

УДК [612.172:612.67](571.122)

ХАОТИЧЕСКАЯ ДИНАМИКА КАРДИОИНТЕРВАЛОВ ТРЁХ ВОЗРАСТНЫХ ГРУПП ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ КОРЕННОГО НАСЕЛЕНИЯ ЮГРЫ

© 2015 г. Г. Р. Гараева, В. М. Еськов, В. В. Еськов, *А. Б. Гудков,
О. Е. Филатова, О. И. Химикина

Сургутский государственный университет, г. Сургут

*Северный государственный медицинский университет, г. Архангельск

Экология человека охватывает очень важную проблему продолжительности жизни коренного и пришлого населения северных территорий Российской Федерации. С нарастанием экономико-промышленного освоения северных территорий будет нарастать и значимость пролонгации периода активного трудоспособного возраста у пришлого населения Ханты-Мансийского автономного округа – Югры и Ямало-Ненецкого автономного округа. В статье представлены четыре направления возможной пролонгации жизни пришлого населения. На конкретных трёх возрастных группах женского коренного населения рассмотрена проблема возрастного изменения динамики кардиоинтервалов. В фазовом пространстве состояний уменьшение объёмов квазиаттракторов эквивалентно усилению физической нагрузки. Предлагается закономерность уменьшения этих объёмов использовать для оценки динамики старения человека на Севере.

Ключевые слова: старение, коренное население, кардиоинтервалография, фазовое пространство, квазиаттрактор

CHAOTIC DYNAMICS OF CARDIOINTERVALS IN THREE AGE GROUPS OF INDIGENOUS PEOPLE OF UGRA

G. R. Garaeva, V. M. Eskov, V. V. Eskov, *A. B. Gudkov,
O. E. Filatova, O. I. Khimikova

Surgut State University, Surgut, Russia

*Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia

Human ecology deals with a very important issue of life expectancy of indigenous people and new comers of the northern parts of the Russian Federation. The faster the northern territories are developed economically and industrially, the higher importance of prolongation of working age of new comers in the Khanty-Mansiysk Autonomous Area - Ugra and the Yamal-Nenets Autonomous Area is. There are four possible variants of new comers' life prolongation. Through the example of three age female groups of indigenous population, there has been considered the problem of dynamics of changing heart rates. In phase space of states, increased volumes of quasiattractors are equal to intensive physical activity. It has been proposed to use the regularity of these volumes' decrease for assessment of human aging dynamics in the North.

Key works: indigenous population, phase space, quasiattractor, cardiointervals

Библиографическая ссылка:

Гараева Г. Р., Еськов В. М., Еськов В. В., Гудков А. Б., Филатова О. Е., Химикина О. И. Хаотическая динамика кардиоинтервалов трех возрастных групп представителей коренного населения Югры // Экология человека. 2015. № 9. С. 50–55.

Garaeva G. R., Eskov V. M., Eskov V. V., Gudkov A. B., Filatova O. E., Khimikova O. I. Chaotic Dynamics of Cardiointervals in Three Age Groups of Indigenous People of Ugra. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2015, 9, pp. 50-55.

Общеизвестно непосредственное влияние эко- факторов северных территорий на параметры функциональных систем организма человека на Севере [1, 12, 14, 15]. Например, резкие перепады температуры, давления и влажности воздуха влияют на кардиореспираторную систему человека (особенно с выраженной патологией или со склонностью к этой патологии) [13, 15]. Известна метеочувствительность людей с гипертонией, стенокардией и другими заболеваниями сердечно-сосудистой системы (ССС) к этим перепадам или чувствительность больных хроническими обструктивными болезнями лёгких, астмой, другими лёгочными заболеваниями к большим градиентам параметров атмосферы (давление, влажность, температура) и их скоростным изменениям [15]. Причём если че-

ловек уже предрасположен к этим заболеваниям, то скорость развития патологии будет только усиливаться и заболевание будет сдвигать возрастные рамки [13]. В настоящее время известно не только о многих сдвигах в организме человека в области патологии кардиореспираторной системы жителей Ханты-Мансийского автономного округа – Югры (ХМАО – Югра), но и об особенностях ряда других физиологических (патофизиологических) процессов в организме человека на Севере Российской Федерации (РФ) [2, 4, 7, 10, 11].

На статистическом уровне установлены выраженные сдвиги по заболеваемости населения в Югре. Речь идёт о возрастных сдвигах: более ранней патологии (инфаркты, инсульты, диабет у молодёжи), раннем начале климактерического периода, более раннем

старении, сдвиге абсолютного максимума смертности мужского населения до 46–47 лет (в РФ 57 лет), более раннем сдвиге соотношения (пропорций численности) между мужчинами и женщинами (речь идёт о соотношении численности мужского и женского населения Югры в пропорциях 1/2, 1/3 и т. д.). Не случайно власти ещё в СССР определили пенсионный возраст для северян на пять лет меньше.

В настоящее время на решение проблем северной медицины, как в области патологии, так и в области нормогенеза, направлены усилия многих учёных [13]. При этом используются и новые методические подходы. Например, разработана специальная теория хаоса-самоорганизации (ТХС), которая учитывает хаотическую динамику поведения многих параметров вектора состояний организма человека (ВСОЧ) $x = x(t) = (x_1, x_2 \dots x_m)^T$ в фазовом пространстве состояний (ФПС) с размерностью m . Существенно, что именно ВСОЧ описывает состояние гомеостаза организма любого человека в особых экологических условиях, а параметры квазиаттракторов (области фазового пространства состояний, внутри которых непрерывно и хаотически движется ВСОЧ) являются моделью гомеостаза [18, 20]. Однако следует признать, что в настоящее время имеются всё-таки весьма ограниченные и однозначные представления о гомеостазе, который связан со старением человека в особых условиях проживания на Севере России [5, 6, 13], поэтому следует рассмотреть их более подробно с позиции ТХС и нейрокомпьютинга путём анализа параметров квазиаттракторов разных возрастных групп коренного женского населения ХМАО – Югры.

Методы

Методами электрокардиографии и вариационной пульсоинтервалографии было обследовано 114 человек – представителей народа ханты трёх (одинаковых по численности $n_1 = n_2 = n_3 = 38$) возрастных групп: 1-я группа – 20–34 года; 2-я – 35–49 лет; 3-я – 50–102 года. Использовались автоматизированные комплексы «Кардиовизор» и Элокс-01 М. Для обработки данных применялись традиционные статистические методы и методы ТХС, которые обеспечили расчет параметров квазиаттракторов поведения вектора состояния системы $x(t)$ в 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 $x_1(t)$ [8, 18].

Результаты

Определение квазиаттрактора основано на работах вариационных размахов Δx_i для каждой координаты вектора $x(t)$. Определение квазиаттрактора введено на ограниченном временном отрезке

t , так как биосистема постоянно эволюционирует (параметры квазиаттрактора могут существенно отличаться на различных отрезках времени). Для более точного понимания результатов исследования дадим математически определение квазиаттрактора в следующем виде:

Квазиаттрактор – не нулевое подмножество Q фазового n -мерного пространства D ($l = 1, m$) динамической биологической системы (БДС), являющееся объединением всех значений $f(t_i)$ состояния БДС на конечном отрезке времени $[t_j \dots t_e]$ ($j \ll e$, где t_j – начальный момент времени, а t_e – конечный момент времени состояний БДС)

$$Q = \bigcup_{l=1}^m \bigcup_{i=j}^e f^l(t_i);$$

$$Q \neq 0; Q \in D,$$

где m – количество пространственных измерений.

В качестве основной меры квазиаттрактора используется объем (V_G) области Q m -мерного пространства, внутри которого заключены все значения $f(t_i)$ состояния БДС в промежутке времени $[t_j \dots t_e]$

$$V_G = mes(Q) = \prod_{l=1}^m (\max(f^l(t_j), \dots, f^l(t_e)) - \min(f^l(t_j), \dots, f^l(t_e)));$$

Для двумерного вектора $(x_1, x_2)^T$ объем V_G переходит в площадь квазиаттрактора S , которая закономерно изменяется с возрастом. Рассмотрим эти закономерности в аспекте экологии человека. Исследование функционального состояния организма у коренного населения северных территорий РФ (младшая возрастная группа) показало доминирование парасимпатического (PAR) отдела вегетативной нервной системы над симпатическим (SIM). Так, при сравнении величины SIM и PAR у трёх возрастных групп женщин, представительниц коренного населения Югры, установлено устойчивое увеличение с возрастом величины медианы SIM (табл. 1) и устойчивое снижение среднего значения PAR (табл. 2). Конкретная динамика кардиоинтервалов представлена на рис. 1 для отдельных примеров.

Таблица 1
Результаты статистической обработки параметра симпатического отдела вегетативной нервной системы (непараметрические распределения) трёх возрастных групп женского коренного населения Югры

Параметр	Медиана	Процентиль 25%	Процентиль 75%
SIM ₁	5	3	7
SIM ₂	6	3	8
SIM ₃	8,5	6	12

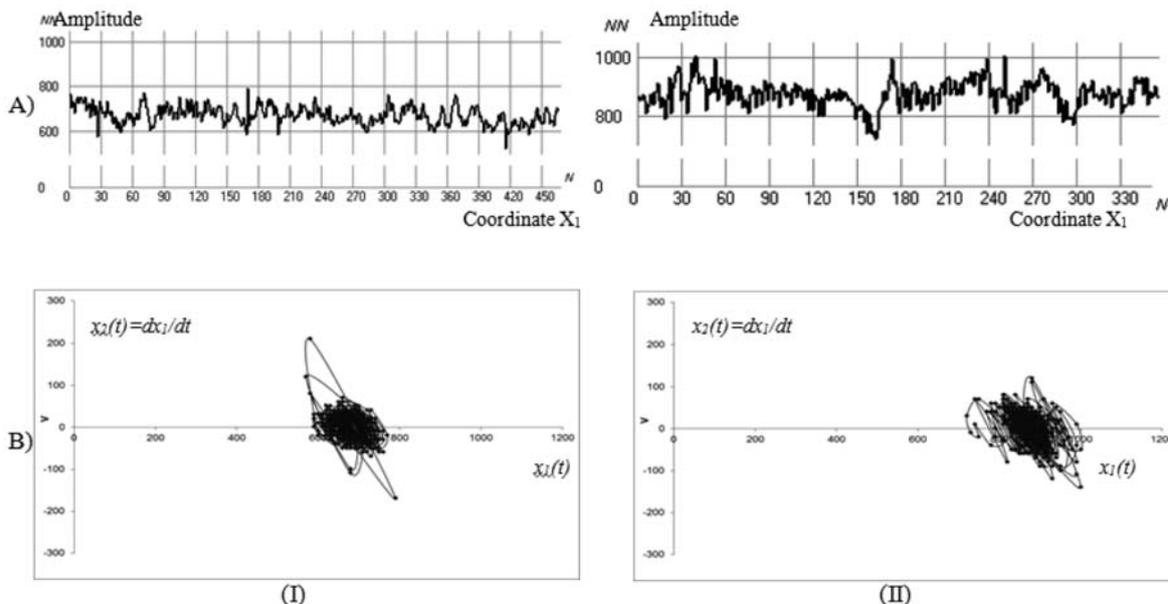


Рис. 1. Примеры кардиоинтервалов $x_1 = x_1(t)$ по данным пульсоинтервалографии – А и фазовый портрет сигнала x_1 на плоскости с координатами $x_1, x_2 = dx_1/dt$ – В (для испытуемых двух возрастных групп): (I) испытуемая R3, возраст на момент обследования 25 лет ($S_1 = 83\ 600$); (II) испытуемая E, возраст на момент обследования 48 лет ($S_2 = 72\ 800$)

Таблица 2
Результаты статистической обработки параметра парасимпатического отдела вегетативной нервной системы (параметрические распределения) трёх возрастных групп женского коренного населения Югры

Параметр	Среднее	Нижняя граница 95%ДИ	Верхняя граница 95% ДИ
PAR_1	10,60	9,10	12,11
PAR_2	8,82	7,29	10,35
PAR_3	6,87	5,47	8,26

При анализе результатов видно, что ССС испытуемых 1-й и 2-й группы демонстрирует довольно высокую вариабельность, что характерно практически для любого здорового (без явных патологий) человека. Подобная картина справедлива для большинства населения Земли. Необходимо отметить, что для коренного населения ХМАО – Югры у подавляющего большинства (> 80 %) испытуемых 2-й группы на амплитудно-частотной характеристике видно, что

амплитуды колебаний на низких частотах доминируют, а разброс частот сокращается. Это свидетельствует о снижении вариабельности сердечного ритма в среднем возрасте. Качественно хаотическую динамику работы ССС представителей 1-й и 2-й группы можно увидеть на фазовой плоскости (рис. 1В). Количественные характеристики параметров квазиаттракторов в виде S (значения площадей квазиаттракторов) представлены на рис. 2.

Площади квазиаттракторов (S_1, S_2) демонстрируют резкое снижение их размеров при увеличении возраста, что является важной характеристикой эколого-возрастных закономерностей поведения хаотической динамики кардиоинтервалов.

Для средних значений площадей квазиаттракторов S у испытуемых всех трех групп была выполнена проверка возможности нормального распределения и возможности отнесения этих выборок к одной генеральной совокупности. Эта проверка показала наличие непараметрического распределения и от-

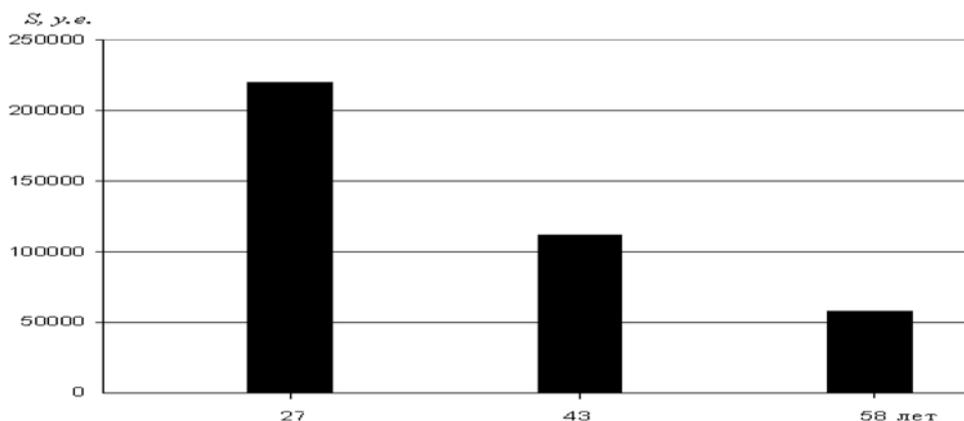


Рис. 2. Усреднённые значения площадей квазиаттракторов S для трёх возрастных групп женщин ханты

существование возможности их отнесения к одной генеральной совокупности для всех выборок. В целом это характерно и для других подобных переменных при анализе многих параметров гомеостаза.

На рис. 2 видно, что ССС испытуемых старшей возрастной группы обладает очень низкой вариабельностью сердечного ритма. Это является маркером долгожительства (и не только у народов ханты). Фактически ритмограммы (см. рис. 1А) выстраиваются в порядке убывания, поэтому можно говорить о том, что сердце работает у пожилых и долгожителей (особенно) в крайне упорядоченном режиме (временные интервалы между ударами сердца практически одинаковые). Амплитудно-частотные характеристики демонстрируют значения амплитуд сигнала (по сравнению с испытуемыми 1-й и 2-й группы) на всем частотном диапазоне. В некоторых случаях наблюдается проявление высокочастотных составляющих сигнала. Фазовый портрет испытуемых 3-й группы сжимается в точку, что в рамках ТХС свидетельствует о крайне низкой вариабельности сердечного ритма [7–9] и существенном управлении ритмикой со стороны центральных нервных структур. Фактически с возрастом нарастает упорядоченность в работе системы организации сердечных сокращений [7, 17, 19].

Средние величины параметров, характеризующих состояние кардиореспираторной системы старшей возрастной группы, отличаются от параметров представителей 1-й и 2-й группы. У испытуемых 3-й группы доминирует симпатический отдел вегетативной нервной системы (см. табл. 1 и 2), что свидетельствует о высокой напряженности состояния организма. Существенно, что сдвиг параметров вегетативной нервной системы в область симпатотонии характерен для любого человека при физических нагрузках. Поэтому для пожилых женщин ханты преобладание SIM создаёт некоторую иллюзию их особого физического напряжения, что по Н. М. Амосову способствует долголетию [3]. Женщины 3-й группы как будто находятся в условиях непрерывной физической нагрузки. Следовательно, другие люди (не долгожители, парасимпатотоники) должны искусственно создавать для себя выраженную симпатотонию, если у них есть желание стать долгожителем.

Обсуждение результатов

В целом исследование хаотической динамики параметров кардиоинтервалов женского коренного населения северных территорий РФ позволяет сделать прогноз на долгожительство. Во-первых, возникает возможность определить биологический потенциал долгожительства по параметрам квазиаттракторов и уровню показателя SIM. Во-вторых, появляется возможность выявить отличительные особенности параметров ССС коренных жителей и пришлого населения. В-третьих, можно выявить механизмы регуляции функционального состояния организма

человека в неблагоприятных климатических условиях, особенно в свете повышения уровня климатической нестабильности [2, 6, 16] по всему северу Планеты. В последнем случае проблема пролонгации жизни человека на Севере будет особенно актуальна, так как промышленное освоение региона требует увеличения продолжительности работоспособного возраста (это снизит поток трудовой миграции, которая весьма затратна).

В результате проведенных исследований показано, что обследованные 1-й возрастной группы обладают достаточно высоким уровнем вариабельности сердечного ритма, средняя площадь их квазиаттракторов в 3,7 раза больше, чем у представителей старшей группы. Это характерно для любого человека, находящегося в нормогенезе, но индивидуально динамика ССС характеризуется большим объемом квазиаттрактора именно у лиц моложе 35 лет.

У всех испытуемых до 50 лет выявлено доминирование PAR. После 50 лет картина резко меняется, уровень PAR снижается и одновременно уровень вариабельности кардиоинтервалов на основе оценки квазиаттракторов методами ТХС сокращается на порядок при сравнении ССС молодёжи (25 лет) и долгожителей (102 года), то есть в 10 раз и более.

Доказано, что в старшей возрастной группе по параметрам ССС при нормогенезе доминирует активность симпатического отдела вегетативной нервной системы. Необходимо отметить, что дополнительные аппаратные исследования 3-й возрастной группы (при условии отсутствия выраженных патологий) демонстрировали показатели ССС, соответствующие показателям здоровых молодых людей, которые активно занимаются спортом и именно в период этих занятий. Иными словами, возрастная динамика старшего поколения имитирует молодой организм в условиях физической нагрузки.

Исследования параметров квазиаттракторов ССС реально характеризуют состояние здоровья обследованных 3-й возрастной группы и являются эффективными в прогнозе долгожительства. Если в молодые годы увеличенные значения объемов квазиаттракторов — норма, то в старшем это весьма тревожный диагностический признак. Закономерная индивидуальная динамика площадей S квазиаттракторов — это снижение в 4 раза размеров S ($S_1/S_3 \sim 4$). Это может быть важным признаком долголетия или, наоборот, его недостижения, если эта пропорция подходит к соотношению для 1-й и 2-й групп ($S_1/S_2 \sim 2$). Задержка в уменьшении площади квазиаттракторов — сигнал о быстром старении ССС и приближении к мортальному квазиаттрактору (обычно пребывание в таком квазиаттракторе недолгое и заканчивается летальным исходом).

Таким образом, анализ хаотической динамики кардиоинтервалов в фазовом пространстве может быть использован для оценки темпов старения человека на Севере.

Список литературы

1. Агаджанян Н. А., Ермакова Н. В. Экологический портрет человека на Севере. М. : КРПК, 1997. 208 с.
2. Агаджанян Н. А. Адаптационная и этническая физиология: продолжительность жизни и здоровье человека. М. : РУДН, 2009. 34 с.
3. Амосов Н. М., Бендет Я. А. Физическая активность и сердце. Киев : Здоровье, 1989. 215 с.
4. Гавриленко Т. В., Балтикова А. А., Дегтярев Д. А., Еськов В. В., Пашнин А. С. Хаотическая динамика произвольных движений конечности человека в 4-мерном фазовом пространстве // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2012. № 1. С. 85–93.
5. Гудков А. Б., Дёмин А. В. Особенности пострального баланса у мужчин пожилого и старческого возраста с синдромом страха падения // Успехи геронтологии. 2012. Т. 25, № 1. С. 166–170.
6. Дёмин А. В., Гудков А. Б. Особенности постральной нестабильности у мужчин пожилого и старческого возраста // Врач-аспирант. 2011. Т. 47, № 4. С. 570–575.
7. Еськов В. М., Газя Г. В., Соколова А. А., Васильева А. Ю. Сравнительный анализ стохастических и хаотических матриц квазиаттракторов поведения вектора состояния организма коренного и пришлого населения Югры // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2012. Т. 11, № 3. С. 586–591.
8. Еськов В. М., Филатова О. Е., Хадарцев А. А., Еськов В. В., Филатова Д. Ю. Неопределенность и непрогнозируемость – базовые свойства систем в биомедицине // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2013. № 1. С. 68.
9. Еськов В. М., Филатова О. Е., Хадарцев А. А., Хадарцева К. А. Фрактальная динамика поведения человекомерных систем // Вестник новых медицинских технологий. 2011. Т. 18, № 3. С. 330–331.
10. Карпин В. А., Гудков А. Б., Катюхин В. Н. Мониторинг заболеваемости коренного населения Ханты-Мансийского автономного округа // Экология человека. 2003. № 3. С. 3–8.
11. Карпин В. А., Филатова О. Е., Солтыс Т. В., Соколова А. А., Башкатова Ю. В., Гудков А. Б. Сравнительный анализ и синтез показателей сердечно-сосудистой системы у представителей арктического и высокогорного адаптивных типов // Экология человека. 2013. № 7. С. 3–9.
12. Кубушка О. Н., Гудков А. Б. Особенности структуры жизненной ёмкости лёгких у северян старшего школьного возраста // Вестник Поморского университета. Серия: Физиологические и психолого-педагогические науки. 2003. № 1. С. 42–50.
13. Никитин Ю. П., Хаснулин В. И., Гудков А. Б. Современные проблемы северной медицины и усилия учёных по их решению // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Медико-биологические науки. 2014. № 3. С. 63–72.
14. Попова О. Н., Глебова Н. А., Гудков А. Б. Компенсаторно-приспособительная перестройка системы внешнего дыхания у жителей Крайнего Севера // Экология человека. 2008. № 10. С. 31–33.
15. Хаснулин В. И. Введение в полярную медицину. Новосибирск : СО РАМН, 1998. 337 с.
16. Чащин В. П., Сюрин С. А., Гудков А. Б., Попова О. Н., Воронин А. Ю. Воздействие промышленных загрязнений атмосферного воздуха на организм работников, выполняющих трудовые операции на открытом воздухе в условиях холода // Медицина труда и промышленная экология. 2014. № 9. С. 20–26.

17. Churchland M. M., Cunningham J. P., Kaufmann M. T. Neural population dynamics during reaching // Nature. 2012. Vol. 487. P. 51–56.
18. Eskov V. M., Khadartsev A. A., Eskov V. V., Filatova O. E., Filatova D. U. Chaotic approach in biomedicine: Individualized medical treatment // J. Biomedical Science and Engineering. 2013. Vol. VI (6). P. 847–853.
19. Eskov V. M., Eskov V. V., Filatova O. E. Characteristic features of measurements and modeling for biosystems in phase spaces of states // Measurement Techniques. 2011. Vol. 53 (12). P. 1404–1410.
20. Eskov V. M., Gavrilenko T. V., Kozlova V. V., Filatov M. A. Measurement of the dynamic parameters of microchaos in the behavior of living biosystems // Measurement Techniques. 2012. Vol. 55 (9). P. 1096–1101.

References

1. Agadzhanyan N. A., Ermakova N. V. *Ekologicheskii portret cheloveka na Severe* [Environmental profile of the person in the North]. Moscow, 1997, 208 p.
2. Agadzhanyan N. A. *Adaptatsionnaya i etnicheskaya fiziologiya: prodolzhitel'nost' zhizni i zdorov'ya cheloveka* [Adaptation and ethnic physiology: life expectancy and human health]. Moscow, 2009, p. 34.
3. Amosov N. M., Bendet Ya. A. *Fizicheskaya aktivnost' i serdtse* [Physical activity and the heart]. Kiev, 1989, 215 p.
4. Gavrilenko T. V., Baltikova A. A., Degtyarev D. A., Eskov V. V., Pashnin A. S. Chaotic dynamics of involuntary movement of human limb in 4-dimensional phase space. *Slozhnost'. Razum. Postneklassika* [Complexity. Mind. Postnonclassics]. 2012, 1, pp. 85-93. [in Russian]
5. Gudkov A. B., Demin A. V. Peculiarities of postural balance among elderly men with fear of falling syndrome. *Uspehi gerontologii* [Advances in gerontology]. 2012, 25 (1), pp. 166-170. [in Russian]
6. Demin A. V., Gudkov A. B. Peculiarities of postural instability in men of elderly and senile age. *Vrach-aspirant* [Doctor graduate student]. 2011, 47 (4), pp.570-575. [in Russian]
7. Es'kov V. M., Gaz'ya G. V., Sokolova A. A., Vasileva A. Yu. Comparative analysis of stochastic and chaotic matrices of quasi-attractors of human body state vector of indigenous people and new comers in Ugra. *Sistemnyy analiz i upravlenie biomeditsinskikh sistemah* [The system analysis and control in biomedical systems]. 2012, 11 (3), pp. 586-591. [in Russian]
8. Eskov V. M., Filatova O. E., Khadartsev A. A., Eskov V. V., Filatova D. Y. Uncertainty and unpredictability - basic properties of systems in biomedicine. *Slozhnost'. Razum. Postneklassika* [Complexity. Mind. Postnonclassic]. 2013, 1, pp. 68. [in Russian]
9. Eskov V. M., Filatova O. E., Khadartsev A. A., Khadartsev K. A. Fractal dynamics of behavior chelovekomernykh of systems. *Vestnik novykh meditsinskikh tehnologiy* [High New Medical Technologies]. 2011, 18 (3), pp. 330-331. [in Russian]
10. Karpin V. A., Gudkov A. B., Katyuhin V. N. Monitoring of the incidence of indigenous people of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2003, 3, pp. 3-8. [in Russian]
11. Karpin V. A., Filatova O. E., Soltyis T. V., Sokolova A. A., Bashkatova Yu. V., Gudkov A. B. Comparative analysis and synthesis of the cardiovascular system indicators of representatives of Arctic and Alpine adaptive types. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2013, 7, pp. 3-9. [in Russian]

12. Kubushka O. N., Gudkov A. B. The structure features of vital lung capacity in northerners of high school age. *Vestnik Pomorskogo universiteta. Seriya: Fiziologicheskie i psihologo-pedagogicheskie nauki* [Journal of Pomor University. Series: Physiological, psychological and pedagogical sciences]. 2003, 1, pp. 42-51. [in Russian]

13. Nikitin Yu. P., Khasnulin V. I., Gudkov A. B. Contemporary problems of Northern medicine and researchers' efforts to solve them. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) fede-ral'nogo universiteta. Seriya: Mediko-biologicheskie nauki* [Vestnik of northern (arctic) federal university. Series: Medical and biological sciences]. 2014, 3, pp. 63-72. [in Russian]

14. Popova O. N., Glebova N. A., Gudkov A. B. Compensatory-adaptive change of external respiration system in Far North residents. *Ekologija cheloveka* [Human Ecology]. 2008, 10, pp. 31-33. [in Russian]

15. Khasnulin V. I. *Vvedenie v polyarnuyu meditsinu* [Introduction to the polar medicine]. Novosibirsk, 1998, 337 p.

16. Chashhin V. P., Sjurin S. A., Gudkov A. B., Popova O. N., Voronin A. Ju. Influence of industrial pollution of ambient air on health of workers engaged into open air activities in cold conditions. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya* [Occupational Medicine and Industrial Ecology]. 2014, 9, pp. 20-26. [in Russian]

17. Churchland M. M., Cunningham J. P., Kaufmann M. T.

Neural population dynamics during reaching. *Nature*. 2012, 487, pp. 51-56.

18. Eskov V. M., Khadartsev A. A., Eskov V. V., Filatova O. E., Filatova D. U. Chaotic approach in biomedicine: Individualized medical treatment. *J. Biomedical Science and Engineering*. 2013, VI (6), pp. 847-853.

19. Eskov V. M., Eskov V. V., Filatova O. E. Characteristic features of measurements and modeling for biosystems in phase spaces of states. *Measurement Techniques*. 2011, 53 (12), pp. 1404-1410.

20. Eskov V. M., Gavrilenko T. V., Kozlova V. V., Filatov M. A.. Measurement of the dynamic parameters of microchaos in the behavior of living biosystems. *Measurement Techniques*. 2012, 55 (9), pp. 1096-1101.

Контактная информация:

Еськов Валерий Матвеевич — доктор физико-математических наук, доктор биологических наук, профессор, зав. научно-исследовательской лабораторией биокибернетики и биофизики сложных систем института естественных и технических наук БУ ВО «Сургутский государственный университет»

Адрес: 628412, Тюменская область, г. Сургут, пр. Энергетиков, д. 22

Тел. (3462) 76-30-88

E-mail: kafedra_bin@mail.ru