

DOI: 10.12737/13568

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗРАСТНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ
СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ АБОРИГЕНОВ И ПРИШЛОГО
НАСЕЛЕНИЯ СЕВЕРА РФ**

Д.К. БЕРЕСТИН, Н.А. ЧЕРНИКОВ, В.В. ГРИГОРЕНКО, Д.В. ГОРБУНОВ

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

Аннотация. Исследования на основе многомерных фазовых пространств в геронтологии предпочтительны из-за огромного числа диагностических признаков. Однако, все признаки можно ранжировать и на первое место по значимости мы сейчас определяем квазиаттракторы кардиоинтервалов. Установлено, что их возрастная динамика для аборигенов имеет закономерность уравнения Ферхюльста–Пирла. Для приезжих кривая имеет параболический вид, что является негативным признаком для долгожительства. Предлагается метод оценки прогноза продолжительности жизни для группы лиц и даже для отдельного человека. Метод предлагается для внедрения в возрастную физиологию и геронтологию, а также для оценки работоспособного периода жизни человека на Севере РФ. Важно отметить, что такой подход соединяет детерминистские модели и модели в виде квазиаттракторов.

Ключевые слова: сердечно-сосудистая система, кардиоинтервалы, квазиаттрактор, вегетативная нервная система.

**MATHEMATICAL MODELING OF AGE CHANGES OF CARDIOVASCULAR SYSTEM
OF NATIVES AND ALIEN POPULATION OF THE NORTH
OF THE RUSSIAN FEDERATION**

D.K. BERESTIN, N.A. CHERNIKOV, V.V. GRIGORENKO, D.V. GORBUNOV

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

Abstract. Researches on the basis of multidimensional phase spaces in a gerontology are preferable because of huge number of diagnostic signs. However, all signs can be ranged and on the first place we now determine quasi-attractors of cardiointervals (KI) by the importance. It is established that age dynamics of KI for natives has pattern of the equation of Ferkhyulst – Pirla. For visitors the curve has a parabolic appearance that gives a negative sign on longevity. From here the method of an assessment of the forecast of life expectancy for group and even for the certain person is offered. The method is offered for introduction in age physiology and a gerontology, and also for an assessment of the efficient period of human life in the north of the Russian Federation. It is important to notice that such approach bridges deterministic models and models in the form of quasi-attractors.

Keywords: cardiovascular system, cardiointerval, quasiattractor, autonomic nervous system.

Введение. Очевидно, что жители Севера имеют более ранний возраст выхода на пенсию (а женщины на Севере РФ особенно), что обусловлено особой нагрузкой на организм северян. Но эти геронтологические проблемы (включая и задачу пролонгации жизни и работоспособного периода) целесообразно рассматривать в рамках нелинейной динамики и *теории хаоса* –

самоорганизации (ТХС) [2,5-8,10-14]. Нами выполняется в ТХС-моделирование параметров *сердечно-сосудистой системы* (ССС) именно для женского населения Югры с позиции ТХС. Следует подчеркнуть, что в действительности продолжительность жизни мужчин существенно ниже, чем у женщин (и особенно на Севере РФ), но половые различия – это отдельная тема для

изучения [12-17].

В настоящее время отсутствуют адекватные математические модели, которые позволяют производить с высокой точностью оценку влияния экофакторов на продолжительность жизни и возрастные изменения в организме человека, проживающего в условиях Севера РФ. Как известно, с возрастом в организме происходят необратимые перестройки в параметрах *функциональных систем организма* (ФСО) человека, которые довольно сложно оценить аналитически. Медицина называет эти процессы просто старением организма, но их динамика сложно описывается в рамках детерминизма или стохастики. При этом нет методов сравнительной оценки особенностей возрастных изменений параметров организма коренного населения Севера РФ и приезжего населения [10-13], отсутствуют адекватные математические модели таких процессов [17-20].

Изучение различий в продолжительности жизни между мужским и женским населением Севера РФ, составляет особое значение в изучении функций организма человека на Севере РФ из-за более короткой продолжительности жизни мужчин. Особая роль в этой проблеме отводится состоянию ССС жителей Севера РФ, т.к. смертность от патологии ССС всегда превалирует (инсульты, инфаркты и сопутствующие патологии) над другими причинами летальности. В качестве примера нами сейчас рассматривается динамика параметров *квазиаттракторов* (КА) трех характерных возрастных групп женщин народности ханты и приезжего женщин населения, проживающего в Югре. В целом, примеры движения КА могут демонстрировать обратимую и необратимую эволюцию ФСО на основе расчета изменения динамики параметров КА, поступательное движение которых в *фазовом пространстве состояний* (ФПС) убедительно демонстрирует отсутствие стационарных режимов у изучаемых биосистем. Наличие ненулевой скорости КА обозначает отсутствие стационарных режимов сложных биосистем во всех смыслах, включая и СТГ. При этом остается открытой проблема оценки динамики

возрастных изменений параметров ССС у жителей Севера РФ. В целом, следует отметить, что геронтология и возрастная физиология считаются весьма слабой формализованной наукой, и наше сообщение позволяет устранить этот пробел [1-4].

Объект и методы исследования. В настоящей работе возрастная динамика параметров *вегетативной нервной системы* (ВНС) женского населения Югры – Обского Севера России изучалась с использованием метода вариационной пульсоинтервалографии. Было обследовано 228 человек трёх возрастных подгрупп по 38 человек в каждой: 1-я подгруппа – 18-35 лет; 2-я подгруппа – 35-50 лет; 3-я подгруппа – старше 50 лет. Всего было 6 групп, из них 3 подгруппы – это 1-я группа (аборигены, женщины-ханты) и 2-я группа – женщины (пришное население). Все наблюдаемые женщины были без патологий и жалоб на здоровье (согласно Хельсинской декларации давали добровольное согласие на обследование). Последняя третья подгруппа выходила из классификации ВОЗ, т.к. там отсчёт начинается с 55 лет, но на Севере РФ законом определено начало выхода женщин на пенсию по старости с 50 лет и мы решили эту третью возрастную группу сформировать исходя из этого порога в возрасте (отнесли их в группу нетрудоспособного населения). Таким образом, всего было 6 подгрупп по 38 человек, из них 1-я группа – аборигены (три подгруппы, женщины-ханты) и 2-я группа – пришлое население (работницы нефтегазового комплекса г. Сургут и Сургутского района).

Регистрация основных параметров ВНС обследуемых производилась в пятнадцатимерном ФПС в виде $x=x(t)=(x_1, x_2, \dots, x_m)^T$, где $m=15$. Эти координаты x_i состояли из: x_1 – SIM – показатель активности симпатического отдела вегетативной нервной системы, у.е.; x_2 – PAR – показатель активности парасимпатического отдела, у.е.; x_3 – SDNN – стандартное отклонение измеряемых *кардиоинтервалов* (КИ), мс; x_4 – INB – индекс напряжения (по Р.М. Баевскому); x_5 – SSS – число ударов сердца в минуту; x_6 – SPO₂ – уровень оксигенации крови (уровень

оксигемоглобина); x_7 – TINN – триангулярная интерполяция гистограммы NN- интервалов, мс; x_8 – pNN50 – число NN-интервалов, отличающихся от соседних более чем на 50 мс; x_9 – VLF – спектральная мощность очень низких частот, мс²; x_{10} – LF – спектральная мощность низких частот, мс ; x_{11} – HF – спектральная мощность высоких частот, мс²; x_{12} – Total – общая спектральная мощность, мс²; x_{13} – LFnorm – низкочастотный компонент спектра в нормализованных единицах; x_{14} – HFnorm – высокочастотный компонент спектра в нормализованных единицах; x_{15} – LF/HF – отношение низкочастотной составляющей к высокочастотной [5-13].

Для обработки данных применялись новые математические методы ТХС, которые обеспечили расчет параметров КА поведения вектора состояния системы $x(t)$ в ФПС. Для этих целей динамика КИ быстрым преобразованием Фурье представлялась в виде амплитудно-частотной развертки. Одновременно строились фазовые плоскости, где в качестве функции (первой координаты) $x_1=x_1(t)$ использовались сами кардиоинтервалы (как функции времени t), а вторая фазовая координата $x_2=x_2(t)=dx_1/dt$ являлась скоростью изменения $x_1(t)$ [4-8,12-15]. Определение параметров квазиаттракторов основано на расчетах вариационных размахов Δx , для каждой координаты вектора $x(t)$. Определение квазиаттрактора введено на ограниченном временном отрезке t , т.к. биосистема постоянно эволюционирует (параметры КА могут существенно отличаться на различных отрезках времени) [9-16]. При этом мы получили возрастную динамику КА и строили математические модели его поведения для ханты и пришлого населения. Методики расчетов подробно описаны в более ранних публикациях [4-6,9-15].

Результаты и их обсуждение. Рассмотрение статистических закономерностей поведения параметров хаотической динамики КИ трех возрастных подгрупп, и их квазиаттракторов, показало существенное различие именно по параметрам КА. Наглядно количественные характеристики параметров КА аборигенок Севера в виде S

(значения площадей КА) представлены на рис. 1. Площади трех КА (S_1, S_2, S_3) демонстрируют резкое снижение их размеров при увеличении возраста, что является важной характеристикой эколого-возрастных закономерностей поведения хаотической динамики кардиоинтервалов у аборигенов Югры. Это обычная динамика КА с возрастом у людей, которые стареют физиологически нормально и именно такие люди, обычно, имеют и хорошие перспективы на долгожительство (на рис. 3 мы показываем для сравнения КА приезжих женщин) [19,20].

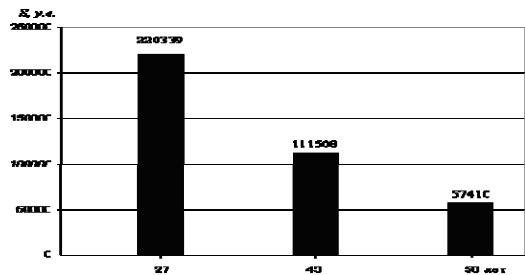


Рис. 1. Гистограмма изменения возрастных усреднённых значений площадей квазиаттракторов S для 3-х возрастных групп женщин-ханты

Старение аборигенов происходит в рамках естественных и закономерных процессов – монотонного падения площади КА S с возрастом. Данную зависимость можно описывать уравнением с лимитированием или кривой Ферхюльста-Пирла. Такое уравнение имеет вид (1): $dx/dt=(a-bx)$, (1) где x – это конкретные значения параметров (размеры КА, SIM, PAR и т.д.), которые изменяются с возрастом. С использованием ЭВМ были получены модели вида (1) для аборигенов и отдельно для пришлого населения (женщины) ХМАО-Югры, которые в виде гистограмм представлены на рис. 1 (ханты) и рис. 3 (пришлого население). Существенно, что эти динамики совершенно различны, т.к. прошлое население плохо описывается уравнением (1) и для него было использовано параболическое (регрессивное) уравнение вида: $(S = ax^2 + bx + c)$. (2)

Таким образом, динамика реальных и модельных данных возрастных изменений площадей квазиаттракторов КИ женщин

ханты, описывается уравнением Ферхюльста-Пирла $dx/dt=(a-bx)x$, где $a=0,0000284$, $b=0,0000526$. Для пришлого населения мы имеем параболу с минимумом в области средней возрастной группы (рис. 3). Одновременно мы установили, что возрастная динамика параметров симпатической (SIM) вегетативной нервной системы (ВНС) и парасимпатической (PAR) ВНС существенно не различаются для аборигенов и пришлого населения, что представлено на рис. 4 для SIM, который демонстрирует нарастание параметра SIM с возрастом. При этом параметр PAR медленно снижается.

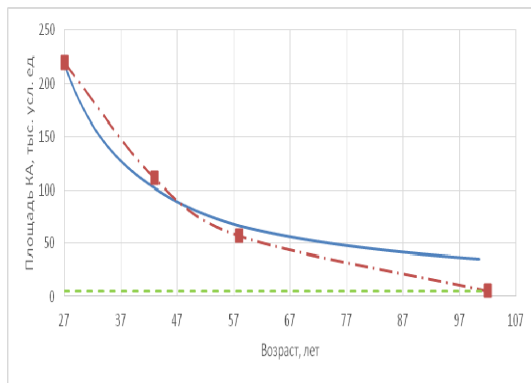


Рис. 2. Динамика реальных и модельных данных возрастных изменений площадей квазиаттракторов кардиоинтервалов (КИ) женщин ханты. Здесь: сплошная линия – модельные данные, штрих-пунктирная – реальные данные, штрих – асимптота $y_a=a/b=5,4$ тыс. усл. ед. для долгожительницы Р.Е.А. 102 года. Здесь $a=0,0000284$, $b=0,0000526$

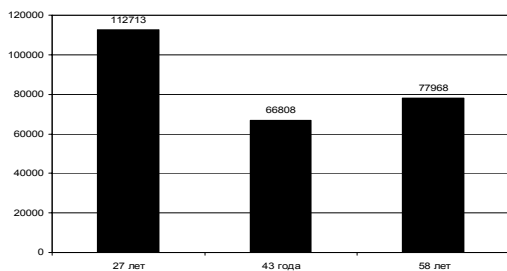


Рис. 3. Значения площадей квазиаттракторов S (в у.е.) на основе расчета кардиоинтервалов x_1 и их скоростей изменений $x_2=dx/dt$ для 3-х возрастных групп женщин пришлого населения Югры (средний возраст группы указан на оси t)

Существенно, что сдвиг параметров ВНС в область симпатотонии характерен для любого человека при физических нагрузках. На рис. 4 даны для сравнения

величины SIM трёх возрастных групп женщин, представительниц коренного и пришлого населения Югры. Нами доказано, что существенных статистических различий между выборками SIM и PAR для аборигенов и приезжих не установлено. Однако, по параметрам КА (рис. 1 и рис.3) – эти различия весьма существенны.

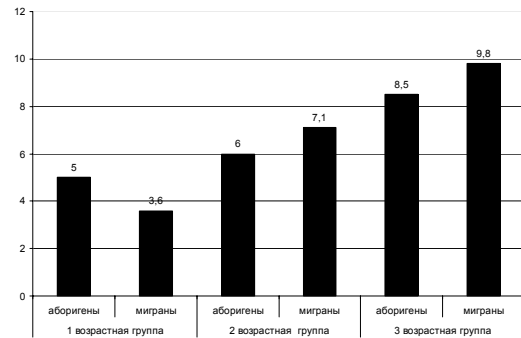


Рис. 4. Усреднённые значения параметра SIM в у.е. для 3-х возрастных групп женщин населения Югры

Очевидно, что непараметрическое распределение показателя SIM даёт устойчивое увеличение с возрастом от $Me_1=5$ до $Me_3=8,5$ (для медиан – Me) у женщин коренного населения и от $Me_1=3,6$ до $Me_3=9,8$ у женщин пришлого населения Югры. Одновременно получено устойчивое снижение среднего значения PAR как у аборигенок Севера (от $PAR_1=10,6$ до $PAR_3=6,87$), так и у женщин пришлого населения (от $PAR_1=12,5$ до $PAR_3=7,84$).

Отметим, что аборигены и пришлое население имеют разную скорость нарастания SIM и падения PAR (рис. 4 и рис. 5). У аборигенов (женщины) мы имеем более плавное нарастание SIM (от 5 до 8,5 у.е.), а пришлое население демонстрирует более резкое изменение своих значений SIM (от 3,6 до 9,8 у.е.). В этом проявляется экологическая специфика возрастных изменений параметров нейро-вегетативной регуляции ССС у этих двух сравниваемых групп. Однако обе динамики описываются уравнением Ферхюльста – Пирла (1) и это говорит о числовых различиях между двумя изучаемыми группами в отличии от КА (рис.1 и рис. 3).

Диаметрально противоположная динамика у PAR этих двух возрастных групп: пришлое население имеет исходно (в моло-

дом возрасте) высокое значение (12,5 усл. е.) в сравнении с аборигенами (10,6 усл. е. исходно). Однако в старшем возрасте эти различия сокращаются (7,84 и 6,87 усл. е. соответственно).

Мы определяли параметры модели (1) согласно значениям SIM и PAR как для пришлого населения, так и для коренного. Существенно, что для PAR асимптота достигается сверху вниз, т.е. все x лежат выше $x_{min}=a/b$. Наоборот, для параметра SIM у нас получается S-образная кривая Ферхюльста-Пирла и асимптота $x_{max}=a/b$ достигается снизу при увеличении SIM с возрастом.

На рис. 6 представлена динамика реальных и модельных данных возрастных изменений параметров PAR женщин ханты, которая описывается уравнением Ферхюльста-Пирла $dx/dt=(a-bx)x$, где $a=0,001181$, $b=0,0002362$.

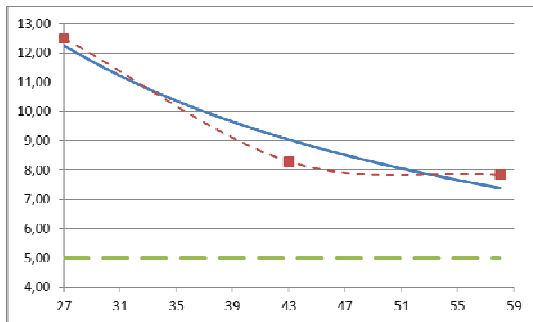


Рис. 5. Динамика реальных и модельных данных возрастных изменений параметров PAR женщин ханты. Здесь: сплошная линия – модельные данные, штрих-пунктирная – реальные данные, штрих – асимптота $y_a=a/b=5$ усл. ед. для долгожительницы Р.Е.А. 102 года

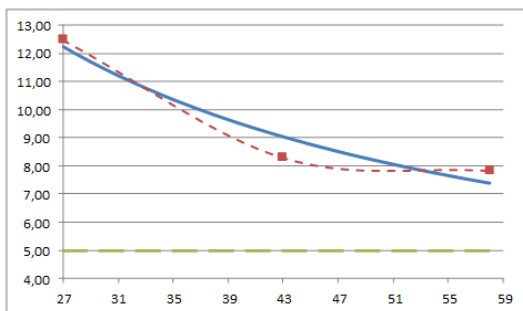


Рис. 6. Динамика реальных и модельных данных возрастных изменений параметров PAR женщин пришлого населения. Здесь: сплошная линия – модельные данные, штрих-пунктирная – реальные данные, штрих – асимптота $y_a=a/b=5$ усл. ед.

Динамика реальных и модельных данных возрастных изменений параметров SIM женщин ханты описывается уравнением Ферхюльста-Пирла $dx/dt=(a-bx)x$, где $a=0,000305$, $b=0,0000254$. Одновременно, динамика реальных и модельных данных возрастных изменений параметров SIM женщин пришлого населения, тоже описывается уравнением Ферхюльста-Пирла $dx/dt=(a-bx)x$, где $a_1=0,002801$, $b_2=0,0000233$. Очевидно, что параметры a для этих двух групп различаются существенно, но различные для параметра t менее выражены ($b_1=0,0000254$ и $b_2=0,0000233$). Величины b показывают степень диссипации возрастных признаков (они сходны для обеих групп).

Для пожилых женщин ханты преобладание SIM создаёт некоторую иллюзию их особого физического напряжения, что по Н. Амосову способствует долголетию. Женщины 3-й группы как бы находятся в условиях непрерывной физической нагрузки. Следовательно, другие люди (не долгожители, парасимпатотоники) должны искусственно создавать для себя выраженную симпатотонию, если у них имеется желание стать долгожителем. Простой способ такой динамики – реальное усиление физической нагрузки, что в условиях урбанизированного Севера РФ почти невозможно для женщин пришлого населения (у аборигенов все нормально в аспекте организации физической нагрузки) [17,18].

В первую очередь это обусловлено проживанием в урбанизированных экосистемах, что снижает и продолжительность жизни. Мы выдвигаем тезис: нормальное старение должно давать динамику КА в виде рис. 1. Повышение S для КА с возрастом – это плохой прогноз на продолжительность жизни и работоспособного возраста. Любая физическая нагрузка сразу и резко снижает объемы КА и тогда у третьей группы мы бы могли получить аналог рис. 1 (нормальное старение).

Заключение. Использование уравнения Ферхюльста-Пирла позволяет вполне адекватно описывать динамику снижения хаотических параметров ФСО человека на

севере. Исследования параметров ССС коренного и пришлого женского населения Северных территорий РФ показало для младшей возрастной группы доминирование парасимпатического (PAR) отдела ВНС над симпатическим (SIM) отделом вегетативной нервной системы, что тоже описывается этим уравнением. С увеличением возраста картина инвертируется, PAR снижается, а SIM нарастает условно, динамика PAR для аборигенов подобна динамике площади S для КА аборигенов. Это существенно отличается от динамики площадей КА.

В целом, групповой возрастной анализ динамики КА в фазовом пространстве способен определить нормальное старение (без патологий) и спрогнозировать возможность долгожительства как всей группы, так и ее отдельных представителей. Проводится индивидуальный анализ, т.е. выявляется какие пациенты стареют по закону (1) или (2). С этих позиций становится очевидным роль физических нагрузок в геронтологии: они уменьшают с возрастом КА для *кардиоинтервалов*, а значения площадей S для КА дают прогноз на долгожительство (положительный или отрицательный). Однако, параметры SIM и PAR не могут идентифицировать различия между приезжими и аборигенами, с другой стороны динамика хаотических параметров нам показывает характерные изменения S для КА и они отличны от параметров SIM и PAR.

Литература

1. Арнольд В.И. Теория катастроф. – М.: УРСС, 2004. – 128 с.
2. Аушева Ф.И., Добрынина И.Ю., Мишина Е.А., Полухин В.В., Хадарцева К.А. Системный анализ суточной динамики показателей сердечно-сосудистой системы у больных при артериальной гипертензии // Вестник новых медицинских технологий. – 2008. – Т. 15, № 4. – С. 208–210.
3. Ватамова С.Н., Вохмина Ю.В., Даянова Д.Д., Филатов М.А. Детерминизм, стохастика и теория хаоса-самоорганизации в описании стационарных режимов сложных биосистем // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2013. – № 4. – С. 70–81.

4. Вохмина Ю.В., Гавриленко Т.В., Зимин М.И. Модели сложных систем с позиций физики и теории хаоса-самоорганизации // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2013. – № 1. – С. 51–59.

5. Гавриленко Т.В., Вохмина Ю.В., Даянова Д.Д., Берестин Д.К. Параметры квазиаттракторов в оценке стационарных режимов биологических динамических систем с позиций компартментно-кластерного подхода // Вестник новых медицинских технологий. – 2014. – Т. 21, № 1. – С. 134–137.

6. Газя Г.В., Соколова А.А., Баженова А.Е., Ярмухаметова В.Н. Анализ и синтез параметров вектора состояния вегетативной нервной системы работников нефтегазовой отрасли // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2012. – Т. 11, №4. – С. 886–892.

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

9. Еськов В.М., Добрынина И.Ю., Живогляд Р.Н. Детерминизм и хаос в изучении синергизма и устойчивости биологических динамических систем // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2004. – Т. 3, № 4. – С. 143.

10. Еськов В.М., Коваленко Л.В., Логинов С.И., Филатова О.Е. Адаптивные реакции кардиореспираторной системы детей в условиях кратковременного санаторного лечения на черноморском побережье РФ с позиции теории фазатона мозга, хаоса и синергетики // Вестник новых медицинских технологий. – 2007. – Т. 14, № 3. – С. 10–12.

11. Еськов В.М., Назин А.Г., Русак С.Н., Филатова О.Е., Хадарцева К.А. Системный анализ и синтез влияния динамики климато-экологических факторов на заболеваемость населения Севера РФ //

Вестник новых медицинских технологий.– 2008.– Т. 15, № 1.– С. 26–29.

12. Еськов В.М., Еськов В.В., Филатова О.Е., Хадарцев А.А. Особые свойства биосистем и их моделирование // Вестник новых медицинских технологий.– 2011.– Т. 18, № 3.– С. 331–332.

13. 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.

14. 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.

15. Еськов В.М., Еськов В.В., Гавриленко Т.В., Вахмина Ю.В. Кинематика биосистем как эволюция: стационарные режимы и скорость движения сложных систем – complexity // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 3. Физ. Астрон.– 2015.– № 2.– С. 62–73.

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

17. Русак С.Н., Еськов В.В., Молягов Д.И., Филатова О.Е. Годовая динамика погодно-климатических факторов и здоровье населения Ханты-Мансийского автономного округа // Экология человека.– 2013.– № 11.– С. 19–24.

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

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

20. 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 ef-

fort // Measurement Techniques.– 2011.– Vol. 54, № 8.– P. 832–837.

References

1. Arnol'd VI. Teoriya katastrof. Moscow: URSS; 2004. Russian.

2. Ausheva FI, Dobrynina IYu, Mishina EA, Polukhin VV, Khadartseva KA. Sistemnyy analiz sutochnoy dinamiki po-kazateley serdechno-sosudistoy sistemy u bol'nykh pri arterial'noy gipertenzii. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2008;15(4):208-10. Russian.

3. Vatamova SN, Vokhmina YuV, Daya-nova DD, Filatov MA. Determinizm, sto-khastika i teoriya khaosa-samoorganizatsii v opisaniy statsionarnykh rezhimov slozhnykh biosistem. Slozhnost'. Razum. Postneklas-sika. 201Zh;4:70-81. Russian.

4. Vokhmina YuV, Gavrilenko TV, Zimin MI. Modeli slozhnykh sistem s po-zitsiy fiziki i teorii khaosa-samoorganizatsii. Slozhnost'. Razum. Post-neklassika. 2013;1:51-9. Russian.

5. Gavrilenko TV, Vokhmina YuV, Dayanova DD, Berestin DK. Parametry kva-ziatraktorov v otsenke statsionarnykh rezhimov biologicheskikh dinamicheskikh sistem s pozitsiy kompartmentno-klasternogo podkhoda. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2014;21(1):134-7. Russian.

6. Gazyva GV, Sokolova AA, Bazhenova AE, Yarmukhametova VN. Analiz i sintez parametrov vektora sostoyaniya vegetativ-noy nervnoy sistemy rabotnikov neftega-zovoy otrasli. Sistemnyy analiz i uprav-lenie v biomeditsinskikh sistemakh. 2012;11(4):886-92. Russian.

7. Es'kov VV, Vokhmina YuV, Gavrilenko TV, Zimin MI. Modeli khaosa v fi-zike i teorii khaosa-samoorganizatsii. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2013;2:42-56. Russian.

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

9. Es'kov VM, Dobrynina IYu, Zhivoglyad RN. Determinizm i kaos v izuchenii

sinergizma i ustoychivosti biologicheskikh dinamicheskikh sistem. Sistemnyy analiz i upravlenie v biomeditsinskikh sistemakh. 2004;3(4):143. Russian.

10. Es'kov VM, Kovalenko LV, Loginov SI, Filatova OE. Adaptivnye reak-tsii kardiorespiratornoy sistemy detey v usloviyakh kratkovremennogo sanatornogo lecheniya na chernomorskom poberezh'e RF s pozitsii teorii fazatona mozga, khaosa i sinergetiki. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2007;14(3):10-2. Russian.

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

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

13. Es'kov VM, Es'kov VV, Gavrilenko TV, Zimin MI. Neopredelennost' v kvantovoy mekhanike i biofizike slozhnykh sistem. Vestnik Moskovskogo universite-ta. Seriya 3: Fizika. Astronomiya. 2014;5:41-6. Russian.

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

15. Es'kov VM, Es'kov VV, Gavrilenko TV, Vakhmina YuV. Kinematika bio-sistem kak evolyutsiya: statsionarnye rezhi-my i skorost' dvizheniya slozhnykh sistem – complexity. Vestn. Mosk. un-ta. Ser. 3. Fiz. Astron. 2015;2:62-73. Russian.

16. Litovchenko OG, Nifontova OL. Nekotorye pokazateli serdechno sosudi-stoy sistemy urozhentsev Srednego Pri-ob'ya 7-20 let. Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta. 2010;1:115-9. Russian.

17. Rusak SN, Es'kov VV, Molya-gov DI, Filatova OE. Godovaya dinamika pogodno-klimaticheskikh faktorov i zdo-rov'e nase-leniya Khanty-Mansiyskogo avto-nomnogo okruga. Ekologiya cheloveka. 2013;11:19-24. Russian.

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

19. Es'kov VM, Filatova OE. Respiratory rhythm generation in rats: the importance of inhibition. Neurophysiology. 1993;25(6):420.

20. Es'kov VM, Es'kov VV, Bragins-kii MYa, Pashnin AS. Determination of the degree of synergism of the human cardiorespiratory system under conditions of physical effort. Measurement Techniques. 2011;54(8):832-7.