

### III. МАТЕМАТИКА В ОПИСАНИИ ХАОСА И СИНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

DOI: 10.12737/article\_58ef6fbbd47274.77514102

#### ОЦЕНКА СТЕПЕНИ СИНЕРГИЗМА В ДИНАМИКЕ КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ

В.В. ЕСЬКОВ, Ю.В. БАШКАТОВА, А.А. СОКОЛОВА

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

**Аннотация.** В последние годы возникает все больше работ, которые представляют идею о существовании некоторого всеобщего центрального регулятора всех жизненных функций организма человека. Этот центральный регулятор в работах школы нейрохирурга профессора В. В. Скупченко получил название фазатона мозга и в настоящее время является объектом пристального изучения как со стороны представителей клинических дисциплин, так и медицинских кибернетиков, биофизиков и нейробиологов. Проявление влияния фазатона мозга наблюдается уже на уровне различных психомоторных актов и различных двигательных функций, различных вегетативных реакций организма человека на изменение факторов внешней среды или внутреннего состояния организма. В рамках теории фазатона мозга математическая трактовка и понятие синергизма, которая базируется на ММР и новой идентификации степени асинергизма, становится возможной с позиции новой теории хаоса-самоорганизации и компартментно-кластерного подхода в оценке степени изменения сложных биосистем – *complexity*.

**Ключевые слова:** компартментно-кластерный подход, кардиореспираторная система, двухкластерные модели, компартменты.

#### EVALUATION OF THE SYNERGY DEGREE IN THE DYNAMICS OF THE CARDIORESPIRATORY SYSTEM

V.V. ESKOV, Yu.V. BASHKATOVA, A.A. SOKOLOVA

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

**Abstract.** Last year we have many articles which are presented new idea about some central regulator of all human body functions. Such central regulator was presented by Russian professor V.V. Skupchenko now it was named as phazaton brain. The phazaton brain is investigated as clinical scientist and ordinary biological sciences based on brain investigation. The phazaton brain we can registrate on ordinary psychological acts and different moving activity of human body. Vegetativ functions of human body demonstrate some chaiges on ecofactor influence on human body and it mathematical presentation may be according to new theory of chaos-selforganization. The value of synergism maybe registrated according to compartmental-cluster theory of complex biosystems.

**Key words:** compartment-cluster approach, cardiorespiratory system, two-cluster models, compartments.

**Введение.** Знание динамических характеристик исследуемых *функциональных систем организма* (ФСО) в виде *кардиореспираторной системы* (КРС), позволяет решать проблемы идентификации моделей

таких объектов. Однако, в ТХС декларируется проблема полного математического описания ФСО. При этом, количественная идентификация синергизма в таких объектах является весьма актуальной задачей,

поскольку на сегодняшний день остается мало исследованной проблема моделирования явления синергизма в биомеханических структурах нервно-мышечной и кардиореспираторной систем человека и животных как биологических систем с компартментно-кластерной структурой [17].

Биомеханические системы и КРС млекопитающих очень хорошо подходят под восемь принципов компартментно-кластерной теории биосистем (впервые сформулированной В.М. Еськовым), которая может быть применима для изучения и описания таких структур. Поэтому ещё в 20-м веке был поставлен вопрос о возможности идентификации *complexity* и, в частности, синергизма в биосистемах с особой динамикой (гомеостазом).

Одной из проблем при идентификации моделей НМС и КРС является их нелинейное поведение, которое является особым хаосом. В то же время задача может быть решена для линейного приближения математической модели НМС и КРС, которая основана на методе минимальной реализации. Это потребовало необходимости проверки нахождения исследуемого объекта в линейном или квазилинейном состоянии. Поэтому, была разработана процедура проверки нахождения системы в *стационарном режиме* (СР) [6].

Разработанные программные средства идентификации компартментной структуры КРС на базе ММР позволяют находить по получаемым экспериментально марковским параметрам  $y(t)$  в виде ЧСС адекватные исследуемым КРС математические модели. Идентифицируемые модели строятся на базе разностных уравнений и возникает вопрос о переходе от *разностных уравнений* (РУ) к *дифференциальным уравнениям* (ДУ). Для РУ с помощью ЭВМ производится структурная идентификация моделей КРС, отыскиваются точки катастроф, при которых наблюдается нелинейность в поведении НМС или структурные изменения в целом, выбор оптимальной длительности  $\tau$  внешнего воздействия на КРС и максимальной длительности  $T$  наблюдения за реальной КРС после воздействия на неё возмущением.

**Компартментно-кластерная теория биосистем и фазатона мозга.** Впервые четко сформулированное положение о наличии фазической и тонической регуляторных систем было сделано в 1906 году Ч. Шеррингтоном. В соответствие с фазатонной теорией, вегетативное и нейромоторное регулирование имеет ряд принципиально общих системных структурно-функциональных признаков. Существует тесная связь между тонической моторной системой и парасимпатическим отделом вегетативной нервной системы с задействованием холинергического нейротрансмиттерного механизма, а также между фазической моторной системой и симпатическим отделом вегетативной нервной системы с задействованием катехоламинергического нейротрансмиттерного механизма. Таким образом, можно *рассматривать тонический моторно-вегетативный системный комплекс* (ТМВ) и *фазический моторно-вегетативный системный комплекс* (ФМВ), между которыми происходит в физиологических условиях непрерывное нейродинамическое балансирование. Согласно такой фазатонной модели нарушение сбалансированности ФМВ- и ТМВ-системных комплексов может быть причиной возникновения не только двигательных, но и вегетативных нарушений. Все это подтверждается многочисленными исследованиями [1-5,10].

Итог всех этих исследований – признание существования взаимосвязанных фазических и тонических моторных систем, которые могут превалировать в развитии патологии или выступать приблизительно одинаково в развитии различных дискинезий. Из этой схемы следует, что для ослабления гиперактивности тонической системы необходимо использовать центральные холинолитики, которые усиливают допаминергическую передачу. Наоборот, при гиперактивности фазической системы необходимо применять адренолитические препараты (и выключение *VOP* части вентролатерального комплекса ядер таламуса) [5,7-11].

В целом, становится очевидным, что ослабление допаминергического звена катехоламинергической системы приводит к на-

рушению равновесия фазического и тонического компонентов двигательной системы. С другой стороны ослабление гамкергического механизма изменяет такое равновесие в сторону превалирования катехоламинергической системы, что приводит к противоположным эффектам. Дисбаланс нейромоторных (фазической и хореической), а также нейромедиаторных (катехоламинергической и холинергической) систем приводит не только к дискинезиям, но и к вегетативным дисфункциям. Очевидно, что возможна и обратная картина, когда вегетативные дисфункции приводят к нейромоторным и нейромедиаторным дисфункциям. В этой связи уместно говорить о моторно-вегетативном гомеостазе, который обеспечивает, в целом, гомеостаз всего организма.

Регуляторные системы организма человека, в частности, ФСО, которые (КРС и НМС) составляют основу объектов настоящего исследования, организованы и функционируют по принципу организации компартментных систем, т.е. в рамках *компартментно-кластерного подхода* (ККП). Универсальность ККП объясняется сравнительно большим и универсальным набором базовых принципов организации таких систем в рамках разрабатываемой сейчас *компартментно-кластерной теории биосистем* (ККТБ). Напомним эти основные принципы в виде постулатов, которые были впервые сформулированы В.М. Еськовым в 80-х годах 20-го века.

Первый постулат декларирует: биологическая система или ее составные части (кластеры) состоят из компартментов. Под последними мы будем понимать совокупность приблизительно одинаковых (морфологически, функционально и т.д.) элементов (клеток, индивидуумов, и т.д.), которые выполняют сходные функции или обеспечивают достижение некоторой единой цели. В мышцах, двигательная единица осуществляет один акт движения, обеспечивает этот акт набором пула мышечных клеток (миофибрилл). Причем последние являются ярким примером компартментной организации. Поэтому всегда в организации нервно-мышечного акта можно выделить отдельные блоки (компартменты) специфиче-

ских или неспецифических нейронов, т.е. представить некоторую структурную компартментную схему организации нервно-мышечного управления тем или иным физиологическим актом. Аналогично и для КРС, где имеется центральная регуляция (продолговатый мозг) и периферия. Итак, первый постулат – постулат о компартментной (пуловой) организации управления любой биологической системой, в частности НМС или КРС как ФСО человека.

Между компартментами существуют связи, а сами они (компартменты) с помощью этих связей организованы в структуры (принцип взаимодействия живого или его частей – наиболее древний принцип в истории биологии). Эти связи могут быть положительными и отрицательными. Если связи между компартментами только положительны, то мы говорим о синергических системах. В таких системах коэффициенты связи между компартментами  $a_{ij}$  не отрицательны  $a_{ij} > 0$ , следовательно, матрица межкомпартментных связей  $A = \{a_{ij}\}_{i,j=1}^m$  не содержит отрицательных элементов. Это является базовым определением синергизма в ФСО, т.к. в синергетике именно наличие положительных связей и определяет синергизм.

В природе существуют информационные отрицательные обратные связи, которые математически представляются в виде функций  $P(y)$  (вентильного типа). Эти функции обеспечивают регуляцию ФСО и СТТ в целом путем перекрытия (сужения) потоков (возбуждения, массы, энергии, информации), обеспечивающих функционирование СТТ. Примеров таких связей очень много в природе: пресинаптическое торможение в ЦНС, в социуме – законы и вся государственная машина. Все это ограничивает нежелательный рост чего-либо (возбуждения, массы организма, численности или преступности населения и т.д.). Функции обратной связи  $p_{ij}(y)$  образуют матричную функцию тормозных воздействий  $P(y) = \{p_{ij}(y)\}_{i,j=1}^m$ , где  $y$  – некоторая функция выхода системы, которую реально можно наблюдать в ФСО (например, частота сердечных сокращений или эфферентные потоки биоэлектрической активности). Фак-

тически, этот и другие постулаты легализует системный подход в рамках ККП.

В БДС должны существовать структуры управления (схемы сравнения, анализа и выработки управляющих воздействий), которые бы анализировали состояние БДС по некоторым выходным параметрам (функциям)  $y$ . В простейшем случае такой орган может выполнять аддитивные действия, например,  $y=c_1x_1+c_2x_2+\dots+c_mx_m=C^T x$ , здесь  $x$  – вектор состояния БДС а  $c_i$  – весовые коэффициенты вклада вектора  $x$  в некоторую выходную величину  $y$ . Биологический смысл  $y$  может быть различный: это может быть в экологии – численность особей в популяции или уровень возбуждения в ЦНС (регистрируемый в эфферентных нервах или структурах ЦНС), концентрация некоторых регуляторных веществ (гормонов, белков и т.д.) в клетке или организме в целом и т.д. В любом случае должны существовать некоторые интегративные величины (показатели), которые должны выполнять оценочные и регуляторные функции в любой СТТ на любом уровне организации живой материи (они значимы и для организма и для исследователя), что характерно для любой ФСО [6].

Любая СТТ имеет внутри себя лимитирующий фактор, который определяется уровнем (значением) вектора состояния этой системы  $x=(x_1, \dots, x_n)^T$ . В простейшем случае зависимость скорости изменения вектора состояния ( $dx/dt$ ) от величины  $x$  может носить линейный характер, т.е.  $dx/dt \approx -bx$ , где  $b=const$  или в виде модели Ферхюльста-Пирла  $dx/dt=(a-bx)x$ , которая нами сейчас используется. Во многих случаях такой лимитирующий фактор имеет смысл диссипации (возбуждения, энергии, массы, информации), т.е.  $b$  становится коэффициентом диссипации. В случае внешних управляющих воздействий  $b$  становится функцией  $x$ ,  $y$  или других переменных. Тогда мы говорим о возможности прямого или непрямого управления в БДС и из-за этого вся система становится существенно нелинейной, а ее динамика обогащается.

Любая СТТ является открытой системой, т.е. в ней возможны потоки (возбуждения, энергии, массы, информации) как

внутри (извне), так и наружу. Эти потоки в ККТБ описываются вектором  $d=\{d_{ij}\}_{i=1}^n$  и скалярной величиной  $u$ , влияющей одинаково на все компартменты СТТ. Таким образом  $ud$  представляет внешние управляющие драйвы, которые являются в механическом аналоге сторонними внешними силами, переводящими физическую динамическую систему в неинерциальную систему отчета. Фактически это усложняет динамику БДС, путём создания элементов нелинейности. Для нервно-мышечной системы регуляции характерно наличие некоторых информационных потоков, и таким общим управляющим драйвом является активирующее влияние ретикулярной формации продолговатого мозга. Эта структура в глобальном плане обеспечивает общее состояние «бодрствование – сон», когда организм переходит от двигательной (мышечной) активности в состояние покоя. Такие управляющие воздействия оцениваются слагаемым  $ud$ , где  $d$  – вектор, описывающий воздействие на каждый компартмент; а  $u$  – скалярная величина (в иерархической модели  $u$  – матрица).

Любая компартментная система может находиться как в стационарном состоянии, так и в различных динамических режимах. Стационарное состояние описывается в математическом плане очень просто точкой покоя  $dx/dt=0$ , однако в рамках СТТ это не наблюдается. Огромное значение в биологии и медицине имеет новая трактовка статичности (гомеостаза), но сейчас в рамках ККТБ мы будем пользоваться детерминистской трактовкой. Фактически, здоровый организм в состоянии физиологического покоя представляется точкой покоя, но для БДС имеем  $dx/dt \approx 0$  (т.е. вариативностью вектора  $x$  в пределах КА в окрестности ФПС около  $x_0$  будем пренебрегать). Подчеркнём, что это не флуктуации, а именно вариативность, например, хаотическая динамика статистических функций распределения  $f(x)$  в пределах КА представляет интерес для исследователей, т.к. описывают микро- или макроэволюцию СТТ в фазовом пространстве состояний. Таким образом, настоящим постулатом мы утверждаем, что в рамках ККТБ любая БДС

может описываться системой уравнений вида:

$$\begin{aligned} dx/dt &= AP(y)x - bx + ud \\ y &= C^T x \end{aligned} \quad (1)$$

Система (1) является базовой в рамках ККП для изучения любой СТТ, а также биосистемы, находящейся в стационарном (например, физиологически относительно неизменном) состоянии, которое будет описываться вместо *квазиаттрактора* (КА) в виде точки в ФПС (КА смещается в точку).

При построении математических моделей регуляции НМС и КРС человека и животных с несколькими степенями свободы был выбран именно компартментный подход. Этот выбор определялся возможностью учета наибольшего числа базовых биологических принципов (компартментная организация управления биосистемами, диссипативность структур, наличие тормозных и возбуждающих процессов, существование информационных и возбуждающих связей между компартментами, выполнение принципов оптимального управления и иерархичность в организации КРС и НМС).

Отметим, что исследованию НМС и работы КРС в целом уделяется большое внимание со стороны физиологов и врачей. В рамках такого подхода возможно построение не только биомеханических систем, но и процессов формирования многоклеточных систем тканей, органов и организмов, т.е. систем разного уровня, включая и экосистемы. Например в серии работ В.М. Еськова [5,7,9,12-15] впервые были сформулированы определенные компартментные принципы организации и функционирования нейронных сетей дыхательного центра и мышцы как совокупности моторных единиц, т.е. групп (компартментов) мышечных волокон, иннервируемых одним мотонейроном [16,18-21]. Авторы такого подхода предполагают, что двигательная единица включается последовательно чем обеспечивается сокращение мышцы. Базовые предположения разработанной ККТБ обеспечивают описание динамики движений (дыхательных актов) человека и животных в различных условиях (включая и действие фармпрепаратов).

**Результаты моделирования синер-**

**гизма в КРС.** Возрастная динамика параметров *вегетативной нервной системы* (ВНС) женского населения Югры - Обского Севера России основывалась на методе вариационной пульсоинтервалографии. Обследовано 228 человек (ханты – 114 и приезжих – 114 чел.) трёх возрастных групп по 38 человек в каждой: 1-я группа – 18-35 лет; 2-я группа – 35-50 лет; 3-я группа – старше 50 лет. Обследованные были без патологий и жалоб на здоровье (согласно Хельсинской декларации давали добровольное согласие на обследование). Старшая группа выходила из классификации ВОЗ, т.к. там отсчёт начинается с 55 лет, но на Севере РФ законом для женщин определено начало выхода на пенсию по старости с 50 лет и мы решили эту третью возрастную группу сформировать именно из этого порога в возрасте (отнесли их в группу нетрудоспособного населения). Всего было 6 групп по 38 человек, из них 3 группы – аборигены (женщины - ханты) и 3 группы – пришлое население (работницы нефтегазового комплекса, жители г.Сургу́та и Сургутского района) [14].

Основные параметры ССС обследуемых находились в пятнадцатимерном фазовом пространстве состояний 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* – стандарт отклонения измеряемых кардиоинтервалов, мс;  $x_4$  – *INB* – индекс напряжения (по Р.М. Баевскому);  $x_5$  – *SSS* – число ударов сердца в минуту;  $x_6$  – *SPO<sub>2</sub>* – 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, мс<sup>2</sup>;  $x_{10}$  – *LF* – спектральная мощность низких частот, мс;  $x_{11}$  – *HF* – спектральная мощность высоких частот, мс<sup>2</sup>;  $x_{12}$  – *Total* – общая

спектральная мощность,  $мс^2$ ;  $x_{13} - LFnorm$  – низкочастотный компонент спектра в нормализованных единицах;  $x_{14} - HFnorm$  – высокочастотный компонент спектра в нормализованных единицах;  $x_{15} - LF/HF$  – отношение низкочастотной составляющей к высокочастотной. Определение всех этих величин производилось с помощью устройства «Элокс-1М» (ЗАО ИМЦ «Новые приборы», г. Самара). Обработка данных в рамках статистики всех  $x_i$ , производилась по программе «Statistica 6.1».

Следует отметить, что системные исследования в рамках ККТБ, уже позволяют мониторировать большие группы населения на предмет выявления синдрома эколого-профессионального перенапряжения. В исследованиях (обследовано более 3000 человек), выполненных в ЛББСС при СурГУ, установлен сдвиг показателей ВНС в сторону PAR. Например, в зимний период у обследуемых лиц, регулярно не занимающихся спортом, только 8-9% обследованных имеет несколько выраженные показатели активности симпатической ВНС. Остальные лица – парасимпатотоники. У некоторых лиц наблюдается выраженное снижение тонуса периферических сосудов (вазострикция, пульс на фалангах пальцев не регистрируется фотооптическими датчиками).

Все измеряемые в наших исследованиях с ФСО количественные показатели характеризуют состояние кардиореспираторной системы для отдельных лиц, как критические а для основной массы, как адаптационные, но с отклонением от средневропейской нормы. Ситуация усугубляется весьма высоким показателем уровня оксигемоглобина ( $HbO$ ). Основная масса обследуемых уложилась в интервал  $99 \pm 0,9\%$ . Это означает практически отсутствие компенсаторных реакций со стороны КРС на любые физические нагрузки или стрессовую ситуацию (например, по возникшим психологическим нагрузкам).

Особый научный интерес и тревогу за состояние ФСО вызывают данные по обследованию КРС на предмет выявления степени синергизма. Обследования двух групп людей (молодежь с небольшими сро-

ками проживания на Севере и лица старше 40 лет с более длительным проживанием на Севере) показали существенные различия в параметрах синергизма по реакциям систем регуляции КРС на резкие перепады температур. Исследования проводились в условиях 10 градусного перепада температуры воздуха (за 10 часов). Методика обследования базируется на ККТБ, когда испытуемому предлагается тест (30 приседаний) и регистрируется: частота сердечных сокращений (ЧСС –  $FCP$ ), систолическое и диастолическое давление (СД –  $SP$ , ДД –  $DP$ ).

Анализируя динамику изменения этих трех показателей в ответ на стандартную нагрузку в разные периоды времени (до падения температуры воздуха и после) можно построить матрицы моделей систем управления КРС и сделать выводы о степени синергичности во взаимодействии ФСО и организма в целом с окружающей средой. Матрицы моделей имеют вид ( $A_1, A_2, A_3, A_4$ ), который позволяет сделать вывод о потере синергизма в условиях перепада температур. Более существенные изменения (у менее адаптированной группы) наблюдается у лиц старшего возраста с более длительным проживанием на Севере.

Используя разработанные методы и программы можно рассчитать модели систем регуляции КРС у жителей Югории в условиях перепада температур. Матрица  $A_1$  такой модели имеет четвертый порядок ( $m=4$ ) и может быть записана в следующем виде:

$$A_1^1 = \begin{bmatrix} 0.89 & 0.00 & 0.00 & 0.00 \\ 1.00 & -4.46 & -24.46 & 0.00 \\ 0.00 & 1.00 & 5.18 & 0.79 \\ 0.00 & 0.00 & 1.00 & -1.26 \end{bmatrix}$$

Расчеты на ЭВМ с использованием нами разработанной программы ЭВМ на базе ММР и программы идентификации степени синергизма показали, что у этой матрицы собственные значения  $\lambda_i$  имеют перронов корень  $\lambda^* = 1,2$ , а сами инварианты имеют вид:  $1.20+i \times 0.00$ ;  $0.86+i \times 0.00$ ;  $-0.85+i \times 0.94$ ;  $-0.85-i \times 0.94$

Следовательно, по теореме Фробениуса-Перрона имеется возможность приведения матрицы  $A_1$  к окончательно

неотрицательному виду  $Q$ . Это значит, что для этой группы испытуемых возможен полный синергизм в системе регуляции КРС. Однако точность этой модели приближена к 5% погрешности и поэтому окончательно мы рассчитывали  $\lambda$  для модели с  $m=5$ .

В этом случае погрешность измерения резко понижается (менее 1%), а сама матрица  $A_1$  имеет порядок  $m=5$  и она может быть записана в виде:

$$A_1^2 = \begin{bmatrix} 1.611 & -1.165 & 0.000 & 0.000 & 0.000 \\ 1.000 & -0.730 & -0.022 & 0.000 & 0.000 \\ 0.000 & 1.000 & 1.301 & -2.793 & 0.000 \\ 0.000 & 0.000 & 1.000 & -3.071 & -2.864 \\ 0.000 & 0.000 & 0.000 & 1.000 & 1.408 \end{bmatrix}$$

В этом случае собственные значения такой ( $m=5$ ) матрицы  $A_1^2$  имеют перронов корень  $\lambda=1.360$ , а сами значения имеют вид  $\lambda_1=-0.842+0.969i$ ,  $\lambda_2=-0.842-0.868i$ ,  $\lambda_3=1.360$ ,  $\lambda_4=-0.42$ ,  $\lambda_5=0.885$ .

Следовательно, по теореме Фробениуса-Перрона и для этой матрицы (с  $m=5$ ) имеется возможность приведения матрицы  $A_1^2$  к окончательно неотрицательному виду  $Q$ . Это значит, что для этой группы испытуемых возможен полный синергизм в системе регуляции КРС и при повышении точности (размерности ФПС) модели КРС. В любом случае мы имеем синергизм в КРС для первой группы исследований при  $t=-10^\circ\text{C}$ . В этом примере мы показали, что только в моделировании (в рамках ККТБ) не вызывает изменение степени синергизма.

В этом случае возникает размерность ФПС ( $m=5$ ), что является реакцией КРС на резкое похолодание (переход от  $-10^\circ\text{C}$  к  $-25^\circ\text{C}$ ) в виде усложнения модели КРС.

Собственные значения матрицы  $A_4$  системы регуляции КРС 2-й возрастной группы испытуемых имеют вид:

$$0.21+i \times 0.17; 0.21-i \times 0.17; -0.09+i \times 0.22; -0.09-i \times 0.22$$

Более того, среди всех 5-ти представленных значений только одно действитель-

ное  $\lambda_i$ , имеющее небольшое значение  $\lambda_1=0,15$ .

Легко видеть, что и здесь, как и в первом случае, после падения температуры перронов корень пропадает. Это означает, что и для этой возрастной группы пропадает возможность синергических взаимоотношений в системе регуляции КРС под действием перепада температуры окружающей среды. Более того возрастает размерность в ФПС ( $m=5$ ) и все значения для  $\lambda$  четвертой матрицы имеют небольшое значение действительной части в комплексных числах.

**Заключение.** Молодые жители Югории после резкого похолодания воздуха (окружающей среды) хоть и теряют возможность полного синергизма в системах регуляции КРС (под действием резкого перепада температур), но все-таки у них меньше возникает тормозно-угнетающих связей в таких регуляторных системах, чем это наблюдается для систем регуляции КРС у жителей с большим сроком проживания на Севере РФ и с возрастом около 40 лет. Такие люди (средний возраст) более тяжело переносят перепады температуры, а потери степени синергизма в их системах регуляции КРС могут быть оценены количественно сравнительно с молодежной группой.

Разработанные новые методы оценки изменения КРС в условиях действия физических (метеотропных) и других факторов среды могут быть использованы и для оценки состояния других ФСО человека на Севере РФ. Например, они сейчас используются нами для оценки состояний именно *нервно-мышечной системы* и изменения *вегетативной нервной системы*. Состояние показателей НМС и ВНС может вместе с показателями КРС дать объективную оценку состояния центральной нервной системы – ЦНС человека, проживающего на Севере РФ.

## Литература

1. Баженова А.Е., Башкатова Ю.В., Живаева Н.В. Хаотическая динамика ФСО человека на СЕВЕРЕ в условиях физической нагрузки. Тула, 2016.

## References

- Bazhenova AE, Bashkatova YuV, Zhivaeva NV. Khaoticheskaya dinamika FSO cheloveka na SEVERE v usloviyakh fizicheskoy nagruzki [Chaotic dynamics of human FSO in the NORTH in condi-

2. Белощенко Д.В., Баженова А.Е., Щипицин К.П., Королев Ю.Ю. Эффект Еськова-Зинченко в организации произвольных движений человека в режиме повторения // Вестник новых медицинских технологий. 2017. Т. 24, №1. С. 29–35. DOI: 12737/25261  
Beloshchenko DV, Bazhenova AE, Shchipitsin KP, Korolev YuYu. Effekt Es'kova-Zinchenko v organizatsii neproizvol'nykh dvizheniy cheloveka v rezhime povtoreniya [The effect of Eskova-Zinchenko in organizing involuntary movements of a person in a repetition mode]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2017;24(1):29-35. DOI: 12737/25261. Russian.
3. Белощенко Д.В., Башкатова Ю.В., Мирошниченко И.В., Воробьева Л.А. Проблема статистической неустойчивости кардиоинтервалов в получаемых подряд выборках неизменного гомеостаза в условиях Севера РФ // Вестник новых медицинских технологий. 2017. Т. 24, № 1. С. 36–42.  
Beloshchenko DV, Bashkatova YuV, Miroshnichenko IV, Vorob'eva LA. Problema statisticheskoy neustoychivosti kardiointervalov v poluchaemykh podryad vyborkakh neizmennogo gomeostaza v usloviyakh Severa RF [The problem of statistical instability of cardiointervals in consecutive samples of unchanged homeostasis in the North of the Russian Federation]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2017;24(1):36-42. Russian.
4. Бетелин В. Б., Еськов В. М., Галкин В. А., Гавриленко Т.В. Стохастическая неустойчивость в динамике поведения сложных гомеостатических систем // Доклады академии наук. 2017. Т. 472, № 6. С. 642–644.  
Betelin VB, Es'kov VM, Galkin VA, Gavrilenko TV. Stokhasticheskaya neustoychivost' v dinamike povedeniya slozhnykh gomeostaticeskikh sistem [Stochastic instability in the dynamics of behavior of complex homeostatic systems]. Doklady akademii nauk. 2017;472(6):642-4. Russian.
5. Гавриленко Т.В., Якунин Е.В., Горбунов Д.В., Гимадиев Б.Р., Самсонов И.Н. Эффект Еськова-Зинченко в оценке параметров теппинга // Вестник новых медицинских технологий. 2017. Т. 24, № 1. С. 9–14.  
Gavrilenko TV, Yakunin EV, Gorbunov DV, Gimadiev BR, Samsonov IN. Effekt Es'kova-Zinchenko v otsenke parametrov teppinga [The effect of Eskova-Zinchenko in the estimation of the thermic parameters]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2017;24(1):9-14. Russian.
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.  
Dudin NS, Rusak SN, Khadartsev AA, Khadartseva KA. Novye podkhody v teorii ustoychivosti biosistem – al'ternativa teorii A.M. Lyapunova [New approaches in the theory of biosystems stability – alternative to a.m. lyapunov's theory]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2011;18(3):336. Russian.
7. Еськов В.М., Гудков А.Б., Баженова А.Е., Козупица Г.С. Характеристика параметров тремора у женщин с различной физической нагрузкой в условиях севера России // Экология человека. 2017. № 1. С. 38–42.  
Es'kov VM, Gudkov AB, Bazhenova AE, Kozupitsa GS. Kharakteristika parametrov tremora u zhenshchin s razlichnoy fizicheskoy nagruzkoy v usloviyakh severa Rossii [Characteristics of tremor parameters in women with different physical activity in the conditions of the north of Russia]. Ekologiya cheloveka. 2017;1:38-42. Russian.
8. Еськов В.М., Зинченко Ю.П., О.Е. К проблеме самоорганизации в биологии и психологии // Вестник новых медицинских технологий. 2016. Т. 23, №3. С. 174–181.  
Es'kov VM, Zinchenko YuP, Filatova OE. K probleme samoorganizatsii v biologii i psikhologii [To problem of self-organizing in biology and psychology]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2016;23(3):174-81. Russian.
9. 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.  
Es'kov VM, Zinchenko YuP, Filatova OE, Veraksa AN. Biofizicheskie problemy v organizatsii dvizheniy s pozitsiy teorii khaosa – samoorganizatsii [Biophysical problems in the organization of dvizheniy from the positions of the theory of chaos – of self-organizing]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2016;23(2):182-8. Russian.

10. Еськов В.М., Филатова О.Е., Хадарцева К.А., Еськов В.В. Универсальность понятия «гомеостаз» // Клиническая медицина и фармакология. 2015. № 4 (4). С. 29–33. Es'kov VM, Filatova OE, Khadartseva KA, Es'kov VV. Universal'nost' ponyatiya «gomeostaz» [The universality of the concept of "homeostasis"]. *Klinicheskaya meditsina i farmakologiya*. 2015;4(4):29-33. Russian.
11. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Филатова О.Е., Хадарцева К.А., Литовченко О.Г. Проблема оценки эффективности лечения на основе кинематической характеристики вектора состояния организма // Вестник новых медицинских технологий. 2015. № 1. С. 143–152. DOI: 10.12737/9096 Es'kov VM, Khadartsev AA, Filatova OE, Khadartseva KA, Litovchenko OG. Problema otsenki effektivnosti lecheniya na osnove kinemacheskoy kharakteristiki vektora sostoyaniya organizma [The problem of assessing the effectiveness of treatment based on the kinematic characteristics of the body state vector]. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy*. 2015;1:143-52. DOI: 10.12737/9096. Russian.
12. Живогляд Р.Н., Данилова А.Г., Бондаренко О.А., Живаева Н.В. Параметры квазиаттракторов у больных эндометриозом при гирудорефлексотерапии // Вестник современной клинической медицины. 2013. Т. 6, № 6. С. 135–139. Zhivoglyad RN, Danilova AG, Bondarenko OA, Zhivaeva NV. Parametry kvaziattraktorov u bol'nykh endometriozom pri girudorefleksoterapii [Parameters of quasi-tractors in patients with endometriosis with hirudoreflexotherapy]. *Vestnik sovremennoy klinicheskoy meditsiny*. 2013;6(6):135-9. Russian.
13. Живогляд Р.Н., Живаева Н.В., Бондаренко О.А. Матрицы межаттракторных расстояний в оценке показателей вегетативной нервной системы жителей ЮГРЫ // Вестник современной клинической медицины. 2013. Т. 6, № 5. С. 120–123. Zhivoglyad RN, Zhivaeva NV, Bondarenko OA. Matritsy mezhatraktornykh rasstoyaniy v otsenke pokazateley vegetativnoy nervnoy sistemy zhiteley YuGRY [Matrices of intertractor distances in the estimation of autonomic nervous system indices of Ugra people]. *Vestnik sovremennoy klinicheskoy meditsiny*. 2013;6(5):120-3. Russian.
14. Живогляд Р.Н., Живаева Н.В., Бондаренко О.А., Смагина Т.В., Данилов А.Г., Хадарцева К.А. Биоинформационный анализ саногенеза и патогенеза при гирудорефлексотерапии на Севере РФ // Вестник новых медицинских технологий. 2013. Т. 20, № 2. С. 464–467. Zhivoglyad RN, Zhivaeva NV, Bondarenko OA, Smagina TV, Danilov AG, Khadartseva KA. Bioinformatsionnyy analiz sanogeneza i patogeneza pri girudorefleksoterapii na Severe RF [Bioinformation analysis of sanogenesis and pathogenesis in hirudoreflexotherapy in the North of Russia]. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy*. 2013;20(2):464-7. Russian.
15. Живогляд Р.Н., Живаева Н.В., Еськов В.В., Насирова А.Р., Чантурия С.М. Методы многомерных фазовых пространств в диагностике эффективности гирудотерапии // Вестник новых медицинских технологий. 2012. Т. 19, № 2. С. 419–420. Zhivoglyad RN, Zhivaeva NV, Es'kov VV, Nasirova AR, Chanturiya SM. Metody mnogomernykh fazovykh prostranstv v diagnostike effektivnosti girudoterapii [Methods of multidimensional phase spaces in the diagnosis of hirudotherapy]. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy*. 2012;19(2):419-20. Russian.
16. Зилов В.Г., Еськов В.М., Хадарцев А.А., Еськов В.В. Экспериментальное подтверждение эффекта «Повторение без повторения» Н.А. Бернштейна // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2017. № 1. С. 4–9. Zilov VG, Es'kov VM, Khadartsev AA, Es'kov VV. Eksperimental'noe podtverzhdenie effekta «Povtorenie bez povtoreniya» N.A. Bernshteyna [Experimental confirmation of the effect of "repetition without repetition" N.A. Bernstein]. *Byulleten' eksperimental'noy biologii i meditsiny*. 2017;1:4-9. Russian.
17. Системный анализ, управление и обработка информации в биологии и медицине. Часть IV. Обработка информации, системный анализ и управление (общие вопросы в клинике, в эксперименте) / Сидорова И.С., Хадарцев А.А., Еськов В.М. [и др.]. Тула: Изд-во ТулГУ, 2003. 203 с. Sidorova IS, Khadartsev AA, Es'kov VM, et al. Sistemnyy analiz, upravlenie i obrabotka informatsii v biologii i meditsine. Chast' IV. Obrabotka informatsii, sistemnyy analiz i upravlenie (obshchie voprosy v klinike, v eksperimente). Tula: Izd-vo TulGU; 2003. Russian.
18. Филатова О.Е., Филатова Д.Ю., Берестин Д.К., Живаева Н.В. Системный анализ, управление и обработка информации в био- Filatova OE, Filatova DYu, Berestin DK, Zhivaeva NV. Sistemnyy analiz, upravlenie i obrabotka informatsii v biologii i medi-tsine. Sostoyanie psikhofizi-

логии и медицине. Состояние психофизиологических параметров человека на Севере РФ. Тула, 2016. Т. XIII. 326 с.

19. Филатова О.Е., Хадарцева К.А., Филатова Д.Ю., Живаева Н.В. Биофизика сложных систем – complexity // Вестник новых медицинских технологий. 2016. Т. 23, №2. С. 9–17.
  20. Шакирова Л.С., Филатова Д.Ю., Ворошилова О.М., Камалтдинова К.Р. Стохастический и хаотический анализ параметров сердечно-сосудистой системы школьников в условиях широтных перемещений // Вестник новых медицинских технологий. 2017. Т. 24, №1. С. 15–20. DOI: 12737/25237
  21. Eskov V.M., Eskov V.V., Gavrilenko T.V., Vochmina Yu.V. Formalization of the Effect of “Repetition without Repetition” discovered by N.A. Bernshtein // Biophysics. 2017. Vol. 62, No. 1. P. 143–150.
- ologicheskikh pa-rametrov cheloveka na Severe RF [System analysis, management and processing of information in biology and medicine. The state of psychophysiological parameters of man in the North of Russia]. Tula; 2016. T. XIII. Russian.
- Filatova OE, Khadartseva KA, Filatova DYu, Zhivaeva NV. Biofizika slozhnykh sistem – complexity [Biophysics of the complex systems – complexity]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2016;23(2):9-17. Russian.
- Shakirova LS, Filatova DYu, Voroshilova OM, Kamaltdinova KR. Stokhasticheskiy i khaoticheskiy analiz parametrov serdechno-sosudistoy sistemy shkol'nikov v usloviyakh shirotnykh peremeshcheniy [Stochastic and chaotic analysis of parameters of the cardiovascular system of schoolchildren in conditions of latitudinal movements]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2017;24(1):15-20. DOI: 12737/25237. Russian.
- Eskov VM, Eskov VV, Gavrilenko TV, Vochmina YuV. Formalization of the Effect of “Repetition without Repetition” discovered by N.A. Bernshtein. Biophysics. 2017;62(1):143-50.