 70 (2), pp. 140-152.

20. 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, 28 (3), pp. 435-440.

21. Eskov V. M., Eskov V. V., Vochmina J. V., Gavrilenko T. V. The evolution of the chaotic dynamics of collective modes as a method for the behavioral description of living systems. *Moscow University Physics Bulletin*. 2016, 71 (2), pp. 143-154.

#### Контактная информация:

*Башкатова Юлия Владимировна* — кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биокибернетики и биофизики сложных систем Института естественных и технических наук БУ ВО Ханты-Мансийского автономного округа — Югры «Сургутский государственный университет»

Адрес: 628412, Ханты-Мансийский автономный округ, г. Сургут, пр. Ленина, д. 1

E-mail: yuliya-bashkatova@yandex.ru