chaos) in biomedical systems. Journal of Analytical Sciences, Methods and Instrumentation. 2013;3:67-74.

21. Eskov VM. Evolution of the emergent properties of three types of societies: the basic law of human development. E:CO Emergence: Complexity and Organization. 2014;16(2):107-15.

DOI: 12737/ 14971

ЭНТРОПИЙНАЯ ОЦЕНКА ХАОТИЧЕСКОЙ ДИНАМИКИ ПАРАМЕТРОВ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ И НЕРВНО-МЫШЕЧНОЙ СИСТЕМ ПРИ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ

Ю.В. БАШКАТОВА, В.В. ПОЛУХИН, В.В. ЕСЬКОВ, А.А. ПАХОМОВ

БУ ВО «Сургутский государственный университет ХМАО – Югры», пр. Ленина, д. 1, г. Сургут, Россия, 628400

Аннотация. Методами классической статистики и теории хаоса и самоорганизации изучалось поведение вектора состояния сердечно-сосудистой и нервно-мышечной систем у групп студентов тренированных и нетренированных в ответ на дозированную физическую нагрузку. Прослеживается динамика увеличения показателей площади квазиаттракторов постурального тремора и кардиоинтервалов после нагрузки у студентов без физической подготовки. В результате проведенного исследования были показаны значительные изменения в динамике поведения параметров функциональных систем организма человека в сравнении стохастического подхода на основе гистограмм и энтропии Шеннона. Имеется некоторая согласованность расчетов в рамках теории хаоса и самоорганизации и энтропии Шеннона, но теория хаоса демонстрирует более существенные изменения квазиаттракторов. Показана практическая возможность применения методов теории хаоса-самоорганизации в оценке реакции сердечно-сосудистой и нервно-мышечной систем человека на динамическую физическую нагрузку.

Ключевые слова: тремор, физические нагрузки, квазиаттрактор, нервно-мышечная система, сердечно-сосудистая система, хаос, самоорганизация.

ENTROPY ESTIMATION OF CHAOTIC DINAMICS PARAMETERS OF THE CARDIOVASCULAR AND NEUROMUSCULAR SYSTEMS DURING EXERCISE

Yu.V. BASHKATOVA, V.V. POLUHIN, V.V. ESKOV, A.A. PAHOMOV

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

Abstract. Methods of classical statistics and the theory of chaos and self-organization studied the behavior of the state vector of the cardiovascular and neuromuscular systems have groups of students trained and untrained in response to a graduated exercise. Traced the dynamics of increase in the area of indicators of quasi-attractors postural tremor and cardio after load of students without physical training. The study was shown significant changes in the dynamics of the behavior of the parameters of functional systems of the human body compared to the stochastic approach based on the histogram and Shannon entropy. There is some consistency in the calculation under the theory of chaos and self-organization and the Shannon entropy, but chaos theory demonstrates a significant change quasi-attractors. It demonstrated the feasibility of applying the methods of chaos theory, self-organization in the evaluation of the reaction of the cardiovascular and neuromuscular systems of the person on the dynamic exercise.

Key words: tremor, exercise, quasi-attractor, the neuromuscular system, the cardiovascular system, chaos, self-organization.

Введение. Изучение показателей функциональных систем организма человека в ответ на действие дозированной физической нагрузки представляет особый интерес в рамках *теории хаоса и самоорганизации* (ТХС), что позволяет прогнозировать их возможные изменения и получать важную информацию о текущей динамике исследуемых функций [3].

Приспособление к физическим нагрузкам определяется как состоянием показателей степени активности регуляции сердечно-сосудистой системы со стороны вегетативной нервной системы, так и функциональным состоянием нервно-мышечного аппарата. Дозированная физическая нагрузка вызывает у человека реакцию, которая зависит от соответствующего уровня физической подготовленности. Таким образом, изучение вегетативных и моторных функций под влиянием дозированной физической нагрузки является необходимым условиям для выявления степени физической работоспособности, тренированности и текущего функционального состояния спортсмена [6-10].

Наиболее доступным параметром *сердечно-сосудистой системы* (ССС), отражающим процессы регуляции, является ритм сердечных сокращений. Он позволяет оценить симпатические и парасимпатические сдвиги при выполнении дозированных физических нагрузок, которые позволяют выявить изменения в состоянии организма человека [6].

Известно, что изменения показателей ритма сердца при стрессе (в нашем случае, дозированная физическая нагрузка) наступает раньше, чем появляются выраженные биохимические и гормональные сдвиги [1,2,9]. Изучение особенностей регуляции двигательных функций человека на Севере в условиях выполнения дозированной физической нагрузки и без таковых является одной из главных проблем исследования функциональных систем организма человека. Именно с позиций теории хаоса и самоорганизации с использованием системного синтеза возможно решение этой проблемы.

Настоящие исследования направлены на изучение динамики поведения функциональных систем организма у групп студентов тренированных и нетренированных в ответ на дозированную физическую нагрузку в рамках ТХС [11-23].

Цель исследования – сравнительная оценка состояния сердечно-сосудистой и нервно-мышечной систем групп тренированных и нетренированных студентов с позиции стохастики и теории хаоса.

Объекты и методы исследования. Объектом настоящего исследования явились студенты 1-3 курсов ГБОУ ВПО «Сургутский государственный университет ХМАО – Югры», проживающие на территории округа не менее 5 лет. В зависимости от степени физической активности испытуемых разделили на 2 группы по 30 человек. В первую группу отнесли студентов основной группы здоровья, занимающихся физической культурой в рамках общеобразовательной программы университета. Вторую группу составили студенты СурГУ, профессионально занимающиеся игровыми видами спорта (баскетбол и волейбол).

Обследование студентов производили с помощью пульсоксиметра (ЭЛОКС-01 М, г. Самара). Специальным фотооптическим датчиком в положении сидя в течение 5 мин регистрировали *частоту сердечных сокращений* (ЧСС), индекса напряжения Баевского, а также рассчитывали компоненты спектральной мощности ВСР. После выполнения стандартизированной динамической нагрузки (30 приседаний) регистрацию продолжали в течение 5 минут.

Регистрация параметров тремора осуществлялась с помощью биофизического измерительного комплекса, разработанного в лаборатории биокибернетики и биофизики сложных систем при СурГУ. Установка включает металлическую пластинку (крепится жестко к пальцу испытуемого), токовихревой датчик, усилитель, *аналого-цифровой преобразователь* (АЦП) и компьютер с оригинальным программным

обеспечением. В качестве фазовых координат, помимо координаты $x_1=x(t)$ перемещения, использовалась координата скорости перемещения пальца $x_2=v(t)=dx_1/dt$.

Каждый испытуемый проходил испытание 2 раза: в покое и после выполнения динамической нагрузки. Перед испытуемым стояла задача удержать палец в пределах заданной области, осознанно контролируя его неподвижность. Обработка данных и регистрация тремора конечности испытуемого проводилась на ЭВМ с использованием программы «*Charts3*». С помощью этой программы осуществлялся анализ данных по временным и спектральным характеристикам кинематограмм у тренированных и нетренированных испытуемых, в низко-, средне- и высокочастотном диапазонах.

Обработку данных осуществляли при помощи традиционных статистических методов и методов ТХС, которые обеспечили расчет параметров *квазиаттракторов* (КА) поведения *вектора состояния системы* (ВСС) в *фазовом пространстве состояний* (ФПС). Для этих целей динамика кардиоинтервалов быстрым преобразованием Фурье представлялась в виде амплитудно-частотной развертки и строились фазовые плоскости, где в качестве функции $x_1=x_1(t)$ использовались сами кардиоинтервалы (как функции времени t), а вторая фазовая координата $x_2=x_2(t)=dx_1/dt$ являлась скоростью изменения $x_1(t)$.

Результаты и их обсуждение. Для сравнения полученных результатов в рамках стохастики была рассчитана качественная оценка хаотической динамики – получены значения энтропии Шеннона (табл.1) и построены гистограммы распределения частот регистрируемых кардиоинтервалов *NN* (в *msec*), что представлено на рис. 1, 2. Из полученных данных, представленных в табл. 1, наблюдалось увеличение показателя площади КА кардиоинтервалов у нетренированного испытуемого после физической нагрузки (69 600 у.е.). Таким образом, площадь квазиаттракторов кардиоинтервалов у нетренированного испытуемого после выполненной нагрузки увеличилась в 1,7 раза. Значение энтропии возрастает по сравнению со значениями, полученными в спокойном состоянии. У тренированного испытуемого, наоборот, после физической нагрузки площадь КА уменьшается в 1,5 раза, а значение энтропии остается без изменений по сравнению со значениями, полученными в спокойном состоянии, что свидетельствует о повышении уровня упорядоченности в режиме работы сердечного ритма. Видно, что оценки параметров хаоса по Шеннону и в рамках ТХС имеют разные величины.

Установлено, что у тренированных студентов отсутствуют полностью статистически значимые различия параметров КА кардиоинтервалов до и после физической нагрузки (p>0,05). У нетренированных статистически значимые различия только по площади (p=0,036).

Таблица 1

Значения энтропии Шеннона S_{sh} и площадей квазиаттракторов S_G кардиоинтервалов испытуемых нетренированных и тренированных групп

	Нетренированный испытуемый			Тренированный испытуемый		
	До нагрузки	После нагрузки	p	До нагрузки	После нагрузки	p
S_G	39 900	69 600	0,036	54 600	36 800	0,094
S_{sh}	2,9219	3,3219	0,899	3,3219	3,3219	0,779

Примечание: S_G – площадь кардиоинтервалов, у.е.; S_{sh} – энтропия Шеннона, у.е.; p – достоверность значимых различий, по критерию Вилкоксона (p>0,05)

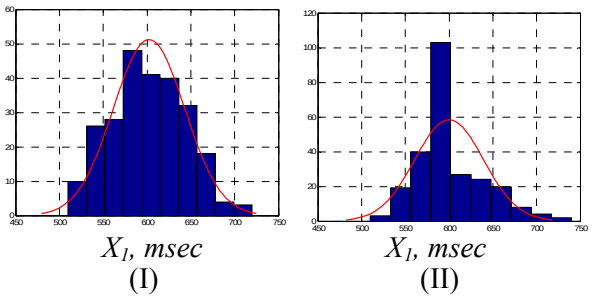


Рис. 1. Гистограммы распределения значений кардиоинтервалов при расчете энтропии Шеннона: (I) тренированный испытуемый до физической нагрузки, (II) тренированный испытуемый после нагрузки

Для статистической оценки параметров хаоса в регистрируемых сигналах в качестве сравнения с ТХС рассчитывалась энтропия Шеннона. На рис. 2 представлены гистограммы распределений значений кардиоинтервалов нетренированного испытуемого, сформированные при расчете значений энтропии (значения энтропии и площади КА см. табл. 1).

Изменение значений энтропии Шеннона в полной мере согласуются с изменениями площади КА.

Для сравнения полученных результатов в рамках стохастики была рассчитана качественная оценка хаотической динамики – получены значения энтропии Шеннона (табл. 2) и построены гистограммы распределения частот регистрируемых параметров тремора *NN* (в *msec*), что представлено на рис. 3, 4.

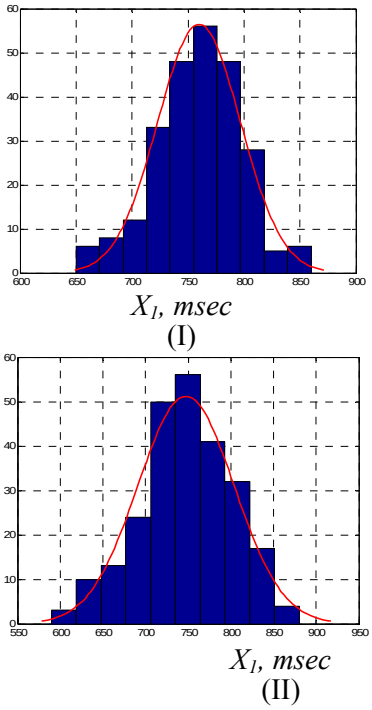


Рис. 2. Гистограммы распределения значений кардиоинтервалов при расчете энтропии Шеннона: (I) нетренированный испытуемый до физической нагрузки, (II) нетренированный испытуемый после нагрузки

Из полученных данных, представленных в таблице, наблюдалось увеличение показателя площади *квазиаттракторов* постурального тремора у нетренированного испытуемого после физической нагрузки ($0{,}499\times10^{-6}$ у.е.). Таким образом, площадь КА постурального тремора у нетренированного испытуемого после выполненной нагрузки увеличилась почти в 2 раза. Значение энтропии возрастает незначительно по сравнению со значениями, полученными в спокойном состоянии. У тренированного испытуемого, наоборот, после физической нагрузки значение энтропии и площадь КА возрастает незначительно по сравнению со значениями, полученными в спокойном состоянии, что свидетельствует об общем повышении уровня упорядоченности в режиме работы нервно-мышечной системы. Видно, что оценки параметров хаоса по Шеннону и в рамках ТХС имеют разные величины.

Таблица 2

Значения энтропии Шеннона S_{sh} и площадей квазиаттракторов S_G постурального тремора испытуемых нетренированных и тренированных групп

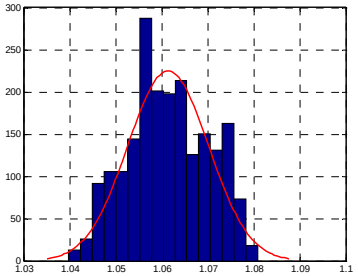
	Нетренированный испытуемый			Тренированный испытуемый		
	До нагрузки	После нагрузки	*p*	До нагрузки	После нагрузки	*p*
S_G *10^{-6}	0,241	0,499	0,000003	0,159	0,263	0,749
S_{sh}	3,578	3,625	0,893	3,500	3,578	0,933

Примечание: S_G – площадь постурального тремора, у.е.; S_{sh} – энтропия Шеннона, у.е.; *p* – достоверность значимых различий, по критерию Вилкоксона ($p>0{,}05$)

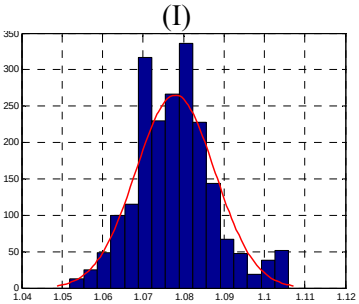
В целом, установлено, что у тренированных студентов отсутствуют полностью статистически значимые различия параметров КА постурального тремора до и после физической нагрузки ($p>0{,}05$). У нетренированных статистически значимые различия только по площади ($p=0{,}000003$).

Динамика изменения энтропии Шеннона для двух групп испытуемых демонстрирует непараметрическое распределение энтропии для групп нетренированных и тренированных испытуемых. Более того, различие среднего значения энтропии до и после дозированной нагрузки весьма незначительно как для нетренированных, так и для тренированных испытуемых. Это говорит о слабой чувствительности метода

расчета энтропии.

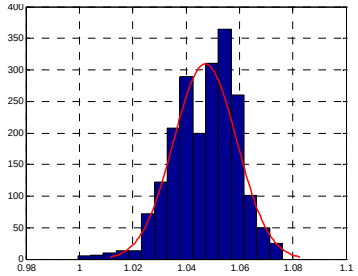


X_1, *msec*
(I)

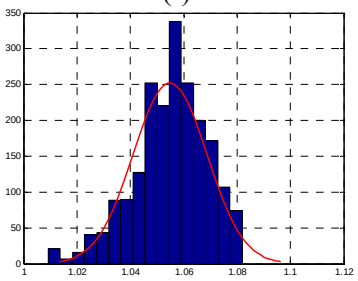


X_1, *msec*
(II)

Рис. 3. Гистограммы распределения значений параметров тремора при расчете энтропии Шеннона: (I) тренированный испытуемый до физической нагрузки, (II) тренированный испытуемый после нагрузки



X_1, *msec*
(I)



X_1, *msec*
(II)

Рис. 4. Гистограммы распределения значений параметров тремора при расчете энтропии Шеннона: (I) нетренированный испытуемый до физической нагрузки, (II) нетренированный испытуемый после нагрузки

Для статистической оценки параметров хаоса в регистрируемых сигналах в качестве сравнения с ТХС рассчитывалась энтропия Шеннона. На рис. 4 представлены гистограммы распределений значений параметров постурального тремора нетренированного испытуемого, сформированные при расчете значений энтропии (значения энтропии и площади КА см. табл. 2). Изменение значений энтропии Шеннона в полной мере согласуются с изменениями площади КА.

Заключение. Дозированная физическая нагрузка изменяет значения параметров вегетативно-сосудистой регуляции. Об этом свидетельствуют и изменения площади КА кардиоинтервалов и значения энтропии Шеннона. Значение энтропии Шеннона после физической нагрузки незначительно увеличивается, а площадь КА кардиоинтервалов и постурального тремора – существенно (в 2 раза). Имеется некоторая согласованность расчетов в рамках ТХС и энтропии Шеннона, но теория хаоса демонстрирует более существенные изменения КА. Расчет параметров КА постурального тремора и кардиоинтервалов показывает индивидуальное различие, что позволяет объективно оценивать динамику резервных возможностей организма и их прогностическую значимость.

Использование запатентованных методик показало, что мы можем определять параметры КА как для отдельных испытуемых, так и их групп и сравнивать их хаотическую динамику во времени или в фазовом пространстве состояний. Расчет параметров КА сердечно-сосудистой и нервно-мышечной систем показывает индивидуальное различие по всем диагностическим параметрам, что позволяет объективно оценивать динамику резервных возможностей организма и их прогностическую значимость. Сравнительный анализ полученных значений энтропии Шеннона и площадей *квазиаттракторов* показывает, что количественная оценка площадей КА более показательна.

Литература

1. Адайкин В.И., Брагинский М.Я., Еськов В.М., Русак С.Н., Хадарцев А.А., Фила-

това О.Е. Новый метод идентификации хаотических и стохастических параметров экосреды // Вестник новых медицинских технологий.– 2006.– Т. 13, № 2.– С. 39–41.

2. Адайкин В.А., Еськов В.М., Добрынина И.Ю., Дроздович Е.А., Полухин В.В. Оценка хаотичной динамики параметров вектора состояния организма человека с нарушениями углеводного обмена // Вестник новых медицинских технологий.– 2007.– Т. 14, № 3.– С. 17–19.

3. Анохин П.К. Кибернетика функциональных систем.– М., Медицина, 1998.– 285 с.

4. Гараева Г.Р., Еськов В.М., Еськов В.В., Гудков А.Б., Филатова О.Е., Химикова О.И. Хаотическая динамика кардиоинтервалов трёх возрастных групп представителей коренного населения Югры // Экология человека.– 2015.– № 09.– С. 50−55.

5. Добрынина И.Ю., Добрынин Ю.В., Еськов В.М. Нарушения иммунологического статуса, у больных сахарным диабетом типа 2 с различными клиническими вариантами течения, постоянно проживающих в условиях Севера РФ // Сибирский медицинский журнал (Иркутск).– 2006.– Т. 59, № 1.– С. 38–41.

6. Дудин Н.С., Русак С.Н., Хадарцев А.А., Хадарцева К.А. Новые подходы в теории устойчивости биосистем – альтернатива теории А.М. Ляпунова // Вестник новых медицинских технологий.– 2011.– Т. 18, № 3.– С. 336.

7. Еськов В.В., Филатова О.Е., Гавриленко Т.В., Химикова О.И. Прогнозирование долгожительства у российской народности ханты по хаотической динамике параметров сердечно-сосудистой системы // Экология человека.– 2014.– № 11.– С. 3–8.

8. Еськов В.М., Филатова О.Е., Фудин Н.А., Хадарцев А.А. Проблема выбора оптимальных математических моделей в теории идентификации биологических динамических систем // Системный анализ и управление в биомедицинских системах.– 2004.– Т. 3, № 2.– С. 150–152.

9. Еськов В.М., Нанченко Е.А., Козлова В.В., Климов О.В., Майстренко Е.В. Параметры квазиаттракторов поведения вектора состояния организма пловцов // Вестник новых медицинских технологий.– 2009.– Т. 16, № 4.– С. 24–26.

10. Еськов В.М., Филатов М.А., Буров И.В., Филатова Д.Ю. Возрастная динамика изменений параметров квазиаттракторов психофизиологических функций учащихся школ Югры с профильным и непрофильным обучением // Системный анализ и управление в биомедицинских системах.– 2010.– Т. 9, № 3.– С. 599–603.

11. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Филатова О.Е., Хадарцева К.А. Околосуточные ритмы показателей кардиореспираторной системы и биологического возраста человека // Терапевт.– 2012.– № 8.– С. 36–43.

12. Еськов В.М., Добрынина И.Ю., Дрожжин Е.В., Живогляд Р.Н. Разработка и внедрение новых методов в теории хаоса и самоорганизации в медицину и здравоохранения // Северный регион: наука, образование, культура.– 2013.– Т. 27, № 1.– С. 150.

13. Еськов В.М., Карпин В.А., Хадарцев А.А., Бурмасова А.В., Еськов В.В. Хаотическая динамика параметров квазиаттракторов больных язвенной болезнью двенадцатиперстной кишки, находящихся в условиях медикаментозного и физиотерапевтического воздействия // Терапевт.– 2013.– № 5.– С. 63–71.

14. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Козлова В.В., Филатова О.Е. Использование статистических методов и методов многомерных фазовых пространств при оценке хаотической динамики параметров нервно-мышечной системы человека в условиях акустических воздействий // Вестник новых медицинских технологий.– 2014.– Т. 21, № 2.– С. 6–10.

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

16. Еськов В.М., Еськов В.В., Гавриленко Т.В., Зимин М.И. Неопределенность в квантовой механике и биофизике сложных систем // Вестник Московского университета. Серия 3: Физика. Астрономия.– 2014.– № 5.– С. 41−46.

17. Карпин В.А., Еськов В.М., Филатов М.А., Филатова О.Е. Философские основания теории патологии: проблема причинности в медицине // Философия науки.– 2012.– № 1 (52).– С. 118–128.

18. Карпин В.А., Филатова О.Е. Биоинформационный анализ влияния гелиогеомагнитной активности на состояние защитных сил организма человека в экологических условиях высоких широт // Фундаментальные исследования.– 2012.– № 9-3.– С. 563–567.

19. Русак С.Н., Молягов Д.И., Бикмухаметова Л.М., Филатова О.Е. Биоинформационные технологии в анализе фазовых портретов погодно-климатических факторов в m-мерном пространстве признаков // Сложность. Разум. Постнеклассика.– 2014.– № 3.– С. 24–28.

20. Филатов М.А., Филатова Д.Ю., Поскина Т.Ю., Стрельцова Т.В. Методы теории хаоса-самоорганизации в психофизиологии // Сложность. Разум. Постнеклассика.– 2014.– № 1.– С. 13–28.

21. Eskov V.M., Filatova O.E. Respiratory rhythm generation in rats: the importance of inhibition // Neurophysiology.– 1993.– Т. 25, № 6.– С. 420.

22. Eskov V.M., Khadartsev A.A., Eskov V.V., Filatova O.E. Quantitative registration of the degree of the voluntariness and involuntariness (of the chaos) in biomedical systems // Journal of Analytical Sciences, Methods and Instrumentation.– 2013.– № 3.– С. 67–74.

23. Eskov V.M. Evolution of the emergent properties of three types of societies: the basic law of human development // E:CO Emergence: Complexity and Organization.– 2014.– Т. 16, № 2.– С. 107–115.

References

1. Adaykin VI, Braginskiy MYa, Es'kov VM, Rusak SN, Khadartsev AA, Filatova OE. Novyy metod identifikatsii khaoticheskikh i stokhasticheskikh parametrov ekosredy. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2006;13(2):39-41. Russian.

2. Adaykin VA, Es'kov VM, Dobrynina IYu, Drozdovich EA, Polukhin VV. Otsenka khaotichnoy dinamiki parametrov vektora sostoyaniya organizma cheloveka s narusheniyami uglevodnogo obmena. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2007;14(3):17-9. Russian.

3. Anokhin PK. Kibernetika funktsional'nykh sistem. Moscow: Meditsina; 1998. Russian.

4. Garaeva GR, Es'kov VM, Es'kov VV, Gudkov AB, Filatova OE, Khimikova OI. Khaoticheskaya dinamika kardiointervalov trekh vozrastnykh grupp predstaviteley korennogo naseleniya Yugry. Ekologiya cheloveka. 2015;09:50-5. Russian.

5. Dobrynina IYu, Dobrynin YuV, Es'kov VM. Narusheniya immunologicheskogo statusa, u bol'nykh sakharnym diabetom tipa 2 s razlichnymi klinicheskimi variantami techeniya, postoyanno prozhivayushchikh v usloviyakh Severa RF. Sibirskiy meditsinskiy zhurnal (Irkutsk). 2006;59(1):38-41. Russian.

6. Dudin NS, Rusak SN, Khadartsev AA, Khadartseva KA. Novye podkhody v teorii ustoychivosti biosistem – al'ternativa teorii A.M. Lyapunova. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2011;18(3):336. Russian.

7. Es'kov VV, Filatova OE, Gavrilenko TV, Khimikova OI. Prognozirovanie dolgozhitel'stva u rossiyskoy narodnosti khanty po khaoticheskoy dinamike parametrov serdechno-sosudistoy sistemy. Ekologiya cheloveka. 2014;11:3-8. Russian.

8. Es'kov VM, Filatova OE, Fudin NA, Khadartsev AA. Problema vybora optimal'nykh matematicheskikh modeley v teorii identifikatsii biologicheskikh dinamicheskikh sistem. Sistemnyy analiz i upravlenie v biomeditsinskikh sistemakh. 2004;3(2):150-2. Russian.

9. Es'kov VM, Nanchenko EA, Kozlova VV, Klimov OV, Maystrenko EV. Parametry kvaziattraktorov povedeniya vektora sostoyaniya organizma plovtsov. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2009;16(4):24-6. Russian.

10. Es'kov VM, Filatov MA, Burov IV, Filatova DYu. Vozrastnaya dinamika izmeneniy parametrov kvaziattraktorov psikhofiziologicheskikh funktsiy uchashchikhsya shkol Yugry s profil'nym i neprofil'nym obucheniem. Sistemnyy analiz i upravlenie v biomeditsinskikh sistemakh. 2010;9(3):599-603. Russian.

11. Es'kov VM, Khadartsev AA, Filatova OE, Khadartseva KA. Okolosutochnye ritmy pokazateley kardiorespiratornoy sistemy i biologicheskogo vozrasta cheloveka. Terapevt. 2012;8:36-43. Russian.

12. Es'kov VM, Dobrynina IYu, Drozhzhin EV, Zhivoglyad RN. Razrabotka i vnedrenie novykh metodov v teorii khaosa i samoorganizatsii v meditsinu i zdravookhraneniya. Severnyy region: nauka, obrazovanie, kul'tura. 2013;27(1):150. Russian.

13. Es'kov VM, Karpin VA, Khadartsev AA, Burmasova AV, Es'kov VV. Khaoticheskaya dinamika parametrov kvaziattraktorov bol'nykh yazvennoy bolezn'yu dvenadtsatiperstnoy kishki, nakhodyashchikhsya v usloviyakh medikamentoznogo i fizioterapevticheskogo vozdeystviya. Terapevt. 2013;5:63-71. Russian.

14. Es'kov VM, Khadartsev AA, Kozlova VV, Filatova OE. Ispol'zovanie statisticheskikh metodov i metodov mnogomernykh fazovykh prostranstv pri otsenke khaoticheskoy dinamiki parametrov nervno-myshechnoy sistemy cheloveka v usloviyakh akusticheskikh vozdeystviy. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2014;21(2):6-10. Russian.

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

16. Es'kov VM, Es'kov VV, Gavrilenko TV,

Zimin MI. Neopredelennost' v kvantovoy mekhanike i biofizike slozhnykh sistem. Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 3: Fizika. Astronomiya. 2014;5:41-6. Russian.

17. Karpin VA, Es'kov VM, Filatov MA, Filatova OE. Filosofskie osnovaniya teorii patologii: problema prichinnosti v meditsine. Filosofiya nauki. 2012;1(52):118-28. Russian.

18. Karpin VA, Filatova OE. Bioinformatsionnyy analiz vliyaniya geliogeomagnitnoy aktivnosti na sostoyanie zashchitnykh sil organizma cheloveka v ekologicheskikh usloviyakh vysokikh shirot. Fundamental'nye issledovaniya. 2012;9-3:563-7. Russian.

19. Rusak SN, Molyagov DI, Bikmukhametova LM, Filatova OE. Bioinformatsionnye tekhnologii v analize fazovykh portretov pogodno-klimaticheskikh faktorov v m-mernom prostranstve priznakov. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2014;3:24-8. Russian.

20. Filatov MA, Filatova DYu, Poskina TYu, Strel'tsova TV. Metody teorii khaosa-samoorganizatsii v psikhofiziologii. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2014;1:13-28. Russian.

21. Eskov VM, Filatova OE. Respiratory rhythm generation in rats: the importance of inhibition. Neurophysiology. 1993;25(6):420.

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

23. Eskov VM. Evolution of the emergent properties of three types of societies: the basic law of human development. E:CO Emergence: Complexity and Organization. 2014;16(2):107-15.

DOI: 12737/ 14979

ВОЗРАСТНАЯ ДИНАМИКА ПАРАМЕТРОВ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ЖИТЕЛЕЙ ЮГРЫ

А.А. СОКОЛОВА, О.А. МОРОЗ, О.А. ГЛАЗОВА, М.В. ТРУСОВ

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

Аннотация. В работе представлен сравнительный анализ параметров сердечно-сосудистой системы женского населения Югры с позиций стохастического и хаотического подходов. Установлено, что хаотическая динамика параметров вегетативной сосудистой регуляции по ряду сравнений групп женщин коренного и некоренного населения демонстрирует принадлежность к одной генеральной совокупности, т.е. наблюдается неопределенность первого порядка. Использование нейросетевых технологий позволило не только выявить различий между группами, но и идентифицировать значимые параметры порядка вегетативной сосудистой регуляции. Расчет матриц межкластерных расстояний по этим параметрам женского коренного и некоренного населения Югры в фазовом пространстве позволил реально оценить адаптивные возможности организма к экстремальным климатическим условиям.

Ключевые слова: сердечно-сосудистая система, кардиоинтервалы, квазиаттрактор

AGE DYNAMICS PARAMETERS OF CARDIOVASCULAR RESIDENTS UGRA

A.A. SOKOLOVA, O.A. MOROZ, O.A. GLAZOVA, M.V. TRUSOV

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

Abstract. This paper presents a comparative analysis of the parameters of the cardiovascular system of the female population of Ugra from the standpoint of chaotic and stochastic approaches. It was found that the chaotic dynamics of HRV parameters in a number of comparisons of groups of women of indigenous and non-indigenous population shows belonging to the same general population, i.e. there is the uncertainty of the first order. Using neural network technologies allowed not only to identify the differences between the groups, but also to identify the relevant parameters of