

## I. БИМЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ И СИНЕРГЕТИКА

10.12737/article\_5c21fefdc26ce6.42824981

### СТОХАСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

М.А. ФИЛАТОВ<sup>1</sup>, И.А. АФАНЕВИЧ<sup>2</sup>, К.А. АФАНЕВИЧ<sup>2</sup>, Л.А. ВОРОБЬЕВА<sup>1</sup>

<sup>1</sup>БУ ВО «Сургутский государственный университет», г. Сургут,  
пр. Ленина, д. 1, г. Сургут, Россия, 628400

<sup>2</sup>МБОУ СОШ № 6 «имени Сирина Н.И.», Ханты-мансийский Автономный Округ,  
ул. Рознина, 35, Ханты-Мансийск, Россия, 628011, e-mail: ivanafan86@mail.ru

**Аннотация.** Изучались параметры variability сердечного ритма у нетренированных и тренированных обучающихся в средней образовательной школе города Ханты-Мансийска. Методами классической статистики и с использованием новых методов расчета хаотической динамики поведения вектора  $x(t)$  изменения этих параметров было доказано отсутствие статистической устойчивости для этого  $x(t)$ . Демонстрируется изменения показателей рассматриваемых параметров сердечного ритма у испытуемых после физической нагрузки, по сравнению со значениями показателей до нагрузки. Определены направления изменения значений параметров кардиоритма обучающихся позволяющие объективно оценивать динамику резервных возможностей организма и их прогностическую значимость.

**Ключевые слова:** параметры variability сердечного ритма, вектор состояния системы, динамическая нагрузка, кардиоинтервалы.

### STOCHASTIC ANALYSIS OF THE PARAMETERS OF VARIABILITY OF THE HUMAN HEART RHYTHM UNDER DYNAMIC LOAD

M.A. FILATOV<sup>1</sup>, I.A. AFANEVICH<sup>2</sup>, K.A. AFANEVICH<sup>2</sup>, L.A. VOROBYEVA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Surgut State University, Lenina pr., 1, Surgut, Russia, 628400

<sup>2</sup>General-education School № 6, Khanty-Mansi Autonomous Okrug, Roznin St., 35,  
Khanty-Mansiysk, Russia, 628011, e-mail: ivanafan86@mail.ru

**Abstract.** We studied the parameters of heart rate variability in untrained and trained students in the secondary educational school of the city of Khanty-Mansiysk. The methods of classical statistics and the use of new methods for calculating the chaotic dynamics of the behavior of the vector  $x(t)$  for changing these parameters proved the absence of statistical stability for this  $x(t)$ . Changes in the indices of the considered parameters of the heart rhythm in the subjects after exercise are shown, compared with the values of the indices prior to exercise. The directions of changes in the values of the parameters of the students' heart rate are determined, allowing an objective assessment of the dynamics of the body's reserve capabilities and their prognostic significance.

**Key words:** heart rate variability parameters, system state vector, dynamic load, cardiointervals.

**Введение.** Актуальность изучения особенностей антропоэкологических условий северных территорий, в частности территории г. Ханты-Мансийска и Ханты-Мансийского района несомненна. Она связана с необходимостью оптимизации среды обитания человека в условиях континентального климата, отличающегося наличием жесткого и длительного холодового воздействия на организм человека (в частности, на организм

молодых жителей (учащихся) Ханты-Мансийского автономного округа – Югры). Проживая в суровых условиях, жители региона постоянно сталкиваются с рядом неблагоприятных климатогеографических факторов. Напряжение организма приводит к неэкономному расходованию функциональных резервов, быстрому их истощению и замедленному развитию адаптационных процессов [1-8].

Проживание человека в экстремальных климатогеографических условиях (и в условиях гипокинезии) приводит к быстрому росту хронической патологии *сердечно-сосудистой системы* (ССС) и органов дыхания [1]. Климатогеографические факторы города Ханты-Мансийска воздействуют на систему кровообращения и дыхания человека, приводя к выраженному напряжению этих систем, срыву адаптации и снижению запаса выносливости *функциональных систем организма* (ФСО) в целом. Напряжение функциональных возможностей организма человека проявляется в особенностях показателей *вариабельности сердечного ритма* – ВСП [2-4,11-21]. Кардиореспираторная система является одной из наиболее значимых функциональных систем организма человека. Сердечно-сосудистая система (наряду с дыхательной системой) отражает динамику восстановления функций организма человека и обеспечивают адаптацию организма к физическим нагрузкам. В связи с этим весьма актуальна оценка функционального состояния организма человека и его адаптационных возможностей в условиях влияния дозированных динамических физических нагрузок.

Исследования показывают, что физическая активность [1,9,13] вызывает у человека реакцию, которая существенно отличается от исходного состояния ФСО и изменяется в соответствии с уровнем физической подготовленности. Поэтому несомненный интерес вызывает изучение показателей функциональных систем организма человека в ответ на воздействие дозированной физической нагрузки. Оценка реакции сердечного ритма при выполнении физической нагрузки дает более обширную характеристику функционального состояния *вегетативной нервной системы* (ВНС) обучающихся. При выполнении дозированных физических нагрузок происходят функциональные сдвиги в деятельности ФСО, которые традиционными статистическими методами невозможно зарегистрировать [7-8].

**Цель исследования** – измерение показателей параметров ВСП обучающихся до и после физической нагрузки и определение тенденций изменения показателей этих параметров в ответ на дозированную динамическую физическую нагрузку.

**Объекты и методы исследования.** Возникающие негативные изменения в состоянии функциональных систем организма проще всего зарегистрировать на уровне изменений в организме подростка и молодого человека. В первую очередь это касается *нервно-мышечной системы* (НМС) [12-13] и ССС. Яркие адаптивные проявления в работе НМС можно проследить в условиях нагрузки, что проявляется как по параметрам НМС, так и ССС. Объектом настоящего исследования являлись обучающиеся МБОУ «СОШ № 6 им. Сирина Н. И.» города Ханты-Мансийска в возрасте от 11 до 14 лет, проживающие на территории округа не менее 5 лет. В зависимости от степени физической активности испытуемых разделили на 2 группы по 15 человек. В первую группу отнесли обучающихся из основной группы здоровья, занимающихся физической культурой в рамках общеобразовательной программы школы. Вторую группу составили обучающиеся, занимающиеся в дополнительных спортивных секциях.

Обследование обучающихся производилось неинвазивным методом с помощью пульсоксиметра ЭЛОКС-01 М, разработанного и изготовленного ЗАО ИМЦ «Новые Приборы», г. Самара. Специальным фотооптическим датчиком в положении сидя в течение 5 мин регистрировали уровень оксигенации крови ( $SpO_2$ ) и *частоту сердечных сокращений* (ЧСС). Далее, по программе [5,8] рассчитывали показатели активности *симпатического* (СИМ) и *парасимпатического* (ПАР) отделов ВНС, стандартного отклонения *NN-интервалов* (SDNN), индекса напряжения Баевского (*IB*), а также рассчитывали компоненты спектральной мощности *вариабельности сердечного ритма* - ВСП (HRV) в высокочастотном (*HF*, 0,15-0,4 Гц),

низкочастотном ( $LF$ , 0,04-0,15 Гц) и ультранизкочастотном ( $VLF$ ,  $\leq 0,04$  Гц) диапазонах. После выполнения стандартизированной динамической нагрузки (20 приседаний) регистрация продолжалась в течение 5 минут. Статистическая обработка данных осуществлялась при помощи программного пакета «*Statistica 10*». Анализ соответствия вида распределения полученных данных закону нормального распределения производился на основе вычисления критерия Шапиро-Уилка.

Первоначально данные были представлены в виде расчета доверительного интервала. Надежность используемых статистических оценок принималась не менее 95%. Однако, учитывая, что распределения параметров ССС отличается от нормального, то далее все данные были представлены в виде медианы и интерквартильного размаха. Интерквартильный размах указывается в виде 5 и 95% перцентилей.

Выявления различий между собой параметров кардиоинтервалов испытуемых нетренированных и тренированных обучающихся при влиянии дозированной физической нагрузки оценивалось с использованием непараметрического критерия Вилкоксона [10].

**Результаты и их обсуждения.** В ходе исследований и статистической обработки данных были получены следующие сводные количественные характеристики результатов изменения параметров ВСР, представленных в таблицах 1 и 2.

Имеется значительное, статистически значимое изменение параметров вектора состояния ВСР (HRV). У тренированных обучающихся возрастает на 0,36, у.е., а у не тренированных понижается на 0,24. Это указывает не только на изменения показателей данного параметра, но и показывает направление изменения координат вектора, к какому максимуму движется система после воздействия физической нагрузки.

Таблица 1

**Интегральные и временные показатели регуляции ССС со стороны вегетативной нервной системы у нетренированных испытуемых до и после физической нагрузки ( $n=15$ )**

Параметры ССС	Не спортсмены									
	До нагрузки					После нагрузки				
	W	P	Median	5	95	W	P	Median	5	95
<b>HRV</b>	0,93	0	10,0	9,69	10,2	0,90	0	9,8	9,06	9,72
<b>INB</b>	0,72	0	22,6	21,2	23,7	0,63	0	32,6	38,7	47,1
<b>PAR</b>	0,94	0	16,3	16,3	15,1	0,90	0	17,1	15,5	17,1
<b>SDNN</b>	0,81	0	68,8	67,3	70,3	0,87	0	69,1	64,1	69,3
<b>SIM</b>	0,79	0	1,73	1,63	1,85	0,73	0	2,2	2,53	2,99
<b>SpO2</b>	0,56	0	98,1	97,9	98,1	0,61	0	97,9	97,8	97,9

Таблица 2

**Интегральные и временные показатели регуляции ССС со стороны вегетативной нервной системы у тренированных испытуемых до и после физической нагрузки ( $n=15$ )**

Параметры ССС	Спортсмены									
	До нагрузки					После нагрузки				
	W	P	Median	5	95	W	P	Median	5	95
<b>HRV</b>	0,92	0	9,33	8,91	9,40	0,94	0	9,69	9,03	9,73
<b>INB</b>	0,76	0	26,6	26,2	28,5	0,59	0	36,3	42,5	51,1
<b>PAR</b>	0,94	0	15	14,2	15,4	0,90	0	16,8	15,0	16,8
<b>SDNN</b>	0,83	0	62,2	60,5	63,2	0,88	0	72,7	71,1	78,0
<b>SIM</b>	0,84	0	2,07	2,24	2,51	0,79	0	2,77	2,95	3,42
<b>SpO2</b>	0,56	0	98,1	97,9	98,1	0,61	0	97,8	97,7	97,8

\*Примечание к табл. 1 и 2: *n*-количество обследуемых, *SIM*, у.е. – индекс активности симпатического звена ВНС, *PAR*, у.е. – индекс активности парасимпатического звена ВНС, *HRV* – вариабельность сердечного ритма, *SDNN*, мс – стандартные отклонения *NN*-интервалов, *INB* у.е. – индекс напряжения регуляторных систем по Р.М. Баевскому, *SpO2*, % – уровень насыщения гемоглобина крови кислородом, *W*– критерий Шапиро- Уилка (ShapiroWilk) для проверки типа распределения признака; *p* – достигнутый уровень значимости, полученный в результате проверки типа распределения по критерию Шапиро-Уилка (критическим уровнем значимости принят  $p < 0,05$ ). *Median* – медиана (5% и 95%) для описания асимметрии распределений использована медиана, а в качестве мер рассеяния *процентили* (5-ый и 95-ый).

В обеих группах испытуемых наблюдается статистически значимые увеличения показателей *INB* и *SIM* после воздействия на организм обучающихся дозированной динамической физической нагрузки. Но у тренированных испытуемых наблюдается большие увеличение параметра *SIM* после нагрузки, что свидетельствует о более выраженной реакции организма на данный раздражитель.

Увеличение показателя *PAR* показывает тенденции изменения параметров системы, а величина этого увеличения показывает глубину реакции и силу воздействия на организм. У тренированных испытуемых более полно активируется парасимпатический отдел вегетативной нервной системы. Данные результатов исследования указывают на динамику небольшого увеличения активности парасимпатического отдела нервной системы в обеих группах, как и при воздействии других стрессорных ситуациях [24-37]. Однако параметр *SIM* вырастает более значительно (см. табл. 1 и 2).

Показатель *SDNN* у нетренированной группы не имеет статистически значимых расхождений до и после физической нагрузки. А у тренированной группы стандартное отклонение *NN*-интервалов (*SDNN*) возрос на 10,53 у.е. в среднем по группе. Резкое увеличение (*SDNN*) у тренированной группы показывает приспособленность организма, что проявляется в мобилизованности *ССС* на воздействие физической нагрузки.

При воздействии динамической физической нагрузки, при высоких

исходных значениях, незначительное снижение показателей параметра *SpO2* в обеих группах, может указывать на определенную стабилизацию этого параметра (по типу сенсбилизации).

Анализируя результаты значений площадей и объемов *КА* параметров *ССС* (на примере *кардиоинтервалов* – *КИ*) нетренированных и тренированных обучающихся до и после дозированной физической нагрузки, что представлено в таблице 3, легко видеть, что площади и объемы *КА* для тренированных и нетренированных обучающихся находятся приблизительно в одном диапазоне значений, как до, так и после физической нагрузки. При сравнении *S* для *КА* до физической нагрузки нетренированных обучающихся имеем  $0,182 \times 10^6$  у.е. и *S* для *КА* тренированных обучающихся -  $0,170 \times 10^6$  у.е. Результаты после физической нагрузки демонстрируют увеличение площадей *КА* в 1,28 и 1,65 раза соответственно. *V* *КА* у нетренированных обучающихся в исходном состоянии составлял  $136,185 \times 10^6$  у.е. и после воздействия физической нагрузки увеличился в 1,66 раза. У тренированных обучающихся *V* *КА* составлял  $126,610 \times 10^6$  и после воздействия нагрузки увеличился в 2,23 раза. Тем самым установлено, что *S* и *V* для *КА* у нетренированных обучающихся в исходном состоянии больше чем у тренированных обучающихся. Под воздействием физической нагрузки *S* и *V* увеличиваются, но в меньшей степени по сравнению с обучающимися, которые дополнительно посещают спортивные секции.

Таблица 3

**Параметры *S* и *V* кардиоинтервалов обучающихся до и после физической нагрузки (*n*=15)**

Показатели	Нетренированные обучающиеся		Тренированные обучающиеся	
	До нагрузки	После нагрузки	До нагрузки	После нагрузки
<i>S</i>	$0,182 \times 10^6$	$0,234 \times 10^6$	$0,170 \times 10^6$	$0,281 \times 10^6$
<i>V</i>	$136,185 \times 10^6$	$227,072 \times 10^6$	$126,610 \times 10^6$	$281,938 \times 10^6$
<i>p</i>	0,5927	0,8813	0,4822	0,5871

\*Примечание:  $n$  – количество обследуемых,  $S$  – площадь кардиоинтервалов, у.е.;  $V$  – объем кардиоинтервалов, у.е.;  $p$  – достоверность значимых различий, по критерию Вилкоксона ( $p < 0,05$ )

### Выводы

1. Оценка параметров ВСП обучающихся должна проводиться комплексно для выявления и установления объективных и точных изменений параметров исследуемой системы организма и определения функционального состояния организма. На дозированную динамическую физическую нагрузку организм человека реагирует мобилизацией функциональных резервных механизмов, расширяя возможности и границы состояния гомеостаза. Организм тренированных подростков стремится больше раскрыть свой потенциал адаптации и увеличить свои резервы путем увеличения показателей площади квазиаттрактора параметров variability сердечного ритма (у нас это КИ). Это свидетельствует о динамичности, подвижности и сложности адаптационных механизмов учащегося.

2.  $S$  и  $V$  КА кардиоинтервалов у нетренированных и тренированных обучающихся возрастает в ответ на дозированную динамическую физическую нагрузку. Реакция же тренированных обучающихся, более выраженная по сравнению с реакцией нетренированных обучающихся. Это может свидетельствовать о стремлении системы расширять границы нормы-реакции гомеостаза.

3. В целом, показана эффективность использования новых методов ТХС в оценке динамики ВСП для двух исследуемых групп жителей Югры. Метод расчета параметров КА дает объективную оценку состояния параметров ВСП в условиях влияния регулярной физической нагрузки у обучающихся нетренированных и тренированных. Это позволяет перейти на индивидуальную оценку степени детренированности организма и оценку качества проводимых дозированных физических нагрузок (тренировок) [6]. Параметры КА могут быть использованы для первичного отбора спортсменов.

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-47-860001 p\_a*

### Литература

1. Агаджанян Н. А., Жвавый Н. Ф., Ананьев В. Н. Адаптация человека к условиям Крайнего Севера: эколого-физиологические механизмы. М.: КРУК, 1998. – 240 с.
2. Анохин П.К. Очерки физиологии функциональных систем. М.: Медицина, 1975. – 448 с.
3. Белощенко Д.В., Башкатова Ю.В., Филатова Д.Ю., Мороз О.А. Параметры сердечно сосудистой системы в условиях влияния различных внешних воздействий // Вестник новых медицинских технологий. – 2017. – Т. 24. – № 2. – С. 37-43.
4. Ведясова О.А., Ерега И.Ф., Ерега И.Р., Тен Р.Б. Матрицы парных сравнений выборок в оценке хаотической динамики параметров кардиоритма женского населения Югры // Вестник новых медицинских технологий. – 2018. – Т. 25. – № 3. – С. 237-243.
5. 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. – № 9. – С. 50-55.
6. Горбунов Д.В., Балашов В.Г., Афаневич И.А., Курапаткина М.Г. Оценка параметров кардиоинтервалов школьников при широтных перемещениях // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. – 2017. – Т. 11. – № 2. – С. 67-74.
7. Еськов В.В., Вохмина Ю.В., Гавриленко Т.В., Зимин М.И. Модели хаоса в физике и теории хаоса-самоорганизации // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2013. – № 2. – С. 42-56.
8. Еськов В.В., Белощенко Д.В., Баженова А.Е., Живаева Н.В. Влияние локального холодового воздействия на параметры электромиограмм у женщин //

Экология человека. – 2018. – № 9. – С. 42-47.

9. Еськов В.В., Пятин В.Ф., Клюс Л.Г., Миллер А.В. Гомеостатичность нейросетей мозга // Вестник новых медицинских технологий. – 2018. – Т. 25. – № 1. – С. 102-113.

10. Еськов В.В. Проблема статистической неустойчивости в биомеханике и в биофизике в целом // Вестник новых медицинских технологий. – 2018. – Т. 25. – № 2. – С. 166-175.

11. Еськов В.В., Пятин В.Ф., Еськов В.М., Григорьева С.В. Особенности регуляции сердечно-сосудистой системы организма человека нейросетями мозга // Вестник новых медицинских технологий. – 2018. – Т. 25. – № 2. – С. 188-199.

12. Еськов В.М. Компаратментно-кластерный подход в исследованиях биологических динамических систем (БДС) / В. М. Еськова; Рос. акад. наук, Науч. совет по проблемам биол. физики. Самара: изд-во НТЦ, 2003. – 20 с.

13. Еськов В.М., Зилов В.Г., Хадарцев А.А. Новые подходы в теоретической биологии и медицине на базе теории хаоса и синергетики // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2006. – Т. 5. – № 3. – С. 617-622.

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

15. Еськов В.М., Еськов В.В., Филатова О.Е., Хадарцев А.А. Фрактальные закономерности развития человека и человечества на базе смены трёх парадигм // Вестник новых медицинских технологий. – 2010. – Т. 17. – № 4. – С. 192-194.

16. Еськов В.М., Еськов В.В., Филатова О.Е. Особенности измерений и моделирования биосистем в фазовых пространствах состояний // Измерительная техника. – 2010. – № 12. – С. 53-57.

17. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Гудков А.В., Гудкова С.А., Сологуб Л.А. Философско-биофизическая интерпретация жизни в рамках третьей парадигмы //

Вестник новых медицинских технологий. – 2012. – Т. 19. – № 1. – С. 38-41.

18. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Несмеянов А.А., Фудин Н.А., Кожемов А.А. Принципы тренировки спортсменов на основе теории хаоса и самоорганизации // Теория и практика физической культуры. – 2013. – № 9. – С. 87-94.

19. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Козлова В.В., Филатов М.А. и др. Системный анализ, управление и обработка информации в биологии и медицине. Том XI Системный синтез параметров функций организма жителей Югры на базе нейрокомпьютинга и теории хаоса-самоорганизации в биофизике сложных систем: монография. Самара: изд-во ООО "Офорт", 2014. – 192 с.

20. Еськов В.М., Зинченко Ю.П., Филатов М.А., Поскина Т.Ю. Эффект Н.А. Бернштейна в оценке параметров тремора при различных акустических воздействиях // Национальный психологический журнал. – 2015. – Т. 20. – № 4. – С. 66-73.

21. 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.

22. 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.

23. Еськов В.М., Филатова О.Е., Еськов В.В., Гавриленко Т.В. Эволюция понятия гомеостаза: детерминизм, стохастика, хаос-самоорганизация // Биофизика. – 2017. – Т. 62. – № 5. – С. 984-997.

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

25. Еськов В.М., Белощенко Д.В., Башкатова Ю.В., Иляшенко Л.К. Параметры кардиоинтервалов испытуемых

в условиях гипотермии // Экология человека. – 2018. – № 10. – С. 39-45.

26. 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.

27. Мирошниченко И.В., Башкатова Ю.В., Филатова Д.Ю., Ураева Я.И. Эффект Еськова-Филатовой в регуляции сердечно-сосудистой системы – переход к персонализированной медицине // Вестник новых медицинских технологий. – 2018. – Т. 25. – № 2. – С. 200-208.

28. Прохоров С.В., Якунин В.Е., Белощенко Д.В., Башкатова Ю.В. Неопределенность параметров кардиоинтервалов испытуемого в условиях физической нагрузки // Вестник новых медицинских технологий. – 2018. – Т. 25. – № 2. – С. 176-187.

29. Пятин В.Ф., Еськов В.В., Алиев Н.Ш., Воробьева Л.А. Хаос параметров гомеостаза функциональных систем организма человека // Вестник новых медицинских технологий. – 2018. – Т. 25. – № 1. – С. 143-153.

30. 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.

31. 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. – С. 1-2.

32. Хадарцев А.А., Шакирова Л.С., Пахомов А.А., Полухин В.В., Синенко Д.В. Параметры сердечно-сосудистой системы школьников в условиях санаторного лечения // Вестник новых медицинских технологий. – 2016. – Т. 23. – № 1. – С. 7-14.

33. Эльман К.А., Срыбник М.А., Прасолова А.А., Волохова М.А. Сравнительный анализ функциональных систем организма коренного детско-

юношеского населения в условиях Севера // Клиническая медицина и фармакология. – 2017. – Т. 3. – № 3. – С. 13-18.

34. Leonov B.I., Grigorenko V.V., Eskov V.M., Khadartsev A.A., and Piyashenko L.K. Automation of the Diagnosis of Age-Related Changes in Parameters of the Cardiovascular System // Biomedical Engineering. – 2018. – Vol. 52. – No. 3. – Pp. 210-214.

35. 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. – Vol. 1. – Pp. 4-8.

36. Zilov V.G., Khadartsev A.A., Eskov V.V. and Eskov V.M. Experimental Study of Statistical Stability of Cardiac Interval Samples // Bulletin of experimental biology and medicine. – 2017. – Vol. 164. – No. 2. – Pp. 115-117.

37. Zilov V.G., Khadartsev A.A., Piyashenko L.K., Eskov V.V., Minenko I.A. Experimental analysis of the chaotic dynamics of muscle biopotentials under various static loads // Bulletin of experimental biology and medicine. – 2018. – Vol. 165. – No. 4. – Pp. 415-418.

## References

1. Agadzhanyan N. A., Zhvavy N. F., Anan'yev V. N. Adaptatsiya cheloveka k usloviyam Kraynego Severa: ekologo-fiziologicheskiye mekhanizmy. M.: KRUK, 1998. – 240 s.

2. Anokhin P.K. Ocherki fiziologii funktsional'nykh sistem. M.: Meditsina, 1975. – 448 s.

3. Beloshchenko D.V., Bashkatova Yu.V., Filatova D.Yu., Moroz O.A. Parametry serdechno-sosudistoy sistemy v usloviyakh vozdeystviya razlichnykh vneshnikh vozdeystviy [The parameters of cardiovascular system in conditions of external influences] // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy [Journal of new medical technologies]. – 2017. – Т. 24. – № 2. – С. 37-43.

4. Vedyasova O.A., Yerega I.F., Yerega I.R., Ten R.B. Matritsy parnykh sravnitel'nykh vyborok v otsenke khaoticheskoy dinamiki parametrov kardioritma zhenskogo naseleniya

Yugry [Pair wise comparison matrices of samples in assessment of chaotic dynamics of heart rate of Ugra male population] // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy [Journal of new medical technologies]. – 2018. – Т. 25. – № 3. – С. 237-243.

5. Garaeva G.R., Es'kov V.M., Es'kov V.V., Gudkov A.B., Filatova O.E., Khimikova O.I. Khaoticheskaya dinamika kardiointervalov trekh vozrastnykh grupp predstaviteley korennoy naseleniya Yugry [Chaotic dynamics of cardiointervals in three age groups of indigenous people of Ugra] // Ehkologiya cheloveka [Human Ecology]. – 2015. – № 9. – С. 50-55.

6. Gorbunov D.V., Balashov V.G., Afanovich I.A., Kurapatkina M.G. Otsenka parametrov kardiointervalov shkol'nikov pri shirotnykh peremeshcheniyakh [Estimation of cardiointervals parameters in schoolchildren for latitudinal displacements] // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. Elektronnoye izdaniye [Journal of new medical technologies, eEdition]. – 2017. – Т. 11. – № 2. – С. 67-74.

7. Es'kov V.V., Vokhmina Yu.V., Gavrilenko T.V., Zimin M.I. Modeli khaosa v fizike i teorii khaosa-samoorganizatsii [The chaos modeling in physics and theory chaos self-organization] // Slozhnost'. Razum. Postneklassika [Complexity. Mind. Postnonclassic]. – 2013. – № 2. – С. 42-56.

8. Es'kov V.V., Beloshchenko D.V., Bazhenova A.E., Zhivaeva N.V. Vliyanie lokal'nogo holodovogo vozdeystviya na parametry ehlektromiogramm u zhenshchin [The influence of local cold effects on electromyogram parameters in women] // Ehkologiya cheloveka [Human Ecology]. – 2018. – № 9. – С. 42-47.

9. Es'kov V.V., Pyatin V.F., Klyus L.G., Miller A.V. Gomeostatichnost' nejrosetej mozga [Homeostasis of brain neural network] // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy [Journal of new medical technologies]. – 2018. – Т. 25. – № 1. – С. 102-113.

10. Es'kov V.V. Problema statisticheskoy neustojchivosti v biomekhanike i v biofizike v celom [The problem of statistical instability in biomechanics and biophysics in general] // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy

[Journal of new medical technologies]. – 2018. – Т. 25. – № 2. – С. 166-175.

11. Es'kov V.V., Pyatin V.F., Es'kov V.M., Grigor'eva S.V. Osobennosti regulyatsii serdechno-sosudistoy sistemy organizma cheloveka neyrosetyami mozga [Peculiarities of regulation of the cardiovascular system of the human organism by neural networks of the brain] // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy [Journal of new medical technologies]. – 2018. – Т. 25. – № 2. – С. 188-199.

12. Es'kov V.M. Kompartmentno-klasternyy podkhod v issledovaniyakh biologicheskikh dinamicheskikh sistem (BDS) / V. M. Es'kova; Ros. akad. nauk, Nauch. sovet po problemam biol. fiziki. Samara: izd-vo NTTs, 2003. – 20 s.

13. Es'kov V.M., Zilov V.G., Khadartsev A.A. Novye podkhody v teoreticheskoy biologii i meditsine na baze teorii khaosa i sinergetiki [New directions in clinical cybernetics from position of the theory of the chaos] // Sistemnyy analiz i upravlenie v biomeditsinskikh sistemakh [System analysis and management in biomedical systems]. – 2006. – Т. 5. – № 3. – С. 617-622.

14. Yes'kov V.M., Nazin A.G., Rusak S.N., Filatova O.Ye., Hadartseva K.A. Sistemnyy analiz i sintez vliyaniya dinamiki klimatoekologicheskikh faktorov na zabolevayemost' naseleniya Severa RF [The system analysis and synthesis of influence of dynamics of climatic and ecological factors on disease of the population in North] // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy [Journal of new medical technologies]. – 2008. – Т. 15. – № 1. – С. 26-29.

15. Es'kov V.M., Es'kov V.V., Filatova O.E., Khadartsev A.A. Fraktal'nye zakonomernosti razvitiya cheloveka i chelovechestva na baze smeny tryokh paradigm [Synergetic paradigm at fractal description of man and human] // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy [Journal of new medical technologies]. – 2010. – Т. 17. – № 4. – С. 192-194.

16. Es'kov V.M., Es'kov V.V., Filatova O.E. Osobennosti izmereniy i modelirovaniya biosistem v fazovykh prostranstvakh sostoyaniy [Features of measurements and modeling of biosystems in phase spaces of

conditions] // Izmeritel'naya tekhnika [Measurement Techniques]. – 2010. – № 12. – S. 53-57.

17. Es'kov V.M., Khadartsev A.A., Gudkov A.V., Gudkova S.A., Sologub L.A. Filosofsko-biofizicheskaya interpretatsiya zhizni v ramkakh tret'ey paradigmy [Philosophical and biophysical interpretation of life within the framework of third paradigm] // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy [Journal of new medical technologies]. – 2012. – T. 19. – № 1. – S. 38-41.

18. Yes'kov V.M., Hadartsev A.A., Nesmeyanov A.A., Fudin N.A., Kozhemov A.A. Printsipy trenirovki sportsmenov na osnove teorii haosa i samoorganizatsii [Principles of training athletes based on the theory of chaos and self-organization] // Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury [Theory and practice of physical culture]. – 2013. – № 9. – S. 87-94.

19. Es'kov V.M., Khadartsev A.A., Kozlova V.V., Filatov M.A. i dr. Sistemnyy analiz, upravlenie i obrabotka informatsii v biologii i meditsine. Tom XI Sistemnyy sintez parametrov funktsiy organizma zhiteley Yugry na baze neyrokomp'yutinga i teorii khaosa-samoorganizatsii v biofizike slozhnykh sistem: monografiya. Samara: izd-vo OOO "Ofort", 2014. – 192 s.

20. Es'kov V.M., Zinchenko Yu.P., Filatov M.A., Poskina T.Yu. Effekt N.A. Bernshtejna v ocnke parametrov tremora pri razlichnykh akusticheskikh vozdeystviyakh [The effect of N.A. Bernstein in the evaluation of tremor parameters for different acoustic effects] // Nacional'nyj psiholog-icheskiy zhurnal [National Psychological Journal]. – 2015. – T. 20. – № 4. – S. 66-73.

21. Es'kov V.M., Filatova O.E., Provorova O.V., Khimikova O.I. Neyrohmulyatory pri identifikatsii parametrov poryadka v ehkologii cheloveka [Neural emulators in identification of order parameters in human ecology] // Ehkologiya cheloveka [Human Ecology]. – 2015. – № 5. – S. 57-64.

22. Es'kov V.M., Zinchenko Yu.P., Filatova O.E., Veraksa A.N. Biofizicheskie problemy v organizatsii dvizhenij s pozitsij teorii haosa-samoorganizatsii [Biophysical problems of movements organization

according to theory of chaos-self-organization] // Vestnik novykh medicinskih tekhnologij [Journal of new medical technologies]. – 2016. – T. 23. – № 2. – S. 182-188.

23. Es'kov V.M., Filatova O.E., Es'kov V.V., Gavrilenko T.V. Ehvolutsiya ponyatiya gomeostaza: determinizm, stokhastika, khaos-samoorganizatsiya [The Evolution of the Idea of Homeostasis: Determinism, Stochastics and Chaos-Self-Organization] // Biofizika [Biophysics]. – 2017. – T. 62. – № 5. – S. 984-997.

24. Es'kov V.M., Zinchenko Yu.P., Filatov M.A., Ilyashenko L.K. Teorema Glensdorfa - Prigozhina v opisani haoticheskoy dinamiki tremora pri holodovom stresse [Glansdorff-Prigogine theorem in the description of tremor chaotic dynamics in cold stress] // Ehkologiya cheloveka [Human Ecology]. – 2017. – № 5. – S. 27-32.

25. Es'kov V.M., Beloshchenko D.V., Bashkatova Yu.V., Ilyashenko L.K. Parametry kardiointervalov ispytuemykh v usloviyakh gipotermii [Cardiointervals parameters of human body in response to hypothermia] // Ehkologiya cheloveka [Human Ecology]. – 2018. – № 10. – S. 39-45.

26. Litovchenko O.G., Apokin V.V., Semenova A.A., Nifontova O.L. Sostoyaniye serdechno-sosudistoy sistemy studentov [The state of the cardiovascular system of students] // Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury [Theory and practice of physical culture]. – 2014. – № 9. – S. 90-93.

27. Miroshnichenko I.V., Bashkatova Yu.V., Filatova D.Yu., Uraeva Ya.I. Ehffekt Es'kova-Filatovoj v regulyatsii serdechno-sosudistoy sistemy – perekhod k personificirovannoj medicine [The effect of Es'kov-Filatova in regulation of the cardiovascular system as a transition to individualized medicine] // Vestnik novykh medicinskih tekhnologij [Journal of new medical technologies]. – 2018. – T. 25. – № 2. – S. 200-208.

28. Prohorov S.V., Yakunin V.E., Beloshchenko D.V., Bashkatova Yu.V. Neopredelennost' parametrov kardiointervalov ispytuemogo v usloviyakh fizicheskoy nagruzki [Uncertainty of cardiointervals parameters of the test subject under conditions of physical load] // Vestnik novykh medicinskih

tehnologij [Journal of new medical technologies]. – 2018. – Т. 25. – № 2. – С. 176-187.

29. Pyatin V.F., Es'kov V.V., Aliev N.Sh., Vorob'eva L.A. Haos parametrov gomeostaza funkcional'nyh sistem organizma cheloveka [Chaos of homeostasis parameters of functional systems of the human body] // Vestnik novyh medicinskih tekhnologij [Journal of new medical technologies]. – 2018. – Т. 25. – № 1. – С. 143-153.

30. Filatova D.Yu., Bashkatova Yu.V., Filatov M.A., Ilyashenko L.K. Analiz parametrov deyatelnosti serdechno-sosudistoj sistemy u shkol'nikov v usloviyah shirotnykh peremeshchenij [Parameter evaluation of cardiovascular system in schoolchildren under the conditions of latitudinal displacement] // Ehkologiya cheloveka [Human ecology]. – 2018. – № 4. – С. 30-35.

31. Hadarcev A.A., Es'kov V.M., Filatova O.E., Hadarceva K.A. Pyat' principov funkcionirovaniya slozhnykh sistem, sistem tret'ego tipa [The five principles of the functioning of complex systems, systems of the third type] // Vestnik novyh medicinskih tekhnologij. Ehlektronnoe izdanie [Journal of new medical technologies, eEdition]. – 2015. – № 1. – С. 1-2.

32. Hadarcev A.A., Es'kov V.M. Vnutrennie bolezni s pozicii teorii haosa i samoorganizacii sistem (nauchnyj obzor) [Internal diseases from the point of the theory of chaos and self-organizing of systems (scientific review)] // Terapevt. – 2017. – № 5-6. – С. 5-12.

33. Ehl'man K.A., Srybnik M.A., Prasolova A.A., Volohova M.A. Sravnitel'nyj analiz funkcional'nyh sistem organizma koren'nogo detsko-yunosheskogo naseleniya v usloviyah Severa [Comparative analysis of functional systems of the indigenous youth population in the north] // Klinicheskaya medicina i farmakologiya [Clinical medicine and pharmacology]. – 2017. – Т. 3. – № 3. – С. 13-18.

34. Leonov B.I., Grigorenko V.V., Eskov V.M., Khadartsev A.A., and Ilyashenko L.K. Automation of the Diagnosis of Age-Related Changes in Parameters of the Cardiovascular

System // Biomedical Engineering. – 2018. – Vol. 52. – No. 3. – Pp. 210-214.

35. 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. – Vol. 1. – Pp. 4-8.

36. Zilov V.G., Khadartsev A.A., Eskov V.V. and Eskov V.M. Experimental Study of Statistical Stability of Cardiointerval Samples // Bulletin of experimental biology and medicine. – 2017. – Vol. 164. – No. 2. – Pp. 115-117.

37. Zilov V.G., Khadartsev A.A., Ilyashenko L.K., Eskov V.V., Minenko I.A. Experimental analysis of the chaotic dynamics of muscle biopotentials under various static loads // Bulletin of experimental biology and medicine. – 2018. – Vol. 165. – No. 4. – Pp. 415-418.