

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРОБЛЕМАМ БИОФИЗИКИ

**СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И
ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ**

Часть XII

Монография

Тула, 2015

УДК 519.25; 57.081; 57.084/085; 616-092.4

Системный анализ, управление и обработка информации.
Часть XII: монография / [В.М. Еськов, А.А. Хадарцев, М.А. Филатов и др.]; Под.ред. В.М. Еськова, А.А. Хадарцева. Тула: Изд-во ТулГУ, 2015. 232 с.

Авторский коллектив: В.М. Еськов, ЗДН РФ, д.б.н., д. ф.-м.н., проф.; А.А. Хадарцев, ЗДН РФ, д.м.н., проф.; М.А. Филатов, д.б.н., проф.; Ю.В. Башкатова, к.б.н.; В.В. Еськов, к.м.н.; А.А. Соколова, к.б.н.

Монография представляет в рамках разрабатываемой новой теории хаоса-самоорганизации новое направление в биологии и медицине сложных систем – систем третьего типа – *complexity*. Показывается резкая граница между детерминизмом, стохастикой (и детерминированным хаосом) и системами третьего типа, которые обладают 5-ю особыми свойствами (принципами самоорганизации) и которые можно описывать в рамках понятий квазиаттракторов. При изучении различий по продолжительности жизни населения Севера РФ особая роль в этой проблеме отводится состоянию сердечно-сосудистой системе жителей Севера РФ, т.к. смертность от патологии сердечно-сосудистой системы всегда превалирует (инсульты, инфаркты и сопутствующие патологии) над другими причинами.

Издание рассчитано на специалистов в области теоретической биологии и медицины, а также предназначено для врачей-практиков, интересующихся вопросами клинической кибернетики.

Рецензенты:

Член-корр. РАН, д-р биол. наук, проф. Фудин Н.А.

Член-корр. РАН, д-р биол. наук, проф. Розенберг Г.С.

ISBN 978-5-7679-3298-6

© Коллектив авторов, 2015

© Издательство ТулГУ, 2015

ПРЕДИСЛОВИЕ

Более 150 лет происходит изучение и развитие понятия гомеостаза, однако только в 21-м веке мы вплотную подошли к расшифровке этого понятия как состояния биосистемы и процесса. Сейчас эти процессы мы начали изучать с позиций *теории хаоса-самоорганизации* (ТХС), которая иным образом рассматривает и гомеостаз *функциональных систем организма* (ФСО) человека, в частности, нейровегетативный гомеостаз и регуляцию *кардио-респираторной системы* (КРС). Показывается, что традиционные представления в рамках детерминизма (функциональный анализ) или стохастики (когда возникает вероятностная неопределенность или определенность) не могут описывать гомеостазис У.Б. Кеннона и его последователей. В рамках новой ТХС показывается резкая граница между *детерминизмом, стохастикой* (и детерминированным хаосом) и *системами третьего типа* (СТТ), которые обладают 5-ю особыми свойствами (принципами самоорганизации) и которые можно описывать в рамках понятий *квазиаттракторов* (КА).

С позиций ТХС может быть изучена кинематика движения КА в *фазовых пространствах состояний*, где вводится понятие скорости эволюции сложных биосистем – *complexity*, которое отлично от определения Пригожина-Гленсдорфа. Одновременно вводятся понятия неопределенностей 1-го и 2-го типа и аналог принципа Гейзенберга для *complexity*. Все это открывает новое направление в биологии и медицине сложных систем СТТ – *complexity*. Одновременно мы подходим и к новому пониманию теории ФСО П.К. Анохина. Этот подход пытался создать в 1947 г. Н.А. Бернштейн, который ввел понятие «повторение без повторений» для биомеханических актов. Сейчас этот принцип мы распространяем на КРС и другие ФСО как общий принцип организации гомеостатических систем – живых систем – (СТТ).

Патология *сердечно-сосудистой системы* (ССС) существенно влияет на работоспособный период жизни человека, а улучшение показателей ССС всегда и однозначно может обеспечить пролонгацию жизни. Поэтому изучение различий по продолжительности жизни между коренным и пришлым муж-

ским и женским населением Севера РФ базируется именно на состоянии ССС.

При изучении различий продолжительности жизни между мужским и женским населением Севера РФ особая роль в этой проблеме отводится состоянию ССС жителей Севера РФ, т.к. смертность от этой патологии всегда превалирует (инсульты, инфаркты) над другими причинами. Патология ССС существенно влияет и на работоспособный период (инфаркты и инсульты приводят к инвалидности). Улучшение же показателей ССС всегда и однозначно может обеспечить и пролонгацию жизни (увеличение числа долгожителей) и пролонгацию работоспособного периода. Для развития промышленности и освоения Севера последнее особенно актуально. Необходимость решения проблемы старения и долгожительства населения Севера РФ требует новых подходов и нового понимания механизмов старения человека, проживающего на Севере. При этом особая проблема – это долгожительство. На решение этой проблемы с позиций анализа состояния ССС и направлены наши исследования в сравнительном аспекте (для аборигенов и пришлого населения Югры) на примере женского населения Югры. Долгожительство на Севере РФ среди женщин в десятки раз более частое явление, чем для мужчин (особенно для ханты).

Изучение основных закономерностей и физиологических механизмов адаптации пришлого населения в сравнении с аборигенами Севера имеет большое значение для сохранения и развития здоровья не только малочисленных народностей, но и переселенцев. Сравнительный анализ параметров ФСО коренного и пришлого населения (в возрастном аспекте) дает возможность выявлять корреляцию в организации функций организма человека на Севере [31, 35, 41, 47].

Не менее важной проблемой адаптации организма населения Югры является биологический потенциал долгожительства народов (как ханты, так и мигрантов). Возникает вопрос о длительной адаптации к особым северным условиям и её влиянии на общую продолжительность жизни на Севере России. Эта проблема имеет общебиологическое и экологическое значение для жизни всех северных народов мира, а в аспекте возможностей глобального похолодания (как альтернативы глобальному

потеплению) эта проблема приобретает и общемировое значение (она актуальна для всего населения Земли). Реально снижение качества жизни коренного населения Севера РФ за счет урбанизации и проблема возможных генетических изменений под действием особых условий Севера. Все это определяет важную общую биомедицинскую проблему долголетия жителей Северных территорий РФ и многих других северных стран мира [30, 47, 141], как и проблему увеличения работоспособного возраста в условиях Севера.

В этой связи, установление различий в показателях параметров ССС и ее регуляции со стороны *вегетативной нервной системы* (ВНС) коренного и пришлого населения, на основе новых математических методов ТХС, разработанных в СурГУ научной биофизической школой является весьма важной задачей современной физиологии и экологии человека на Севере. Это также является поводом для создания и развития новых методов обработки информации в изучении поведения сложных биосистем, которыми являются ФСО человека на Севере. Одна из задач в этом направлении – установить закономерности изменения параметров ВНС разных возрастных групп женщин населения Югры, а также аборигенов и пришлого населения ХМАО.

Исследования хаотической динамики параметров кардиоинтервалов коренного населения северных территорий РФ позволяет выдать прогноз на долгожительство. Во-первых – возникает возможность определения биологического потенциала долгожительства по параметрам КА и уровню показателя *симпатической ВНС* (SIM). Во-вторых – появляется возможность выявления отличительных особенностей параметров ССС коренных жителей и пришлого населения. В-третьих – можно выявить механизмы регуляции ФСО человека в неблагоприятных климатических условиях, особенно в свете повышения уровня климатической нестабильности [35, 78, 79, 83] по всему северу Планеты. В последнем случае проблема пролонгации жизни человека на Севере будет особенно актуальна, т.к. промышленное освоение Севера требует увеличения продолжительности работоспособного возраста (это снизит поток трудовой миграции, которая весьма затратна) [82, 83].

Глава I

ТРИ ПОДХОДА В ТЕОРИИ ФСО И ГОМЕОСТАЗА: КАРДИО-РЕСПИРАТОРНАЯ СИСТЕМА ЯВЛЯЕТСЯ ХАОТИЧЕСКОЙ РЕГУЛЯТОРНОЙ СИСТЕМОЙ

1. Эволюция понятия гомеостаза.

От детерминизма к стохастике и хаосу-самоорганизации

В самом термине *гомеостаз* (гомеостатичном регулировании, как процессе) заложено два противоречивых понятия. С одной стороны в переводе с греческого первой части этого термина мы имеем понятие «подобный», но иногда говорят и о термине – одинаковый. Строго говоря, это разные термины, так как треугольники могут быть подобными, но не одинаковыми (у них может быть разная площадь, например). Вторая часть термина означает состояние (и одновременно неподвижность). Состояние тоже может быть подвижным (состояние тела, которое равномерно движется и подчиняется 1-му закону Ньютона, где само движение относительно), или неподвижным [37, 200]. Исходя из этих позиций, возникает проблема гомеостатического регулирования КРС в рамках новой ТХС, которая выходит за рамки традиционной, детерминистской и стохастической медицины.

Таким образом, в этом термине «гомеостаз» заложена комбинация двух противоречий: «подобный не есть одинаковый» и «состояние не обязательно является неподвижным». Сразу отметим, что комбинация этих четырех связанных, но не эквивалентных (или одинаковых) терминов раскрывает всю суть противоречий не только самого понятия «гомеостаз» и процесса гомеостатичного регулирования, но эта комбинация имеет более широкие последствия для биологии, медицины и естествознания в целом. Некоторая противоречивость этого термина – это малая часть глобальных противоречий в динамике самих гомеостатичных систем, в их особых свойствах, которые весьма затруднительно описывать с позиций *детерминистского или стохастического подходов* (ДСП) [21, 23, 120, 164].

Неопределенность в терминологии обусловлена глобальной неопределенностью свойств и динамики поведения любых (сложных) биосистем – *complexity*, которые являются уникальными системами и по определению *I.R. Prigogine* [243-245] не могут являться объектами современного ДСП. Сейчас же мы уже и добавляем – и современной *теории хаоса* (в частности, детерминированного хаоса) в интерпретации Арнольда-Тома [2, 17, 183, 206].

Расширяя этот тезис о неопределенности и непредсказуемости гомеостатических систем, мы приходим к пересмотру таких фундаментальных понятий в естествознании как: «определенность – неопределенность» и «прогнозируемость – непрогнозируемость». Требуют расшифровки также понятия подобия, схожести, эквивалентности и равенства при описании динамики и стохастического описания сложных биосистем – *complexity*. Мы сейчас приходим к новой трактовке понятия стационарного состояния биосистем и их движения (какого движения и движения чего?). В этой связи мы должны ввести и новые понятия относительности. Последнее касается относительности движения вектора состояния биосистемы (*complexity*) в *фазовом пространстве состояний* (ФПС), относительности ФПС определенности (или вероятностной неопределенности) значений *вектора состояния (сложной) системы* (ВСС) в виде $x=x(t)=(x_1, x_2, \dots, x_m)^T$, когда размываются границы движения ВСС в фазовом пространстве состояний, когда движение может считаться покоем, а покой – реальным движением. Возникают другие понятия относительности движения ВСС в ФПС и возникают неопределенности 1-го и 2-го типов [123, 133].

Последнее означает выход за пределы неопределенности детерминированного хаоса, о которой говорил *M. Gell-Mann* в своей известной работе [238], и выход за пределы определенности (или неопределенности), которая общепринята в стохастике в виде функций распределения $f(x)$. При этом оказалось [109], что особые гомеостатические системы, которые мы определяем как *системы третьего типа*, не являются объектом ДСП. Это остро чувствовал в конце своей жизни *I.R. Prigogine*, что послужило поводом для написания его двух известных статей [243-245], в которых он отказывался изучать уникальные системы

(СТТ) в рамках ДСП и вообще отказывался от материализма при изучении биосистем (точнее говоря он отказывался от детерминизма и стохастики в изучении *complexity*). К этому приблизился и второй нобелевский лауреат J.A. Wheeler [248], который тоже пытался сформулировать описания *complexity* с позиций ДСП и при этом ощущал принципиальные сложности на этом пути, на которые еще 66 лет назад обращал внимание W. Weaver в своей фундаментальной статье о сложности [247].

В действительности все эти три основных положения (или проблемы) о теории *complexity*, о глобальной неопределенности СТТ и о невозможности их описания в ДСП составляют сейчас основу *теории хаоса-самоорганизации*. Однако суть этих проблем так и не была раскрыта, а высказывания Пригожина трактовались дословно, т.е. как отрицание материализма [112, 132, 245]. Только в ТХС [21, 23, 120, 164] был представлен принципиальный водораздел между детерминизмом, стохастикой, детерминированным хаосом Арнольда-Тома и развиваемыми сейчас новыми подходами в оценке свойств и динамики поведения СТТ – *complexity* на примере *гомеостаза*. Все оказалось гораздо сложнее и интересней [57, 129]. Были введены 5 принципов организации СТТ [140, 207] и получены многочисленные доказательства их (СТТ) отличий от объектов ДСП. Более того, была составлена таблица 13-ти отличий ТХС от ДСП и она сейчас постоянно представляется на обложке журнала «Сложность. Разум. Постнеклассика» («Complexity Mind Postnonclassic», <http://www.esrae.ru/cmp/>).

В этом наборе отличий (и противоречий) между ДСП и ТХС ведущее место занимают два: отсутствие возможности произвольного повторения начальных значений $x(t_0)$ вектора состояния системы $x=(x_1, x_2, \dots, x_m)^T$ (а тогда нет задачи Коши) и особый хаос СТТ, который не является детерминированным хаосом, а значит и СТТ – не объект ДСП. Именно особые свойства СТТ и особенности их динамики (в том числе отсутствие и *стационарных режимов* (СР), и обеспечивают понятие гомеостаза для *complexity*. Более того, это понятие весьма сложно представить в виде детерминистской стационарности ($dx/dt=0$), или в виде неизменности функций распределения $f_j(x_i)$ для j -й выборки всех компонент x_i ВСС в ФПС. Невозможно описывать СТТ и в рам-

ках детерминированного хаоса [21, 23, 120, 164], о котором настойчиво говорили *M. Gel-Mann* [238], *J.A. Wheeler* [248] и *I.R. Prigogine* [243-245]. Это последнее утверждение особенно чувствительное для ДСП, т.к. все выше указанные нобелевские лауреаты обращались именно к детерминированному хаосу, как способу описания *complexity*. Однако, действительность оказалось гораздо сложнее. Эта сложность базируется на особой динамики *гомеостаза* и иного понимания стационарных режимов *complexity*, в которых *гомеостаз* обеспечивает устойчивость СТТ. Все это в полной мере относится и к параметрам ФСО, в частности, к КРС как гомеостатической системе.

Предпосылки понимания гомеостаза как особого состояния внутренней среды живого организма, которое отличное от внешней среды, впервые начал вводить Клод Бернар (1813-1878). Основные положения своей теории он изложил в известной работе «Введение в экспериментальную медицину» (*Bernard C. Introduction a la medicine Experimentale. Paris, 1952. original, 1864*). В этой работе Бернар отмечал «Постоянство или стойкость внутренней среды, гармонический набор процессов, являются условием свободной жизни организма». Именно в этой работе человечество впервые вплотную подошло к понятиям «регуляция», «живые системы с особыми свойствами», которые в дальнейшем для специалистов в области *общей теории систем* (ОТС) и биофизиков, работающих в области неравновесных систем, послужили основой для развития многих новых направлений ОТС, кибернетики и синергетики. Отметим, что *Bernard* специально ввел эти два понятия как целостное одно (постоянство как стойкость), т.к. это все-таки два разных понятия, но имеющие общий корень (стой, стоять). Однако, особых результатов с позиций ДСП в изучении гомеостаза мы не получили и не получим в будущем, если исходить из понятий ДСП, современной науки, т.к. в гомеостазе постоянно не только начальное состояние биосистемы $x(t_0)$ и $f(t)$ непрерывно изменяется а детерминированного хаоса тоже нет [21, 23, 120, 164].

Значительно позже (спустя 100-150 лет) наука начала детализировать понятия внутренней среды (как глубокий, антиэнтропийный уход от традиционного термодинамического равновесия) и свободной жизни организма от внешней среды. Гомео-

статическому регулированию КРС особое внимание уделяли И.М. Сеченов и И.П. Павлов, а также целая плеяда физиологов СССР.

После работ К. Бернара, в первой половине 20-го века, Уолтер Бредфорд Кеннон (1871-1945), анализируя особенности висцеральных функций живого организма (на примере пищеварения) и ряда нейрогуморальных процессов, вводит понятие саморегуляции физиологических процессов. В своей известной работе «Мудрость тела» (Cannon W. *«The Wisdom of the Body»*. New York, 1963 (original, 1932)) он впервые вводит понятие «гомеостаза». Расширяя это понятие до общих кибернетических рубежей, но несколько позже, У.Р. Эшби (1903-1972) начал говорить о *гомеостазисе* (как свойстве исходно человекомерных систем) любых сложных систем, находящихся в динамическом равновесии. Сейчас этот термин все чаще используют и для описания социальных систем, которые в своей динамике имеют много общего с организмом отдельного человека (все такие системы мы сейчас обозначаем как *системы третьего типа*). Существенно, что СТТ весьма затруднительно описывать в рамках детерминизма (на основе функционального анализа) или стохастики. На это указывал еще в 1948 г. W. Weaver [247], который и ввел понятие трех типов систем. Однако особый смысл СТТ и до настоящего времени в науке не раскрыт!

Следует отметить, что сам Кеннон понимал неустойчивость различных систем, отмечая эту особенность так: «... у живых существ, — включая, возможно, мозг, нервы, сердце, легкие, почки, селезенку, действующие совместно (взаимодействующие), ... я предложил особое определение этих состояний, гомеостазис. Это слово не предполагает что-либо постоянное или какое-то застойное явление. Оно означает условие, которое может изменяться, но которое относительно постоянно». Последнее понятие (относительно постоянно) до настоящего времени в ДСП не расшифровано и оно явилось основой для изучения в ТХС [120, 164]. Отметим, что эта относительная постоянность выходит за рамки детерминизма (где $dx/dt=0$), стохастически (где $f(x)$ должна сохраняться) и за рамки детерминированного хаоса (где должны быть равномерные распределения). СТТ не объект ДСП, гомеостазис КРС не может быть описан в рамках обычной статистики [133, 141].

Таким образом, понятие *гомеостазис* (как особого состояния внутренней среды организма) возникло из наблюдений и исследований физиологов, но было значительно расширено на многие сложные системы (и не только биосистемы) – *complexity*, которые подобны организму человека. Как результат такого развития, т.е. расширения этого понятия, мы приходим к синергетическим системам, которые обладают особыми свойствами и которые весь 20-й век в рамках ОТС (начиная от Л. фон Бергталанфи) пытались изучать и описывать в основном в рамках детерминистского или стохастического подходов, т.е. ДСП. Упоминая всю эту хронологию, мы обязательно должны говорить и о теории *функциональных систем организма* человека, ранее (30-е годы 20-го века) разрабатываемой П.К. Анохиным, а сейчас его научной школой [16, 63, 77]. Однако, эта область знаний о предтечах синергетики – особая область, требующая отдельного большого исследования. При этом особо выделим: до настоящего времени гомеостаз изучается только с позиций ДСП (и теория ФСО тоже), а это создает большие трудности в его изучении из-за наличия неопределенностей 1-го типа. Подчеркнем, что в теории ФСО П.К. Анохин понятием полезного конечного эффекта для организма дополнял, фактически, *гомеостазис* Кеннона [200].

В ходе развития самого понятия гомеостаза всегда вне пределов обсуждения оставалась проблема особых свойств объектов, подобных организму человека, которые действительно обладают особыми свойствами гомеостатических объектов (С.П. Курдюмов и В.С. Степин их обозначили как человекомерные системы – *complexity*) [141, 192, 235]. Забегая вперед, необходимо отметить, что до конца 20-го века к этим особым свойствам относили следующие: гетерогенность таких сред, их способность к саморегуляции и некоторому развитию, наличие механизмов, которые устойчиво поддерживают различные градиенты (температуры, концентрации, давления и т.д.) в указанных внутренних средах (в свободной жизни организма). Более того, именно эта свобода (начиная от ухода от термодинамического равновесия, общепринятого в физике) и возникла из-за устойчивого существования разных градиентов. И самым большим признаком «свободы» биосистем является градиент температуры.

Как только организм зафиксировал свою внутреннюю температуру (36,6 °C по Кеннону – это и есть мудрость тела), так с этого и началась свобода (в том числе и в работе мысли – нет переохлаждения или перегрева мозга, он работает нормально и всегда!). Условное стационарирование температуры тела – это действительно выдающееся достижение эволюции млекопитающих, но этот физический параметр, как и биохимические, биоэлектрические параметры организма, являются характеристиками *гомеостаза*, его параметрами x_i в *фазовом пространстве состояний*, где непрерывно и хаотически движется их ВСС $x(t)$ по всем своим компонентам $x_i(t)$ [133, 141].

Однако любая свобода (в первую очередь начиная от термодинамического равновесия) требует создания устойчивых потоков и градиентов и главные из них – энергетические (пищевые, тепловые, а на макроуровне для человека – они возникают искусственно, в виде жилья). Только при обеспечении физиологических и психических свобод для человека начинаются другие свободы: в получении и обмене информации, передвижении, образовании различных групп и сообществ индивидуумов. Именно внутренний гомеостаз дает человеку различные свободы телу и духу, выбору из множества реальностей и возможностей только тех, которые оптимизируют жизнь любого живого существа и особенно человека. Все это – аргументы в пользу важности самого термина, истории его возникновения, но не в сторону познания его смысла и развития новых представлений о гомеостазе [37, 200].

В целом, рассматривая понятие гомеостазиса человека и целых урбанизированных экосистем в условиях искусственных экосистем, мы постоянно должны помнить о необходимости поддержания устойчивых потоков энергии и (как следствие) трофических потоков. Иными словами, *гомеостазис* отдельного организма человека всегда будет требовать создания особых искусственных потоков во внешней среде. В противном случае наступит термодинамическое равновесие в виде смерти отдельного человека или целой экосистемы. Все это расширяет границы применения и понятия гомеостаза: от гомеостаза организма отдельного человека до гомеостаза колонии людей в искусственных экосистемах. В этих случаях тоже нужно создавать (уже

искусственно) градиенты и потоки на границах перехода внутренней среды (закрытая экосистема и люди, живущие в ней) и внешней среды (космоса, условий жизни на отдельной планете), придется эксплуатировать внешнюю среду как это делает сейчас организм каждого человека [80-82].

Такая проблема имеет экологические, физиологические, физические и другие аспекты, но в целом это проблема «человек и среда обитания». При этом главной особенностью подобных биосистем (например, организма отдельного человека и экосистемы в космосе) является постоянное *мерцание* (хаотическое движение) *вектора состояния биосистем* в ФПС и его постоянная эволюция. Последнее проявляется в постоянном (возможно, телеологическом) движении области фазового пространства, внутри которой движется ВСБ, в определенном направлении. Подобная эволюция была описана в теории смены любой парадигмы (Т. Кун) и в теории эволюции любой сложной системы, характеризуемой понятиями: возникновение, расцвет, спад, смерть (разрушение). В теории *гомеостаза* на основе новых подходов в рамках ТХС такая самоорганизация наблюдается с возрастом у каждого человека [21, 23, 120, 164]. В целом, любой гомеостаз трудно представить без *эволюции*.

В любом состоянии ВСС в виде $x=x(t) = (x_1, x_2, \dots, x_m)^T$ для таких сложных, синергетических систем, их *гомеостаз* будет характеризоваться основными свойствами: кластеризация и компартментализация, мерцание ВСС в фазовом пространстве в пределах некоторой ограниченной области фазового пространства *квазиаттрактора*, эволюция таких КА в ФПС и, наконец, возможность хаотически изменять параметры КА в виде их объемов V_G . Все это относится к пяти особым свойствам сложных (синергетических) систем, к которым, в первую очередь, относится организм человека в целом, и его ФСО (в виде кластеров), обеспечивающих *гомеостаз* [37, 200].

Таким образом, современная трактовка *гомеостаза* (как особого состояния организма) в рамках третьей (синергетической) парадигмы дает нам новое понимание этого термина (как особого состояния *complexity*). Ранее, в рамках ДСП, «неподвижное состояние» описывалось условиями для ВСБ в виде $dx/dt = 0$ или $x_i = const$, а с позиций стохастики в виде неизмен-

ности функций состояний $f_j(x_i)$, где j – номер серии наблюдений (за интервал времени Δt_i). Теперь мы можем говорить о некоторых постоянных (условно) параметрах *квазиаттракторов*. Последнее касается как объемов V_G для КА, так и координат их центров в ФПС. Гомеостаз (как состояние биосистемы и ее ВСС в ФПС) теперь может быть представлен условным постоянством КА. При этом сам ВСС $x(t)$ непрерывно и хаотически движется внутри КА, а его параметры непрерывно дают $dx/dt \neq 0$. Для гомеостаза необходимы следующие условия: $V_G \approx const$, $x_i^c \approx const$, здесь x_i^c – координаты центров КА, внутри которых непрерывно и хаотически движется ВСС в виде $x = x(t) = (x_1, x_2, \dots, x_m)^T$ [133, 141].

В этом случае координаты ВСС x_i будут реально описывать сам процесс гомеостатизирования, которое существенно отличается от традиционных ДСП-понятий стационарности. Понятие *гомеостаза* (как особого состояния биосистемы) не может быть описано в рамках традиционной науки, т.к. возникает большая проблема в понятии статичности (как неизменности параметров ВСС или как неизменности самого состояния (и структуры) биосистемы). Рассмотрим все выше обозначенное (гомеостазис как процесс, стационарность ВСБ, *квазиаттракторы*) в рамках ДСП [141] и нового подхода в виде ТХС [62-68, 79-85]. При этом подчеркнем, что по параметрам ВСС мы не можем получить никакую статичность ($dx/dt \neq 0$ непрерывно и функции распределения $f_j(x_i)$, где j – номер выборки, для всех компонент x_i непрерывно изменяются), но термин «одинаковое состояние» – гомеостазис все-таки остается.

Мы уже многократно объясняли, почему гомеостатичные системы (СТТ) не являются объектом современной науки. Для нас СТТ, *complexity* и *гомеостатичные системы* являются синонимами или сходными понятиями. Более 40 лет длилась дискуссия между И.Р. Пригожиным (сторонником термина и понятия «*complexity*») и *H. Haken*, который говорил о 10-ти свойствах синергетических систем (при этом в синергетике он выделял главное – системное свойство, когда элемент системы не может представлять всю систему). Однако, термин *complexity* и сейчас вызывает скепсис и критику: *Seth Lloyd*, например, представил в 90-х годах 20-го века более 30-ти определений *complexity* и это

вызвало критику со стороны *J. Horgan* [241]. Сама же синергетика так и не получила своего собственного математического аппарата (да и принципов всего оказалось 5, а не 1, как у *Haken* [239]). Иными словами дискуссия между теорией *complexity*, синергетикой, а теперь уже и ТХС остается открытой [140, 207, 152, 160, 183, 194].

Условно, дискуссия между *complexity* и *синергетикой* закончилась присоединением *синергетики* к теории *complexity*, а вот раскрытие понятия сложности во всем его многообразии так и осталось за кадром. Сейчас можно просто говорить, что сложность – это живые системы, а их *гомеостаз* – это синоним сложности. Тогда сразу возникает скепсис у многих физиков: что мы все-таки изучаем в самом *гомеостазе* (в живых системах)? Если мы не можем дать определение *системам третьего типа*, то, что такое *гомеостаз*? Согласимся с тем, что ответить на этот вопрос – это дать определение жизни, но это очень сложная задача [37, 200]. Однако ее решение можно выполнить только в рамках биофизики и только самими биофизиками [21, 23, 120, 164], т.к. биофизика – это мостик между ДСП и реальными свойствами живых систем, СТТ. Только биофизика (из-за ее междисциплинарности) может и должна дать определение *гомеостазу* и жизни вообще.

Что такое жизнь и каково её определение? Если кратко пытаться дать ответ на этот вопрос с позиции определенных свойств живого (или принципа организации), то мы в ТХС [141, 207] даем определения 5-ти принципам организации СТТ и этим можно ограничить ответ на вопрос о жизни. Однако попытки определения живых систем не прекращаются. Имеются два обширных обзора Г.Р. Иваницкого [63, 68] и В.В. Смолянинова [69, 74], которые систематизировали признаки жизни и представили основные подходы в идентификации живых систем с позиций ДСП. Однако, главная проблема во всех этих обобщениях – это полная неопределенность в динамике поведения параметров ВСБ для биосистем. Поэтому, проблема неопределенности *complexity* (живых систем, СТТ) составила основу и в ТХС, и в разработке методов изучения СТТ (например, *гомеостаза*) [21, 23, 120, 164]. Отметим, что неопределенность в ТХС имеет 4-е фундаментальных направления: неопределенность стационарных режимов, 1-й и

2-й тип неопределенности, неопределенность будущего и неопределенность самого определения СТТ. Последнее требует признания основных принципов функционирования живых систем (в ТХС их 5) и создания некоторого формального аппарата для описания СТТ [120, 164, 207].

Если дать определение жизни, то одновременно получим ответ на вопрос: что такое *гомеостатические системы* (для нас это СТТ – *complexity*) и что такое *гомеостаз*? Однако, вместо перечисления свойств СТТ и их определений мы можем представить большое число публикаций [1-5, 95-100, 133, 141], в которых дается ответ на этот фундаментальный вопрос с другой позиции: почему СТТ – это не объект ДСП? Во введении мы кратко попытались ответить на этот вопрос, а сейчас представим развернутый ответ на вопрос о *гомеостатических системах* на основе расшифровки понятия неопределенности (или условности определенности) СТТ. Иными словами можно сказать сейчас почему СТТ – это не объект ДСП-науки, почему СТТ не могут описываться в рамках детерминизма, стохастики и детерминированного хаоса. Первоначально мы постараемся представить доказательства того, что СТТ – это не объект ДСП-науки.

Главная проблема отличия СТТ от объектов ДСП заложена в отсутствии возможности произвольного повторения любых начальных параметров $x(t_0)$ вектора состояния СТТ в виде $x=x(t)$. В m -мерном *фазовом пространстве состояний* мы не можем произвольно в любой другой момент времени $t \neq t_0$ попасть в точку с координатами $x(t_0)$. Начальное значение СТТ неповторимо и $x(t_0)$ можно повторить только в пределах некоторых *квазиаттракторов*, их объемов V_G [141]. Поэтому для СТТ любая траектория ее ВСС в ФПС будет иметь уникальный характер, а изучение таких траекторий носит ретроспективный характер, как в любом историческом процессе. В этом смысле история – это наука о гомеостазе социальных систем [207]. Повторить $x(t_0)$, или любую траекторию ВСС и его конечное состояние $x(t_k)$ в ФПС, – для СТТ невозможно, и не только в точности, но и в рамках их функции распределения $f(x)$, включая и для $x(t_0)$. СТТ – это уникальные системы с уникальными динамиками $x(t)$ [141, 193, 207]. Для них нет задачи Коши ($x(t_0) \neq const$) и их невозможно описывать в рамках функциональ-

ного анализа (траекторию невозможно повторить в ФПС), нет для СТТ и прогноза (ретроспективно безусловно это возможно) будущего состояния ВСС в ФПС.

Все это означает, что для таких систем (СТТ) не только их будущее состояние $x(t_k)$ невозможно прогнозировать, но и прошлое состояние (в виде $x(t_0)$ и траектории в ФПС) невозможно произвольно повторить в ФПС. СТТ – уникальные системы, про которые И.Р. Пригожин говорил [245], что они не объект современной науки. Мы добавляем – есть трудности их описания с позиций *детерминизма, стохастики и детерминированного хаоса*, но в рамках ТХС можно изучать СТТ. Более того, можно описывать статистические и кинематические характеристики сложных биосистем без задания $x(t_0)$, их функций распределения $fj(xi)$. При этом прогноз СТТ возможен только в условиях действия *временных управляющих воздействий* (ВУВ). Поскольку мы опубликовали множество статей, в которых представлены примеры уникальности СТТ, то сейчас мы только акцентируем внимание на стационарном режиме СТТ и их эволюции. Подчеркнем, что стационарность (в смысле «мерцание») и эволюция – это два из 5-ти фундаментальных свойств (а принципов функционирования) СТТ.

Отметим, что дальнейшее развитие понятия *гомеостаза* будет определяться динамикой развития ТХС, что связано с фундаментальной перестройкой подходов, определений, понятий при изучении сложных биомедицинских систем. Осознание этого базиса может происходить в рамках оценки эмпирических данных с позиций статистики и детерминированного хаоса, т.е. ответа на вопрос: СТТ – это хаотические системы или они другие? Для ответа на этот вопрос мы представили десятки монографий и сотни статей, но ряд характерных примеров следует повторить. С функциональной точки зрения (а это основа современной биофизики) имеется два принципиальных момента: статика и кинематика СТТ – *complexity* [141]. Остановимся на них несколько подробнее.

Отметим, что в ТХС мы различаем два типа движений: движение $x(t)$ в пределах КА (это стационарное состояние СТТ в ФПС и обычное движение в ДСП, к которому применимы все статистические методы расчета); движение КА в ФПС как эво-

люция СТТ. В последнем случае мы будем рассматривать движение КА в виде движения его центра и изменения объема V_G .

Тогда мы должны признать, что статика *complexity* является аналогом принципа Гейзенберга для СТТ. Действительно с момента выхода работ Шмальгаузена, Рашевского, Лотки и Вольтерра прошло уже более 70-ти лет, но проблема построения некоторого единого подхода в теоретической биофизике остается открытой. Существенным пробелом здесь остается отсутствие классических разделов (столь характерных для теоретической физики), например, в виде классической механики (биомеханики) и аналога квантовой механики в динамике поведения сложных систем (*complexity*). При этом на молекулярно-клеточном уровне (в биофизике) мы имеем несомненные достижения и успехи (в виде изучения наследственности, строения и функций мембран и др.). При переходе к сложным динамическим системам с самоорганизацией проблема прогнозируемости таких систем и даже возможности повторения их начального состояния (в виде $x=x(t_0)$ или любой динамической траектории ВСС в ФПС) остается принципиально нерешенной. На это обращал внимание и *M. Gell-Mann* в своём известном сообщении по проблеме неопределённости для *complexity* [238]. В ТХС эта проблема переходит в проблему отсутствия стационарных режимов СТТ (с позиций ДСП). Принципиальная непредсказуемость и неповторимость динамики поведения сложных динамических систем обусловлена особыми свойствами сложных биосистем, которые мы сейчас определяем как *системы третьего типа*. В современной теоретической биофизике СТТ обозначают как *complexity*, но при этом нет строгого определения этих систем и их свойств [141], хотя в ТХС мы это реализовали в виде 5-ти принципов организации СТТ.

Отметим, что первые попытки ввести некоторые понятия о СТТ были выполнены еще 66 лет назад *Warren Weaver* в его известной публикации «*Science and complexity*» [247]. Однако, вводя понятие организованной сложности, *W. Weaver* тогда не выполнил систематизацию таких объектов, их основных свойств и, главное, не предложил методов и моделей для их описания. Традиционные физические подходы в биофизике на уровне *complexity*, как это и представлял в 50-х годах 20-го века *A. Hill*,

не дали нужных результатов [240] из-за особых свойств СТТ. Многочисленные попытки *H. Haken* [239] и *I.R. Prigogine* [243-245] в области синергетики и теории *complexity* также закончились безрезультатно в плане выделения особого математического аппарата и особых моделей для описания *complexity* с самоорганизацией. Более того, сам Пригожин в предсмертной статье «*The Die is not Cast*» [245] особым образом выделил системы в природе, которые современная наука не изучает и не описывает. Речь идёт об уникальных системах, без их повторения в пространстве и времени. Однако, именно эти системы и составляют основные объекты в биологии и медицине. Эти особые объекты (с их уникальными свойствами) уже описывали в своих обзорах Г.Р. Иваницкий [63, 68] и В.В. Смолянинов [69, 74]. Но особое свойство непрерывного мерцания и эволюции каждой *complexity* остаётся всё-таки за пределами обсуждения с позиций *детерминизма* и стохастики [21, 23, 120, 164], их невозможно описывать в ДСП.

Во-первых, все СТТ (*complexity* в трактовке Пригожина-Хакена) не имеют точек покоя в традиционном ДСП-плане. Например, для СТТ никогда их ВСС $x=x(t)$ не сможет продемонстрировать стационарный режим в виде $dx/dt=0$. Для любой СТТ их ВСС в ФПС испытывает непрерывное и хаотическое движение [141]. Это движение (как и движение электрона в условиях энергетических ограничений, например, в потенциальной яме или на определённом энергетическом уровне в атоме) ограничено определёнными рамками, накладываемыми на любые фазовые координаты x_1 и $x_2 = dx_1/dt$. Таким образом, СТТ не имеет стационарных режимов в аспекте ДСП, но их движение в ФПС всё-таки ограниченное [133, 141].

Во-вторых, в биомеханике такими фазовыми координатами являются реальные механические координаты в виде положения конечности (пальца при постуральном треморе) по отношению к регистрирующему датчику – $x_1=x_1(t)$ и скорости перемещения конечности $x_2=x_2(t)=dx_1/dt$. На фазовой плоскости вектора $x=(x_1, x_2)^T$ можно построить фазовые траектории, которые всё-таки будут иметь определённые границы в пределах фазового пространства. Эти границы образуют некоторую область в ФПС, которая характеризует физиологическое (психическое) состоя-

ние субъекта (испытуемого) и которую мы будем обозначать как КА. Объём *квазиаттрактора* (V_G) является важной характеристикой объекта и он используется сейчас нами в биологии, психологии и медицине для диагностики функций организма испытуемого [138, 201, 207]. Таким образом, КА – важная характеристика любой СТТ (*complexity*), динамики поведения их ВСС в ФПС.

В целом, все СТТ – это особый тип систем, которые находятся в непрерывной хаотической динамике и для которых отсутствует возможность какого-либо прогноза в будущем их конечного состояния $x(t_k)$. Именно это пытался сказать М. Gell-Mann в своём обращении, но только в отношении физических систем [238]. У этих особых СТТ наряду с особым хаосом имеются и механизмы самоорганизации. Поэтому сейчас разрабатываются новые методы описания *систем третьего типа* (отличных от *детерминистских* и *стохастических* систем), которые базируются на новой ТХС, которая включает в себя 5 принципов организации СТТ: компартментно-кластерное строение, свойство «мерцания» СТТ (когда непрерывно $dx/dt \neq 0$), эволюцию СТТ и их телеологическое движение к некоторому конечному *квазиаттрактору*, наконец, возможность выхода не только за 3 сигмы, но и за 10, 20-ть сигм, что в стохастике исключено полностью. Последнее свойство гигантских отклонений от координат центра КА характерно только для *СТТ-complexity*. Технические или физические системы в этом случае просто прекращают своё существование. Однако, в квантовой механике такие эффекты имеют место в виде туннельных эффектов: частица может преодолеть потенциальный барьер (выйти из ядра, например) и даже возвратиться обратно. Это гигантские отклонения, которые могут происходить крайне редко, но они совершаются и могут наблюдаться из-за быстрой эволюции квантовых частиц.

То, что СТТ имеет ограничения на фазовые координаты, может быть представлено в виде:

$$\Delta x_1 \times \Delta x_2 \geq V_G^{\min}, \quad (1)$$

где $V_G^{\min}$ – это минимальный фазовый объём, который ограничивает движение *вектора состояния системы* $x_1(t)$. Такое

неравенство подобно известному принципу Гейзенберга в квантовой механике. Для фазовых координат в виде x_1 – перемещение и x_2 – скорость этого перемещения в физике элементарных частиц принцип неопределённости накладывает ограничения в виде:

$$\Delta x_1 \times \Delta p \geq h/4\pi, (2)$$

где $p=mv$ – является импульсом частицы. Если массу перенести в правую часть неравенства (и считать ее неизменной в данном опыте), то соотношение (2) примет вид неравенства (1), где роль V_G^{min} будет играть величина $h/4\pi m=Z$, т.е. имеем:

$$\Delta x_1 \times \Delta x_2 \geq Z = h/4\pi m. (3)$$

Фактически, величина Z имеет тот же смысл, что и V_G^{min} , т.к. представляет некоторый минимальный объём фазового пространства вектора $(x_1, x_2)^T$, который накладывает ограничения на изменения фазовых координат x_1 (смещение в пространстве) и x_2 (скорость этого смещения). Неравенство (3) в квантовой механике может иметь смысл «индивидуального» неравенства для каждой частицы, т.к. правая часть содержит массу m , которая тоже зависит от самой частицы и ее скорости и, следовательно, Z будет «индивидуальной» величиной. Условно говоря, эта правая часть (Z) для каждой частицы с конкретной массой будет «индивидуальна» для каждой частицы. С этих позиций и неравенство (1) тоже является для биосистемы индивидуальным неравенством (специфичным для каждого испытуемого), если Δx_1 и Δx_2 будут представлять вариационные размахи. Более того, как мы показали, V_G^{min} характеризует ещё и специфику физиологического или психического состояния испытуемого. Фактически V_G^{min} – это универсальная константа для каждого испытуемого, находящегося в данных условиях наблюдения. Она индивидуальна для каждого испытуемого как и Z в (3) для каждой элементарной частицы с массой m и скоростью v .

Имеется ещё одно существенное отличие биологических систем (СТТ – *complexity*) от объектов квантовой физики. Из-за самоорганизации динамика поведения СТТ такова, что обычно ВСС движется внутри некоторого особого объёма ФПС, т.е. в

общем случае мы имеем вместо неравенства (1) неравенство (4) в виде:

$$V_G^{max} \geq \Delta x_1 \times \Delta x_2 \geq V_G^{min} \quad (4)$$

Более того, мы чаще в ТХС используем именно левую часть неравенства (4), т.е. для многих СТТ имеем:

$$V_G^{max} \geq \Delta x_1 \times \Delta x_2 \quad (5)$$

т.к. механизмы самоорганизации ограничивают движение ВСС в ФПС не только снизу, но и сверху. Иллюстрацию этим высказываниям проще выполнить на примерах из биомеханики. Однако, мы имеем огромное количество примеров и из других областей биологии и медицины (всего 20000 обследованных и более 1-го миллиона выборок). В общем случае мы всегда будем иметь особые области фазового пространства (КА), внутри которых мы будем иметь непрерывное и хаотическое движение любых параметров *вектора состояния организма человека* (ВСОЧ). Параметры *квазиаттракторов* – важная характеристика физиологического, психического, биохимического статуса объекта. Область фазового пространства состояний (квазиаттрактор) сейчас используется и в медицине для оценки нормы и патологии как для одного пациента, так и для оценки статуса группы пациентов [111, 145] именно *квазиаттракторы* и характеризуют конкретный *гомеостаз*.

В целом, биофизика отличается от физики. Здесь нет универсализма (одинаковости объектов исследования). Универсальными могут быть законы поведения: непрерывное и хаотическое движение ВСС в ФПС, отсутствие повторяющихся начальных условий, когда $x(t_0)$ неповторим и невоспроизводим, наличие ограничений на сопряженные координаты ВСС в виде (1) или (5). Более того, специфика ТХС такова, что СТТ имеют не только V_G^{min} , но и V_G^{max} , т.е. некоторый максимальный объём ФПС, внутри которого непрерывно и хаотически движется ВСС. В этом заключено отличие СТТ от физических, химических или технических систем. Поэтому именно СТТ необходимо описывать в рамках ТХС, т.к. ДСП-методы и модели бессильны в их описании. Покажем на конкретных примерах бесполезность детерминистского и стохастического подходов в отношении *систем третьего типа*.

Прежде всего, отметим, что постуральный тремор и теппинг всегда рассматривались как примеры произвольных и произвольных движений. Однако, с позиций механики, с позиций ТХС и расчета неравенства вида (1) и (5), оба этих движения не могут числиться произвольными движениями, т.к. они с механической точки зрения (и с позиций ТХС) выполняются произвольно. Иными словами повторную траекторию тремора или теппинга воспроизвести невозможно! Любой динамический отрезок (траектория пальца в пространстве) для координат $x_1(t)$ и $x_2(t)$ в фазовом пространстве неповторим и невоспроизводим. Это движение хаотическое, но в пределах ограниченных объёмов ФПС (*квазиаттракторов*). КА можно повторить и он может изучаться в ТХС. Однако, стохастическая функция распределения $f_j(x_i)$ для разных выборок (нумеруются по j) произвольно для СТТ не может быть повторена. При повторях опытов СТТ, находящейся в гомеостазе, мы получаем калейдоскоп $f(x_i)$, т.е. очень редко две выборки можно отнести к одной генеральной совокупности для тремора, теппинга, кардиоинтервалов, миограмм, нейрограмм, ЭЭГ, других параметров *гомеостаза* (включая и биохимические параметры организма).

Прежде всего, отметим, что число выполненных нами биомеханических измерений и измерений параметров кардиоинтервалов КИ превышает один миллион выборок от двадцати тысяч испытуемых. Здесь КИ – это временной отрезок τ между последовательными сокращениями сердца и это – переменная величина $x_1(t)$, которая тоже имеет свою скорость $x_2 = dx_1/dt$ и ускорение $x_3 = dx_2/dt$. И для движения пальца, и для работы сердца (а также ЭЭГ, миограмм, таппинграмм и т.д.) мы имеем одинаковые (с физической точки зрения) фазовые пространства с размерностью $m=3$, т.е. имеем ВСС $x=x(t)=(x_1, x_2, x_3)^T$, а в более упрощенном виде мы используем только фазовую плоскость вектора $x=x(t)=(x_1, x_2)^T$. Однако получить одинаковые $f(x_i)$, автокорреляционные функции $A(t)$, *амплитудно-частотные характеристики* (АЧХ) для одного испытуемого (находящегося в гомеостазе) почти невозможно (именно со стохастической точки зрения, а в *детерминизме* – это невозможно в принципе). Отметим, что для СТТ мы не можем применить и детерминированный хаос [120, 164, 207].

Доказательство того, что у СТТ нет точек покоя и они не могут сравниваться на предмет одинаковых состояний (*гомеостаз*!) именно в рамках ДСП мы представляли почти во всех публикациях. Поэтому нет смысла иллюстрировать реализацию анализа принципа Гейзенберга для СТТ в биологии, медицине, экологии, но некоторые общие результаты мы все-таки напомним [120, 164, 200].

Уникальные результаты мы получали при анализе более миллиона электрокардиограмм (*кардиоинтервалов*), электромиограмм, электронейрограмм и любых других параметров *гомеостаза* (включая и колебания биохимических параметров крови и параметров других биологических систем) у одного и того же человека за короткий промежуток времени (и тем более на длительных интервалах T) или для разных людей. Тем более нет существенных статистических совпадений таких параметров у разных людей при их сравнении, если все это сравнивать с позиций *детерминизма* или *стохастики*. Очень редко $f(x)$ может совпадать, но это все происходит случайно, без закономерностей. **Во-первых**, мы имеем полную неопределенность будущего состояния СТТ, так как прогнозировать $f(x)$ невозможно для *complexity* и в этом они сходны с детерминированным хаосом (остальные 4-е критерия хаоса и СТТ не применимы!). Вектор $x(t)$ для СТТ – особый в своей динамике.

Второй принцип ТХС в организации биосистем – свойство мерцания – *glimmering* (или *flickering*) *property* выводит их из пространства традиционной науки и делает СТТ похожими на квантовые частицы, для которых вместо равенств мы можем писать неравенства. При этом всё-таки имеются и определенные закономерности у СТТ, которые обусловлены свойствами самоорганизации любой СТТ. Хаос и самоорганизация (попытки организации порядка) – это две стороны существования гомеостатической системы. Можно говорить (как И.Р. Пригожин) о порядке из хаоса, но что тогда понимать под порядком или: является ли *гомеостаз* порядком? Жизнь – это непрерывный тремор вектора состояния биосистемы в ФПС, т.е. борьба хаоса и самоорганизации, которая существенно отличается от термодинамического равновесия. Это не броуновское движение, здесь нет флуктуаций вокруг средних значений, возможны выходы за 3, 10 и даже 20 сигм, это хаос и самоорганизация. Именно это и

имели в виду Н. Бернштейн и П. Анохин, а у нас в ТХС оно проявляется в калейдоскопе функций распределения $f(x)$ [137-143].

Третьим и четвертым принципами организации СТТ являются их эволюция и телеологическое движение вектора состояния в ФПС, что тоже характеризует гомеостаз СТТ. Это значит, что кроме хаотического движения их вектора состояния в ФПС это движение имеет некоторый вектор развития. Эволюция вектора состояния $x(t)$ может происходить при возрастных изменениях, под действием факторов среды (экологических факторы, переезды), при заболеваниях и она сейчас нами формализуется. Фактически, вся медицина призвана изучать эту *эволюцию*, но сейчас она это делает в рамках стохастики, что совершенно ошибочно. *Эволюция* СТТ может описываться скоростью эволюции в фазовом пространстве, как и любое механическое движение, а расчет таких кинематических параметров мы и представляем в следующем параграфе. Однако, главное в таком эволюционном движении – это ее направление. Эволюция в некотором смысле телеологически предопределена. Внутренние механизмы самоорганизации задают вектор развития процесса и предполагаемое конечное состояние. Например, процессы старения и смерти каждого человека не имеют детерминистских или стохастических закономерностей, но они уже при рождении предопределены для каждого человека (генетика, образ жизни и т.д.). Эта предопределенность базируется на внутренних механизмах самоорганизации СТТ, внутренних свойствах биосистемы, на телеологической эволюции [99, 126, 141]. Об этом пытался сказать в своих представлениях и J.A.S. Kelso, но он не вышел за пределы ДСП.

Этот факт (принцип) является **четвертой** особенностью СТТ, так как их эволюция направлена на некоторое конечное состояние [141]. Но это состояние задается не точкой в ФПС, а некоторой областью фазового пространства, которое мы определяем как *квазиаттрактор*. Для любой квантовой частицы тоже существует свой КА на основе принципа Гейзенберга и он зависит от энергии (скорости) и других параметров квантовой частицы. В медицине имеются внешние управляющие воздействия, которые задают врачи путем фармакотерапии, хирургических или физиотерапевтических воздействий и мы научились

измерять их эффективность на основе измерений параметров КА. Конечный, финальный *квазиаттрактор* может задать и сам человек (об этом писали Н. Амосов и В.П. Скулачев в своих публикациях). Таким образом, эволюция для СТТ частично управляема. Эти управления может задавать сам человек или другие люди (врачи), но они требуют научного обоснования, т.е. наука приобретает другой смысл: от наблюдения к управлению с помощью постоянного мониторинга $x(t)$ и задания *внешних управляющих воздействий*, без которых СТТ не достигает нужного КА.

В целом, эволюция и ее конечное (телеологически определенное для каждого человека) состояние любой биосистемы может и должно быть изучено и смоделировано в рамках *квазиаттракторов*. Это новое направление в геронтологии, физиологии, психофизиологии мы сейчас активно развиваем [185, 186, 188]. При этом мы должны рассчитывать объемы КА, координаты их центров, а также скорости движения этих центров в ФПС. Иными словами, мы будем говорить о кинематике СТТ, об особенностях их движения в ФПС. При этом всегда надо иметь в виду возможность и реальность пятого свойства СТТ – постоянная возможность выхода координат x_i за пределы трех сигм, десяти сигм и даже двадцати сигм. Именно об этом говорил Н. Талей в своей известной книге при описании кризиса 1987 года (выход за 20 сигм в книге «Черный лебедь»).

Пятое свойство объясняет огромную надежность биосистем, которая не имеет аналогов в физике и технике в принципе. Сердце может остановиться на длительное время (выходить далеко за 20 сигм при клинической смерти) и потом опять забиться. Любой параметр гомеостаза может внезапно выйти за пределы трех сигм, что в статистике уже отбрасывается. В физике, технике такие гигантские выбросы могут привести к разрушению системы, переходу (необратимость в исходное состояние) в новое качество. Однако биосистемы такие гигантские отклонения демонстрируют очень часто. Социальные системы тоже подвержены таким отклонениям. Вопреки религии, нормам морали и нравственности, люди устраивают войны, освенцимы и бухенвальды, уничтожают (сжигают) себе подобных людей, бомбят мирные города. Но потом это все-таки восстанавливает-

ся опять в какие-то *квазиаттракторы* (нормы поведения). Более того, все гениальные люди выходят за пределы 10 или 20 сигм по своим интеллектуальным (и другим) возможностям. И имеются люди, выдерживающие, например, прохождение тока в 1 А через организм, когда обычные люди не выдерживают и 50 мА. Имеются другие примеры уникальных способностей человека таких, что один человек из миллиарда может их продемонстрировать, и тогда частота такого события $P \times (A) \leq 10^{-7}$ амплитудно-частотные характеристики (АЧХ амплитудно-частотные характеристики (АЧХ именно об этом пытался сказать Н. Талеб.

С позиции эволюции СТТ стационарный режим теперь будет характеризоваться такими параметрами системы, когда нет существенных изменений в параметрах КА. При этом мы точно регистрируем микрохаос (неопределенность внутри *квазиаттрактора*), т.к. ВСС демонстрирует непрерывное движение в виде $dx/dt \neq 0$, и все $f(x)$ будут непрерывно изменяться (но нет существенных движений центров КА!). Отметим, что если мы имеем дело с нормальными законами распределения для $x_i(t)$ (такое для СТТ наблюдается очень редко), то тогда вся процедура нами используется для доверительных интервалов (вместо Δx_i и r_i) и статистических математических ожиданий $\langle x_i \rangle$ (вместо центров КА). Однако, для биосистем такое можно наблюдать крайне редко. Довольно часто при этом мы также наблюдали как стохастика не дает возможность регистрировать движение *вектора состояния*, а в рамках ТХС мы можем наблюдать существенное движение КА (не мерцание). Очевидно, что для биосистем можно в некоторых случаях одновременно считать и статистику, и имеется возможность зарегистрировать параметры *квазиаттракторов*, если имеется желание получить полную информацию о состоянии сложной биосистемы. Сейчас мы говорим о кооперации стохастики и ТХС, что противоречит закону развития парадигм Т. Куна (новая парадигма отрицает старую). Однако, чаще мы для СТТ имеем непрерывное *мерцание* и говорить о стохастике не приходится. В этой связи нам предстоит пересмотреть понятие *стационарных режимов* для СТТ. Однако, это другая тема нашего исследования, т.к. она касается проблемы типов неопределенности для СТТ и одновременно не-

обходимо ввести другое понимание кинематики *complexity* как эволюции гомеостаза.

Если за стационарное состояние СТТ принимать относительную неизменность параметров КА (это и есть *гомеостаз*), то что тогда принимать за движение СТТ, т.е. изменение гомеостаза? Что такое постоянство гомеостаза или изменение? В ТХС движение $x(t)$ для СТТ оценивается как эволюция КА (их движение, изменение параметров) в ФПС. Рассмотрим эти понятия с позиций кинематики СТТ в ФПС, т.е. в виде изменения параметров КА как реальных (эволюционных) преобразований СТТ. Тогда необходимо определить кинематические характеристики СТТ в виде параметров кинематики КА в ФПС. Причем эта «кинематика» будет иметь 2-е характеристики СТТ: в виде изменения объемов КА и их реального смещения в ФПС. На основании понятия *квазиаттрактора*, можно ввести критерий существенных или несущественных различий в параметрах изменения положения центра *квазиаттрактора* и объемов многомерных КА. Идентификация таких различий приводит к понятию эволюции СТТ в ФПС в виде движения (изменения) *квазиаттрактора*. Точку отсчета для существенных изменений объемов КА мы будем определять как его двухкратное изменение объема для сложной биосистемы, если мы сравниваем объем KA^1 до воздействия (до изменений) – V_G^1 и объем KA^2 после воздействия (изменения) – V_G^2 . Отметим, что такое движение в ряде случаев можно рассматривать с позиций изменения объема КА и в виде движения центра КА. Если будем регистрировать просто превышение V_G от исходного, т.е. $S = V_G^2/V_G^1 > 1$, но меньше 2-х, то такое движение КА по объему мы будем рассматривать как начальные, но не существенное изменение. Иными словами, если $1/2 < V_G^1/V_G^2 < 2$, то изменения V_G будут несущественными (например, в пределах вариационных размахов). Если же

$$V_G^1/V_G^2 \geq 2 \text{ или } V_G^1/V_G^2 \leq 0,5, \quad (6)$$

то будем говорить о существенном изменении биосистемы по параметрам объема КА.

Таким образом, объем V_G^2 может уменьшиться в 2 раза (и более) или увеличиться в 2 раза (и более) по отношению к исходному V_G^1 и мы в этих случаях будем говорить о значимых

изменениях в состоянии биосистемы по параметрам изменения объемов *квазиаттракторов*. Такие существенные изменения мы наблюдаем в геронтологии [31, 142] и в восстановительной медицине [116, 201], а также при переходе организма человека от нормы к патологии и обратно (т.е. при заболевании и выздоровлении). В последнем случае мы имеем дело с циклическим движением КА в ФПС, что соответствует циклическим изменениям гомеостаза в ФПС (или эволюции).

Одновременно необходимо определять эволюцию СТТ в ФПС по параметрам движения центра КА. Движение центра *квазиаттрактора* рассчитывается по координатам и считается существенным для эволюции СТТ, если по всем координатам x_i мы имеем смещение центра второго *квазиаттрактора* с координатами x_i^{c2} на величину реального расстояния между центрами R_i^* , которое превышает сумму половин исходных вариационных размахов для 1-го и 2-го КА, т.е. $R_i^* > \Delta x_i^1/2 + \Delta x_i^2/2$. В этом случае центр КА² после смещения выйдет за пределы $\Delta x_i^1/2$, т.е. размеров исходного радиуса $r_i^1 = \Delta x_i^1/2$ и тогда мы будем говорить о начале существенных изменений в биосистеме (рис. 3). Эти смещения должны произойти по всем координатам x_i всего ФПС. В целом, необходимо учитывать по координатным радиусы (они составляют половину от каждого i -го вариационного размаха Δx_i) начального *квазиаттрактора* r_i^1 и конечного *квазиаттрактора* $r_i^2 = \Delta x_i^2/2$ по каждой координате x_i . Превышение суммы этих радиусов по всем i для реального расстояния R_i^* между центрами исходного и конечного КА (их координаты соответственно x_i^{c1} и x_i^{c2}) действительно сигнализирует о существенном смещении центра КА за время Δt . Если это наблюдается не по всем x_i сразу, а только по отдельным координатам x_i , то мы будем говорить о начале существенного смещения КА в ФПС [31, 141], т.е. о реальной эволюции гомеостаза СТТ в ФПС.

Таким образом, мы сравниваем положение центров *квазиаттракторов* одного и того же объекта (системы) за время Δt по расстояниям смещения центров *исходного квазиаттрактора* (КА¹) и *конечного* – (КА²). Первоначально мы требуем выхода центра (x_i^{c2}) для КА² за пределы исходного радиуса r_i^1 для КА¹ (это уже первое значимое смещение). Однако, реальный и значимый отсчет различий начинается, если КА² своим радиусом r_i^2

выйдет за пределы исходного радиуса r_i^1 . Это условие соответствует неравенству (7):

$$R_i = r_i^1 + r_i^2 < R_i^* \quad (7)$$

где R_i^* соответствует по каждой координате x_i реальному расстоянию между центрами КА и КА² за весь период эволюции гомеостаза в виде КА, т.е. за $\Delta t = t_1 - t_0$, где КА¹ был в момент времени $t = t_0$, а КА² стал через интервал Δt при $t = t_1$. Здесь реальный интервал эволюции гомеостаза $\Delta t = t_1 - t_0$, а $R_i^* = x_i^{c1} - x_i^{c2} > (\Delta x_i^1 + \Delta x_i^2)/2$, что является аналогом неравенства (7) по каждой координате x_i . Если такой выход наблюдается частично (по отдельным x_i), то мы фиксируем время t^* , когда первая (t_1^*) и последняя (t_2^*) координата выходят за пределы КА¹ *квазиаттрактора*, т.е. когда начальное время t_1^* и конечное t_2^* для i -я координаты покажут выполнение неравенства (7).

Сейчас такие расчеты производит ЭВМ по специальной программе в режиме непрерывного мониторинга любой СТТ по всем координатам x_i в условиях непрерывного мониторинга $x(t)$ для сложной биосистемы [31-33, 141]. При этом значение всех x_{ij} , где i – номер координаты, а j – номер точки (параметры состояния конкретного пациента, например) на отрезке Δx_i , могут быть нормированы и тогда отношение реального расстояния между центрами КА¹ и КА² (R_i^*) и минимального (здесь уже будет единица измерения R_i), будут задавать некоторую относительную величину $z_i = R_i^*/R$ по каждой координате x_i , где $R_i = r_i^1 + r_i^2$. Величина z_i в относительных единицах будет определять реальное (кратное R_i) смещение центра КА, описывающего гомеостаз СТТ, за время измерения Δt . При нормировании всех $r_i = \Delta x_i/2$ мы можем получить $z_i > 1$, но может быть и $z_i < 1$, что соответствует малому, т.е. в пределах исходного (первого) *квазиаттрактора*, смещению КА в ФПС и малой скорости движения (по всем x_i эта скорость может быть и менее 1). В этом случае нет существенной эволюции гомеостаза в ФПС, гомеостаз демонстрирует некоторое «мерцание» в пределах КА¹.

Таким образом, мы ввели две единицы измерения. Первая, минимальная (или начальная) единица, когда центр КА² выходит влево или вправо за пределы Δx_i^1 для КА¹. Этот выход может быть и справа, тогда $x_i^{c2} \geq x_i^{c1} + r_i^1$, и слева, тогда $x_i^{c2} \leq x_i^{c1} - r_i^1$.

Первая, максимальная (реальная) условная единица возникает, когда $z_i \geq 1$ по всем i и когда $R_i^* \geq r_i^1 + r_i^2$. В целом, если $R_i = R_i^*$ то такое расстояние выступает в качестве единицы измерения самого смещения (оценивается по $z_i \geq 1$). Одновременно, можно ввести и понятие средней скорости эволюции гомеостаза $\langle V \rangle$ по всем координатам одновременно этого смещения

$$\langle V \rangle = \sum z_i / (\Delta t^* m),$$

где $z = \sum_{i=1}^m z_i$ – представляет сумму всех реальных относительных смещений КА за Δt по всем m координатам всего m -мерного ФПС. Она рассчитывается точно при условии, что все $z_i \geq 1$, т.е. КА² покинул область КА¹ и эволюция гомеостаза СТТ реально началась по всем x_i .

Здесь имеет значение еще куда движется КА². Основные уравнения и неравенства мы привели для движения в ФПС по координатам x_i вправо (на увеличение x_i^{c2} , т.е. должно быть $x_i^{c2} > x_i^{c1}$). Однако, в рамках аналогичных расчетов мы ввели и понятие скорости гомеостаза СТТ при движении КА² влево по координате x_i , т.е. когда $x_i^{c2} < x_i^{c1}$. ЭВМ по программе, первоначально, определяет тип движения *квазиаттрактора* и далее выполняет расчет Z и $\langle V \rangle$ по всем x_i . Возможна ситуация, когда по отдельным координатам x_i КА биосистемы движется вправо, а по другим – влево. Скорость в любом случае тогда считается по модулю Z , но ЭВМ выдает дополнительный протокол, с указанием характера движения (например, такие-то x_i движутся вправо, а другие x_i движутся влево).

В биологии и медицине очень важно знать направление эволюции гомеостаза СТТ, т.е. движения КА по всем координатам (для постановки диагноза, например). Таким образом, сейчас мы можем автоматически определять кинематические характеристики эволюции гомеостаза СТТ: куда и как, с какой скоростью, КА движется в ФПС в общем и по отдельным координатам. При этом возможен расчет и ускорения $a_i = dz_i/dt$ по всем x_i , тогда общее ускорение $A = d\langle v \rangle/dt$. Очевидно, что $\langle V \rangle$ и A являются кинематическими характеристиками эволюции гомеостаза СТТ в ФПС и эта эволюция может быть «линейной» (при старении организма например) или «криволинейной» (при заболевании и

выздоровлении, например). В целом, это совершенно иное трактование эволюции биосистемы, которое общепринято в естествознании (и медицине) [31-33, 126, 141, 201, 207].

Мы вплотную подошли к описанию эволюции гомеостаза СТТ в виде движения КА биосистем и детализируем понятие стационарного режима гомеостаза СТТ. Теперь, в ТХС, стационарный режим для СТТ – это не детерминистское уравнение $dx/dt=0$, и не сохранение вида функции распределения $f(x)$ в стохастике, т.к. для тремора для теппинга и др. процессов мы показали непрерывные изменения $f(x)$. В ТХС мы требуем, что бы центр КА² биосистемы спустя время Δt после ее внутренних перестроек или под действием внешних факторов (возмущения или управления) вышел за пределы размеров исходного объема КА¹. Для этого покоординатно радиус 1-го КА¹ (r_i^1 покоординатно) должен быть хотя бы меньше расстояния между центрами КА¹ и КА², т.е. реального межаттракторного расстояния $x_i^{c2} - x_i^{c1}$ (при движении КА² вправо, т.е. на увеличение x_i). Такое смещение вправо x_i^{c2} по всем $i=1, 2, \dots, m$ подтверждает, что второй *квазиаттрактор* не мерцает в пределах объема 1-го *квазиаттрактора* (при движении влево x_i^{c2} лежит левее радиуса r_i^1), а реально начал выход за пределы КА¹. Это означает реальность гомеостаза СТТ в ФПС, а до этого мы могли легко сравнивать параметры биосистемы и говорить о стационарных состояниях СТТ (если выборки *квазиаттракторов* для t_1 статистически совпадают с выборками КА j^2 для серий из КА j^1 всех j измерений (у нас $j=1, \dots, 15$ в разных примерах) [31, 141].

Когда по отдельным x_i центр уходит (влево или вправо) далеко, а по отдельным x_i вообще не выходит, но сумма таких расстояний компенсируется и в целом (в среднем) центр КА² покидает объем КА¹, то эту величину (и время ее появления) мы определяем как *компенсационный выход* (КВ) СТТ, т.е. начало эволюции гомеостаза. Он тоже является знаковой величиной (время его наступления), т.к. он фиксирует выход СТТ за пределы обычного мерцания $x(t)$ в пределах ФПС. Однако, наиболее существенным моментом является именно t_2^* – время, когда все x_i^{c2} выходят за пределы соответствующих вариационных размахов, т.е. $\Delta x_i^1/2 = r_i^1$. Очень важно зафиксировать время начала выхода x_i^{c2} за пределы КА¹, т.е. t_1^* ; а также время t_2^* , когда наступает КВ и, наконец, время

$t_3^* = t^*$ полного выхода x_i^{c2} за пределы KA^1 . С момента t_3^* начинается реальная эволюция СТТ в ФПС а t_1^* и t_2^* представляют начало такого сложного процесса [141] и некоторые этапы эволюции гомеостаза СТТ в ФПС. Такая эволюция существенно отличается от определения эволюции Пригожина–Гленсдорфа [132] и мы надеемся, что это определение реально войдет в биологию и медицину.

Все моменты времени наступления таких событий (т.е. t_1^* , как начало существенного движения КА, так и время t_3^* – полного выхода центра KA^2 за пределы исходного KA^1 , и даже время t_2^* , когда в сумме по всем координатам KA^2 выходит за пределы объема KA^1) для биосистем являются знаковыми. Они рассчитываются и характеризуют вместе с z очень важную кинематическую величину – скорость эволюции гомеостаза биосистемы в *фазовом пространстве состояний*. Эта скорость может быть нулевой, если центр KA^2 не вышел за пределы KA^1 и гомеостаз биосистемы просто мерцает внутри КА. В этом случае мы говорим с позиций ТХС (и третьей парадигмы) о стационарном режиме в движении КА, нет эволюции гомеостаза СТТ. Это новое определение эволюции гомеостаза, т.е. новый способ регистрации реальных изменений параметров СТТ, такое t_3^* может быть очень большим, но его необходимо рассчитывать, если мы реально изучаем изменения в СТТ.

В целом, стационарный режим теперь будет характеризоваться такими параметрами системы, когда нет существенных изменений в параметрах КА. При этом мы точно регистрируем микрохаос (неопределенность внутри *квазиаттрактора*), т.к. вектор состояния демонстрирует непрерывное движение в виде $dx/dt \neq 0$, и все $f(x)$ будут непрерывно изменяться (но нет существенных движений центров KA^1). Все это задает 2-й тип неопределенности, когда параметры СТТ с позиций ДСП как бы движутся (изменяются), но реально (в ТХС) движения нет, система находится в гомеостазе. Отметим, что если мы имеем дело с нормальными законами распределения для $x_i(t)$ (такое для СТТ наблюдается очень редко), то тогда вся процедура может быть нами использована для доверительных интервалов систем (вместо Δx_i и r_i) и статистических математических ожиданий $\langle x_i \rangle$ (вместо центров квазиаттракторов). Иными словами можно рассчитывать и статистическое движение *гомеостаза* СТТ. Однако,

для биосистем такое можно наблюдать крайне редко. Довольно часто при этом мы также наблюдали как стохастика не дает движения вектора состояния, а в рамках ТХС мы можем наблюдать существенное движение КА (не мерцание). Очевидно, что для биосистем можно в некоторых случаях одновременно считать и статистику, и имеется возможность зарегистрировать параметры *квазиаттракторов*, если имеется желание получить полную информацию о состоянии сложной биосистемы. Сейчас мы говорим о кооперации стохастики и ТХС, что противоречит закону развития парадигм Т. Куна (у него новая парадигма отрицает старую). Однако чаще, мы для СТТ имеем непрерывное мерцание ВСС в виде гомеостаза СТТ и говорить о стохастике не приходится. При этом нет стохастических и стационарных режимов $x(t)$, т.к. $f(x)$ непрерывно изменяется.

Как следует из представленной выше информации, движения квазиаттракторов в ФПС с позиций ТХС может оцениваться или по величине изменения объемов V_G , или по скорости движения центра КА $\langle V \rangle$ за некоторый интервал $T = \sum \Delta t_i$, где Δt_i – наблюдаемые интервалы движения СТТ, т.е. z , а T будет некоторая эпоха наблюдения. Не исключена ситуация, что после некоторого движения КА в ФПС он может возвратиться в пределы исходного радиуса r_i^1 . Тогда внутри такой окружности происходит хаотичное движение $x(t)$, то есть $dx/dt \neq 0$ (случай циклического движения в ФПС). Поэтому целесообразно разбивать большие интервалы наблюдения СТТ на отрезки. Очень часто это бывает при заболевании и последующем выздоровлении человека – циклическая эволюция *гомеостаза*, которая обычно подразумевает прямолинейное движение СТТ в ФПС, например, при старении. Обычно T соизмеримо со временем старения организма, когда уже происходят необратимые изменения в параметрах вектора состояния и возврат в исходный *квазиаттрактор* невозможен. Приведем конкретные примеры сказанному для поступательного движения, тогда как для вращательного движения КА имеется огромное число примеров из экологии, когда после переездов на расстояния, например, параметры вектора состояния $x(t)$ возвращаются в исходный КА через сумму Δt_i и реагировать на такое движение приходится отрицательной скоростью [31, 141].

В качестве примера рассмотрим три характерные возрастные группы женщин народности ханты, проживающих в Югре. Примеры движения *квазиаттракторов* могут демонстрировать обратимую и необратимую эволюцию *гомеостаза* СТТ на основе расчета параметров КА, поступательное движение которых в ФПС убедительно демонстрирует отсутствие стационарных режимов у изучаемых биосистем. Наличие ненулевой скорости КА обозначает отсутствие стационарных режимов сложных биосистем во всех смыслах, включая и СТТ. Неизменность (стационарность, а точнее – гомеостаз) СТТ подразумевает, что параметры *квазиаттракторов* не изменяются по всем координатам их центров, а точнее говоря, не выходят за пределы исходных радиусов r_i , т.е. вариационных размахов. Если этот выход начался, если $z > 1$ и эта динамика нарастает (нет возврата координат центра КА² в пределы исходного вариационного размаха Δx), то мы говорим о начале эволюционного движения гомеостаза в фазовом пространстве состояния. Эволюция организма может быть необратимой (например, старение организма, болезнь Паркинсона или Альцгеймера) или обратимой (например, при заболевании с выздоровлением, при изменении экологических условий (переезды) и возврате в исходное состояние и т.д.).

Обратимая эволюция может наблюдаться на значительных интервалах времени T ($T = \sum \Delta t_i$), когда человек болеет или резко изменяет параметры окружающей среды (переехал на Север, пожил короткий интервал времени и возвратился обратно), совершает длительную физическую нагрузку (начал заниматься спортом, а потом бросает). Во всех таких случаях мы можем наблюдать существенное (циклическое) движение КА в ФПС. Причем через время T мы можем вернуть центр КА² в пределы вариационных размахов Δx_i по каждой x_i (случай циклического движения, весьма распространен в медицине и экологии человека).

Такое резкое изменение экологических условий сопровождается и резкими изменениями параметров *квазиаттракторов*. Например, они (КА) изменяют объемы и координаты центров. Для демонстрации общности между динамикой поведения каждого параметра (например, *кардиоинтервалов* $x_1(t)$ в их двумерном ФПС, а в общем случае с тремя координатами: $x_1(t)$, $x_2 = dx_1/dt$ и $x_3 = dx_2/dt$) и суперпозиций отдельных точек x_{ij} для многих испы-

туемых, мы постулируем некоторую идентичность динамики поведения $x(t)$ для одной координаты (например, кардиоинтервалов, получаемых за время Δt) и динамики x_{ij} т.е. той же x_i , но регистрируемой от разных испытуемых (здесь их номер $j = 1, 2, \dots, n$, где n – число испытуемых). Такое утверждение справедливо, если группа людей будет однородной, т.е. *квазиаттрактор* одного человека, но зарегистрированного за время Δt , будет совпадать с КА группы, но при одномоментной регистрации. Отметим, что вся синергетика предполагает такую однородность, но это не оговаривал Хакен в рамках своего постулата [239], да и И.Р. Пригожин этот факт не выделяет, хотя он ближе всех подошел к полной неопределенности СТТ [243-245].

Мы можем взять несколько разных параметров организма (но при разовых, одномоментных измерениях) и из них образовать m -мерное фазовое пространство. В этом ФПС можно одномоментно (разово) определить параметры образовавшегося *квазиаттрактора* на основе анализа координат всех N точек этой группы испытуемых, т.е. получить объем этого КА V_G и координаты его центра x_i^c . Эти параметры перед началом испытаний дают нам информацию об исходном состоянии *квазиаттрактора*, в момент времени t_0 . Если эти параметры существенно (в рамках стохастики, т.е. в пределах сигмы) не изменяются при измерении у одного человека за время Δt , то мы будем говорить о малой скорости изменения *гомеостаза* у всей группы. Наоборот, при $z > 1$ мы можем говорить о существенном движении КА в ФПС, что и было получено в наших исследованиях. В наших испытаниях мы взяли 3 возрастные группы женщин-ханты (младшая, средний возраст $\langle x_1 \rangle = 23$ г., средняя – $\langle x_2 \rangle = 45$ лет и старшая – $\langle x_3 \rangle = 59$ лет) и для этих трех групп рассчитали все параметры изменений x_i статистически в рамках традиционного подхода и в рамках предлагаемого подхода, то есть с позиции *теории хаоса-самоорганизации*. Подобные сравнительные измерения мы сейчас выполняем постоянно, для обеспечения преемственности стохастики и ТХС [32, 120, 141, 164].

Движение КА в ФПС для трех возрастных групп женщин-ханты можно рассматривать как поступательное движение. Внешний вид *квазиаттракторов* только для одной координаты (кардиоинтервалы – x_1^k) в двумерном ФПС $(x(t) = (x_1^k, x_2^k)^T)$, где

$x_2=dx_1/dt$, представлен на рис. 1. Существенно, что кардиоинтервалы x_1^k дают подобные поступательного движения, т.к. мы чаще это наблюдаем в медицине или при широтных перемещениях групп испытуемых. В геронтологии при возрастных изменениях обычно площади этих всех трех КА неуклонно уменьшаются в объеме (почти экспоненциально, $V_G \sim e^{-\lambda t}$). У нас они (на конкретных типовых примерах) показывают следующие значения: $S_{G1}=60900$ у.е.; $S_{G2}=36000$ у.е.; $S_{G3}=9000$ у.е. Поступательное движение площадей и объемов *квазиаттракторов* V_G демонстрирует почти экспоненциальное убывание, например для площадей S_{Gi} для КА (рис. 1).

На рис. 2 представлена динамика реальных и модельных данных возрастных изменений площадей *квазиаттракторов кардиоинтервалов* женщин-ханты, которая описывается уравнением Ферхюльста-Пирла $dx/dt=(a-bx)x$, где $a=0,0000284$, $b=0,0000526$. Очевидно, что такое движение КА описывает возрастную эволюцию *кардио-респираторных систем* (КРС) женщин ханты, которая отличается от эволюции КРС пришлого населения Югры.

Поступательное движение КА мы наблюдаем и по морфометрическим параметрам, например, учащихся, где в качестве $x_1=x_1(t)$ была динамика роста (H), а $x_2(t)$ – динамика массы M ($x_1=H$, $x_2=M$). В этом случае мы имеем не падение параметров КА, а, наоборот, нарастание. На этом примере легко показать все условия расчета t_1^* , t_2^* и t_3^* наглядно и с графической презентаций (рис. 3).

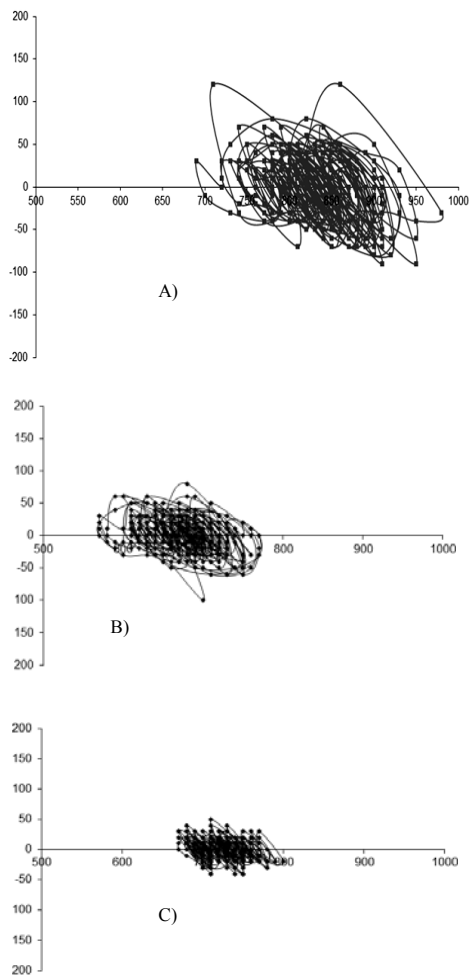


Рис. 1. Внешний вид квазиаттракторов для одной координаты (кардио-интервалы $-x_i^k$) в двумерном ФПС $(x(t)=(x_1^k, x_2^k)^T)$, где $x_2=dx_1/dt$:
 А – для испытуемого, 23 года; В – для испытуемого, возраст 45 лет;
 С – для испытуемого, 59 лет.

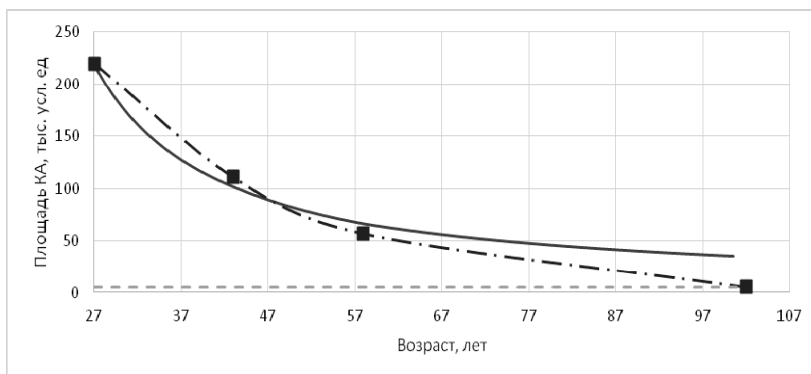


Рис. 2. Динамика реальных и модельных данных возрастных изменений площадей квазиаттракторов кардиоинтервалов женщин-ханты. Здесь: сплошная линия – модельные данные, штрих-пунктирная – реальные данные, штрих – асимптота $y_a = a/b = 5,4$ тыс. у.е. для долгожительницы Р.Е.А. 102 года. Здесь $a=0,0000284$,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

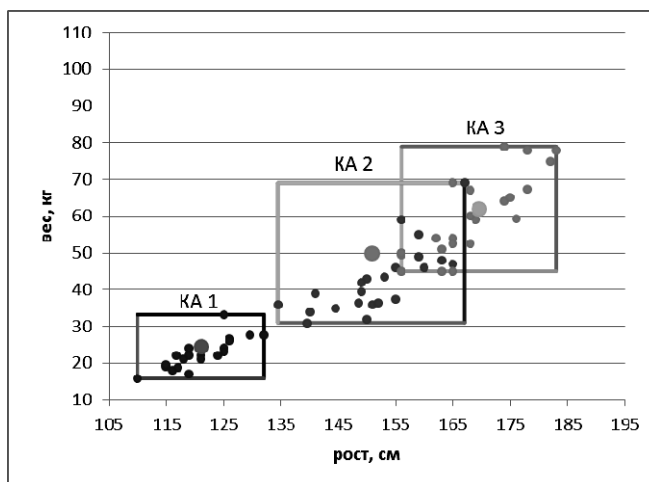


Рис. 3. Кинематика эволюции квазиаттракторов антропометрических параметров (x_1 – рост, x_2 – масса тела), т.е. морфологического гомеостаза группы испытуемых, в зависимости от времени t (возраста) – пример поступательного движения КА.

Для девочек, учащихся Югры, изменения антропометрических параметров H и M в возрастном аспекте имеют вид поступательного движения квазиаттракторов в ФПС. Представленные на рис. 3 объёмы *квазиаттракторов* нарастают не линейно с возрастом, достигая абсолютного максимума по объёму V_G в 11 лет из-за пубертатного периода ($V_2=1235$ у.е.), а по скорости смещения центров КА имеем тоже неравномерное движение. Расстояния между центрами квазиаттракторов увеличиваются с $R_{1,2} = 39,18$ у.е. до $R_{1,3} = 61,30$ у.е., что для интервала возраста 6–11 лет дает полный выход центра КА (и всего КА²) за пределы КА¹ (т.е. имеем t_3^*), а для интервала 11-16 лет имеем частичный выход (в виде t_2^*). Это показывает разную скорость эволюции антропогенного *гомеостаза* и иллюстрирует графически механизмы расчёта движения КА в ФПС. Изменение V_x для КА имеет вид x_2 параболы (сравните с рис. 1 и рис. 2) и представлено в табл. 1. Наоборот, параметры движения КА с возрастом линейно нарастают (рис. 3). Очевидно, что относительная скорость $v_{1,2}$ на первом интервале времени ($\Delta t_{1,2}=11-6=5$ лет) имеет большую величину, чем на втором этапе $v_{2,3}$ практически по всем координатам ($\Delta t_{2,3}=16-11=5$ лет). Очевидно, что при равных $\Delta t_{1,2}=\Delta t_{2,3}$ скорость движения КА различная, т.к. речь идет о замедлении скорости движения центра КА (отрицательное ускорение) с изменением возраста обследуемых.

Таблица 1

Скорости изменения объемов КА V_x в краткосрочном измерении ($\Delta t=30$ сек) и при длительном измерении ($T=30$ суток) как процесс эволюции ССС в ФПС

Краткосрочные эффекты, разовое воздействие	До-После (НЭЛ)	До-После (КЭЛ)
	10,6 у.е./час	-5,6 у.е./час
Эволюция СТТ в ФПС, длительное воздействие	До-До	После-После
	0,12 у.е./сутки	-0,13 у.е./сутки

О подобных замедлениях скорости движения КА для кардиоинтервалов (рис. 2) мы говорили выше. На рис. 3 представлены *квазиаттракторы* морфометрического гомеостаза групп девочек

трех возрастов (6, 11, 16 лет) как эволюция гомеостаза. Для мальчиков динамика более выразительная.

Если при возрастных изменениях мы имеем некоторые поступательные (условно) движения КА в ФПС, когда направленно смещаются центры КА, то при заболеваниях (в медицине) могут наблюдаться циклические (криволинейные) движения КА в ФПС. Очевидно, что КА должен возвращаться после болезни в исходное состояние, при выздоровлении человека. Это пример циклической (обратимой) эволюции.

Использование методов медицинской биофизики на основе ТХС возможно при проведении различных лечебных мероприятий и измерении параметров x_i организма пациентов в восстановительной медицине, где всегда возникает задача оценки эффективности проведения терапевтических воздействий [118, 127, 206]. Их значения показывают существенные изменения состояния организма, которые происходят на раннем и позднем этапах лечения методами восстановительной медицины. Это, в свою очередь, раскрывает интимные процессы заболевания и выздоровления.

При этом эта оценка может быть выполнена в краткосрочном варианте, когда мы разово (в одном сеансе, за одну процедуру) будем наблюдать изменения параметров *вектора состояния организма человека* в виде x_i , где x_i – компонент всего ВСОЧ в виде $x=x(t)=(x_1, x_2, \dots, x_m)^T$. Такая же ситуация имеется и при лекарственной терапии, когда под действием препарата за короткое время Δt мы будем иметь изменения Δx_i для каждого i -го ($i=1, 2, \dots, m$) компонента ВСС. В этом случае мы будем говорить о краткосрочных эффектах лечебных воздействий за интервал Δt (время разового сеанса), которые могут перейти и в долгосрочные эффекты (выздоровление).

Однако, в большинстве случаев терапию проводят длительно, за время T (исчисляется сутками, месяцами, и даже годами) и тогда мы можем поставить вопрос о скорости возникновения и развития лечебного эффекта на интервале T . Такой подход очень часто используется в восстановительной медицине и он позволяет оценить эффективность разрабатываемого нового метода лечения, действий врача или, наоборот, дать негативную оценку терапии. Иногда терапия не заканчивается полным выздоровлением и

параметры x_i не возвращаются в исходное состояние (в нормогенез). Это тем более требует индивидуального подхода и оценки собственной скорости выздоровления для каждого конкретного больного [127, 205, 206]. С позиций биофизики это ответ на вопрос: параметры организма изменяются или нет, есть ли эффект от лечения? Очень часто при физиотерапии статистически значимых эффектов нет, но с позиции ТХС такие положительные эффекты рассматриваются четко [37, 118, 127, 206].

Для *complexity* мы предлагаем в этом случае выполнять расчеты в рамках новой *теории хаоса-самоорганизации*, которая работает с параметрами *квазиаттракторов*, внутри которых хаотически и непрерывно движется ВСС. Эффективность метода сейчас представляется в рамках *кинезотерапии* (КЗТ), когда оцениваются кинематические характеристики КА в фазовых пространствах состояний всего ВСС. Группы обследования наблюдаются (30 больных с ОНМК) в четырех состояниях: 1Д – 1П (разовое воздействие кинезотерапии в самом начале курса), 2Д – 2П (разовое обследование в конце курса до сеанса – Д и после сеанса КЗТ – П).

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 – HR – *стандартное отклонение измеряемых кардиоинтервалов*, 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*. Из этих 15-ти параметров были выбраны наиболее значимые пять в виде: SIM, PAR, SpO₂, SDNN, INB, SSS.

Наиболее выраженные и разнонаправленные изменения мы получали на краткосрочных интервалах Δt , когда для пациента разово (в виде одной процедуры, $\Delta t=30$ мин.) применяли *кинезотерапию* и наблюдали движение КА в ФПС за этот интервал $\Delta t = 30$ минут. При этом мы выполняли оценку скорости движения и по относительному изменению объема $v^V=(V_2/V_1)/\Delta t$ в относительных величинах и по скорости v^Z движения центра КА – Z. Последнее выполнялось в рамках расчёта радиусов r_i для вариационных размахов Δx_i , где $r_i=\Delta x_i/2$. При этом мы определяли момент, когда центр второго квазиаттрактора x_i^{c2} выходил за пределы 1-го радиуса r_i^1 или он оставался в пределах 1-го КА [133, 141].

Движение КА рассчитывалось по всем координатам x_i для двух случаев: разовая процедура *кинезотерапии* в первый день начала всего курса восстановительной медицины (будем обозначать это символом *начальный этап лечения* – (НЭЛ) и в последние дни всего курса *конечный этап лечения* (КЭЛ).

Отметим различную направленность в характере влияния разовой процедуры *кинезотерапии* на величину параметров V_x и Z квазиаттракторов. На начальном этапе лечения разовая процедура приводила к резкому увеличению объёма V_x и относительная скорость v_1 изменения объёма КА составила $v_1^V=5,3$ у.е./0,5 час=10,6 у.е./час. Это показало большое значение скорости относительного изменения объёма квазиаттрактора ВСОЧ в сторону увеличения (т.к. начальный объём КА до сеанса КЗТ был $V_1^H=240,23 \times 10^6$ у.е., а после сеанса – $V_2^H=1256,38 \times 10^6$ у.е.). Однако, в конце всего лечения – 1 месяц *кинезотерапии* (КЭЛ) скорость в условиях разовой процедуры *кинезотерапии* изменила знак (т.к. $V_2^K < V_1^K$) и по модулю также изменилась, т.е. объём КА на КЭЛ уменьшается за сеанс.

В нашем случае *кинезотерапия* оказывает благоприятное, кондиционирующее действие и в конце курса лечения при процедуре (разовой) мы наблюдаем уменьшение объёма V_x с $883,64 \times 10^6$ у.е. до $318,31 \times 10^6$ у.е., т.е. в 2,8 раза. Таким образом, в конце «до-после» лечебной *кинезотерапии* скорость v изменения объёмов квазиаттракторов становится отрицательной и равна $v_2^V=-2,8/0,5 \text{ часа}=-5,6$ у.е./час в отличие от исходной положительной скорости $v_1^V=10,6$ у.е./час изменения объёма V_x в

начале терапии ($v_1=10,6$ у.е./час положительна, а v_2 – отрицательна!).

Обе эти кинематические характеристики показывают как *кинезотерапия* (разовая) влияет на процессы регуляции ССС в организме больного с ОНМК на протяжении всего месячного курса лечения методами восстановительной медицины. В самом начале лечения разовая кинезотерапия демонстрирует положительный прирост объема КА V_x а в конце месяца лечения скорость отрицательна и почти в 2 раза меньше по модулю. Перестройка в системе регуляции ССС по параметрам объемов V_x , весьма существенна и разнонаправленная. Она показывает интимные механизмы изменения в ССС, а в рамках ТХС дает и количественную оценку в изменениях кинематических характеристик ССС при *кинезотерапии* [58].

С другой стороны общая динамика (как эволюция за 1 месяц лечения) изменения параметров КА в режиме «до-до», т.е. состояние ССС больного ОНМК перед началом курса *кинезотерапии* (но до начала самого сеанса) и в конце курса (тоже до начала сеанса), нам демонстрирует общее увеличение V_x . Действительно, сравнение значений V_x в самом начале лечения и в конце всего курса *кинезотерапии* («до-до») показывает небольшое положительное значение скорости

$$v_{\text{дд}}^V = (883,64 \times 10^6 / 240,23 \times 10^6) / 30 \text{ дней} = 0,12 \text{ у.е./сутки.}$$

Это будет динамика относительного изменения параметров КА до начала процедуры и в сравнении эффекта действия всего курса *кинезотерапии* (1 месяц). Подчеркнем, что пациенты находились в спокойном состоянии (сравнивались параметры ССС в режиме «до-до»).

Аналогично можно рассчитать месячную динамику относительного изменения V_x после разовой процедуры *кинезотерапии* (в нашем случае такие пары мы обозначаем аббревиатурой «после-после»). В этом случае объем меняется от $V_1^{\text{II}}=1256,37 \times 10^6$ у.е. до $V_2^{\text{II}}=318,31 \times 10^6$ у.е., т.е. он уменьшается почти в 4-е раза от исходного, что дает отрицательную относительную скорость для большого периода времени T (всего периода лечения) в виде величины $v_{\text{пп}}^V = (-4 \text{ у.е./30 дней} = -0,13 \text{ у.е./сутки})$.

Расчёт краткосрочных относительных скоростей изменения объёмов *квазиаттракторов*, т.е. за период Δt одного сеанса (30 минут), но в самом начале в конце курса лечения (но тоже за один сеанс) существенно отличается от скорости изменения межаттракторных расстояний за период всего лечения ($T=30$ дней). Цифровое изложение этого высказывания представлено в табл. 1, где имеется матрица межаттракторных расстояний всех четырёх возможных межаттракторных расстояний, т.е. «до-после» за $\Delta t=30$ мин и за весь цикл лечения $T=30$ суток (это «до-до» и «после-после»).

В табл. 1 мы представляем результаты расчёта кинематических характеристик относительного изменения объёмов *квазиаттракторов* в краткосрочных режимах (Д-П на НЭЛ и Д-П на КЭЛ) и на долгосрочном этапе, т.е. спустя месяц кинезотерапии (это режим Д-Д и режим П-П).

В целом, анализ кинематики относительного изменения объёмов Vx КА в самом начале курса (скорость изменения $v_1^V=10,6$ у.е./час) и в конце курса лечения при разовом воздействии (скорость $v_2^V=-5,6$ у.е./час) показывает их разнонаправленность (положительная скорость изменяется на отрицательную) и почти двукратное изменение по модулю (в конце лечения скорость отрицательна и в 2 раза меньше по модулю). Это доказывает, что в начале курса лечения мы имеем парасимпатотонические эффекты (объёмы нарастают), а в конце лечения преобладают симпатотонические эффекты (выздоровление, приближение к нормотонии) от разовой процедуры *кинезотерапии*.

С другой стороны, расчет скоростей изменения Vx за весь период лечения (при сравнении параметров ССС в спокойном состоянии, т.е. в режиме до *кинезотерапии* имеет положительные значения (0,12 у.е./сутки) при «до-до», а сразу после *кинезотерапии*, (в режиме «после-после») показывает устойчивое уменьшение Vx , т.е. скорость изменения объёмов Vx за месяц лечения после сеанса принимает отрицательное значение ($v_{III}^V=-0,13$ у.е./сутки). Это количественно характеризует процесс выздоровления как переход от парасимпатотонии к нормотонии. Идет нормализация параметров ССС в виде перехода от парасимпатотонии к нормотонии, что проявляется в отрицательных значениях кинематических характеристик *квазиаттракторов* и

количественно характеризует процесс лечения. Расчет скорости может использоваться для индивидуальной характеристики эффективности физиотерапии и *кинезотерапии* [58, 59, 103, 127]. Сейчас мы такой подход используем и в физиологии спорта, при оценке эффективности физкультурных мероприятий, в геронтологии, морфометрии и т.д. [127. 206].

Кинематические характеристики по движению центра *квазиаттрактора* демонстрируют сходные закономерности, которые показывают большие значения скорости vZ в самом начале курса лечения и их снижение в конце курса (от 19,9 у.е./мин до 5,9 у.е./мин), что количественно характеризует процесс *кинезотерапии*.

Таким образом, кинематика изменения объемов V_x для КА и движения их центров при заболевании и лечении имеет циклический характер и демонстрирует разные знаки у скорости эволюции СТТ (у нас это параметры работы сердца). Подобные расчеты скорости (и ускорения!) движения КА в ФПС целесообразно использовать в медицине, когда статистические различия вообще могут не регистрироваться и ошибочно мы будем говорить о низкой эффективности лечебных мероприятий. В действительности мы можем оценивать эффективность лечебных мероприятий по скорости изменения объемов и скорости движения центров.

В предыдущих примерах мы имели поступательные виды движения КА в ФПС, когда школьники развивались (КА двигались вправо и вверх) – рис. 3, или размеры V_x для КА уменьшались (при старении). Все такие примеры – необратимые, а заболевание – выздоровление – это пример циклической (обратимой) эволюции ВСС в ФПС. Очевидно, что новый подход в рамках ТХС для оценки статических режимов (СТТ реально не выходит за пределы своих КА), или процессов эволюции гомеостаза СТТ в ФПС, когда центр КА движется или изменяется объем КА, целесообразно использовать в практических целях. Мы сейчас продемонстрировали всего три (из сотен уже полученных) примера из геронтологии, антропологии (динамика развития роста и веса) и из восстановительной медицины при *кинезотерапии* ОНМК. Этот

подход показывает реальную эволюцию гомеостаза как изменение параметров КА в ФПС.

Резюме

Для сложных биосистем (СТТ – *complexity*) существуют другие понятия *стационарных режимов*, которые отличны от детерминизма (когда $dx/dt=0$) и от стохастики (когда функции распределения $f(x)$ сохраняются для разных выборок). В ТХС $x(t)$ совершает непрерывное хаотическое движение, в пределах органических объемов фазовых пространств, что и представляет *гомеостаз* СТТ.

Для сравнения двух состояний $x(t)$ в моменты времени t_1 и t_2 предлагается рассчитывать параметры *квазиаттракторов* и если объемы КА или координаты их центров изменяются по определенным правилам, то мы говорим об эволюции *гомеостаза*.

Эволюция *гомеостаза* может быть поступательной (с постоянной скоростью v или ускорением A) или циклической, когда движение КА в ФПС происходит криволинейно. В медицине (при заболевании и выздоровлении) эволюция *гомеостаза* происходит обычно циклически (если только заболевание не принимает хронические формы).

Параметры эволюции *гомеостаза* отдельного организма можно использовать в индивидуализированной медицине для оценки эффективности лечения. Эволюция *гомеостаза* может использоваться в физиологии труда и спорта, в геронтологии, антропометрии, психофизиологии [31, 65-73, 79-85, 186, 188, 200, 207], в экологии человека [89-97, 191, 193, 196, 197].

2. Глобальная нестабильность кардио-респираторной системы – хаос в ФСО человека

Более двух десятков лет отделяет нас от двух выступлений ведущих специалистов в области синергетики, которая сейчас трактуется как *complexity* в *теории хаоса-самоорганизации*. Речь идёт о выступлении И.Р. Пригожина [245] («Философия нестабильности, перевод Я.И. Свиридова в «Вопросах философии»

№6 за 1991 г.) и интервью с С.П. Курдюмовым (этот же номер, с. 53-57, после этого перевода) [132]. В этих комментариях С.П. Курдюмов пытался снизить накал дискуссии, который возник после выступления И.Р. Пригожина с его «признанием неустойчивости и нестабильности в качестве фундаментальных характеристик мироздания, что заставляет...в какой-то степени по-новому оценить положение человека в космосе» [132].

Существенно, что это новое начинается с отрицания ДСП, что сделать в современной науке чрезвычайно сложно. Фактически, С.П. Курдюмов это понимает и пытается это реализовать, но отказаться от ДСП-науки он не может – граница началась и закончилась хаосом и отсутствием редукционизма для многих систем и только! Сам же И.Р. Пригожин в предсмертном выступлении вообще выводит биосистемы за пределы науки [132, 245]. Поэтому глобальная нестабильность *complexity* остается вне познания со стороны современной науки (ДСП). Сложность остается неопределенной. И в первую очередь сложным является описание кардиоинтервалов.

С.П. Курдюмов действительно пытался смягчить позицию Пригожина, ставя под сомнение его реальный подход Ильи к глобальной нестабильности мира в виде высказывания о том, что Пригожин «... слишком расширил роль нестабильности, настаивая на принципиальной непредсказуемости поведения сложных систем (к которым принадлежит и наш мир в целом)». Но в конечном итоге И.Р. Пригожин оказался прав, вводя глобальную непредсказуемость *complexity*, т.к. именно эту глобальную нестабильность авторы этих строк задекларировали 30 лет назад (вводя понятие *квазиаттракторов*). В этих двух статьях сформулирована главная идея, которая была положена в основу создания и развития разрабатываемой сейчас нами ТХС, которая начала создаваться ещё 40 лет назад. Основные положения этой идеи следуют из этих двух статей (Пригожина [245] и Курдюмова [132]). Они долгим эхом звучат в различных выступлениях этих авторов и многих других учёных, пытавшихся постигнуть всё многообразие синергетики и *complexity* [239, 243-245].

Во-первых, в основе ТХС лежат два постулата о непрерывном и хаотическом мерцании любого ВСС. Такая БДС может быть определена как «*complexity*» или как СТТ в ТХС, с непре-

рывной эволюцией этих СТТ. Оба этих постулата показывают, что любая *complexity* (СТТ) является не прогнозируемой и не предсказуемой. И в этом смысле Пригожин был полностью прав, а Курдюмов нет. И правота Пригожина не сводится к существованию только *аттракторов* для систем, которые можно описывать якобы детерминистскими уравнениями. Истина «где-то рядом», в основных положениях ТХС в том, что динамика *вектора состояния системы* для любой СТТ – хаотична. Этот хаос имеет два аспекта: мерцание внутри *квазиаттрактора* и хаотическая эволюция самого этого КА в *фазовом пространстве состояний*. Итак, СТТ (*complexity*) не прогнозируемы, не предсказуемы, они хаотичны в динамике своего поведения и ... И.Р.Пригожин был прав, когда говорил о наличии «... принципиальной непредсказуемости поведения сложных систем» [245]. При этом хаос СТТ не описывается экспонентами Ляпунова и автокорреляционными функциями (они не стремятся в 0) и даже свойствам перемешивания! Хаос СТТ – это не ДСП-хаос [111-128, 133, 141].

Во-вторых, И.Р. Пригожин был неправ (и С.П. Курдюмов тоже), когда говорил об этой непредсказуемости, имея в виду только *странные аттракторы* (С.П. Курдюмов этот пример приводит как базовый [132], но других примеров в ДСП пока ещё нет!). С.П. Курдюмов совершенно верно выделял в примере с *аттрактором* то, что здесь имеется определенная доля детерминизма, которая (т.е. доля) проявляется в определенной стабильности самого *квазиаттрактора* (именно это лежит в основе ТХС). В ТХС динамика СТТ описывается не как движение точки в ФПС, а как определенная область ФПС, внутри которой ВСС непрерывно и хаотически движется. Всё это так, но на этом особое свойство *аттрактора* для биосистем и заканчивается! Далее начинается свойства реальных биосистем (СТТ, *complexity*) для которых *квазиаттракторы* непрерывно и постоянно изменяются (это уже не модели аттракторов в детерминизме или стохастике). В любой ДСП-модели, задавая её параметры (вид уравнений, параметры модели) можно многократно добиться повторения параметров *аттрактора*. С КА этого делать нельзя! Согласно третьему свойству СТТ, сами *квазиаттракторы* в ФПС непрерывно эволюционируют, они движутся в ФПС (из-

меняют координаты своих центров, размеры своих объёмов V_G , внутри которых непрерывно и хаотически движутся ВСС в ФПС). Высказывание С.П. Курдюмова о том, что «детерминизм, утверждающий, что состояние исследуемого объекта будет строго находиться в данной области фазового пространства – такой детерминизм остался» – в ТХС тоже не имеет смысла на больших интервалах времени, но на коротких интервалах времени это реализуется *квазиаттракторами* [31,141]. Параметры КА в ФПС для СТТ долго удерживаться не могут, в отличие от *аттракторов* для технических, физических и химических систем! В ТХС любая СТТ действительно не прогнозируемая и не предсказуема и параметры её КА не могут долго удерживаться в ФПС. В ДСП при задании модели и её сравнении мы всегда повторим параметры *квазиаттракторов*, но в ТХС это невозможно принципиально. Для СТТ нет никаких повторений, «вчера» не определяет «завтра» [132]. Это касается в первую очередь регуляции ССС, т.е. кардиоинтервалов.

«Всё течет, всё изменяется» – верно и для СТТ и их аттракторов тоже. Эта постоянная изменчивость была доступна для понимания древним грекам и упорно отрицается современной наукой, базирующейся на ДСП. Этим непрерывным хаосом СТТ отличается от любых ДСП-систем. Попытка Я.И. Свиридова, который вел беседу с С.П. Курдюмовым, подвести *complexity* к объектам квантовой механики [132] – тоже ничего не дала, т.к. любая физическая система (даже пребывая в *аттракторе*) может при неизменных внешних (физических) условиях параметры *аттрактора* удерживать (классическая задача: «частица в потенциальной яме»), что для СТТ совершенно невозможно. Поскольку далее С.П. Курдюмов призывает к возможному пересмотру устоявшихся положений, то авторы этих строк и последовали этому совету (правда ещё 40 лет назад, т.е. задолго до 1991 года) и пересмотрели все постулаты ДСП, перейдя к ТХС и к новому пониманию особых свойств систем живой природы (СТТ). Абстрактная неустойчивость этих СТТ, о которой говорил И.Р. Пригожин [245], потребовала создания первоначально *компарментно-кластерной теории биосистем* (ККТБ), где выполняется только первый постулат ТХС (постулат *H. Naken*: мы не работаем с отдельными элементами системы, а только с

пулами, компартаментами, кластерами), а затем и весь набор положений и моделей ТХС. Расширение роли нестабильности (о которой говорил Пригожин) потребовало ввести глобальную нестабильность (в виде непрерывного *мерцания*, т.е. 2-ой постулат ТХС), непредсказуемость (из-за непрерывной эволюции СТТ) и всё-таки исходный детерминизм (даже в интерпретации С.П. Курдюмова о неизменности параметров *аттракторов*) в ТХС полностью исчезает! Он остается для технических, химических, физических систем, где можно записать различные (детерминистские) уравнения и при определенных условиях получить хаос в пределах ограниченной области ФПС (определенного аттрактора). Для СТТ в ТХС такого детерминизма вообще нет, с этого и начинается водораздел между синергетикой *H. Haken*, теорией *complexity* И.Р. Пригожина, теорией хаоса В.И. Арнольда [239, 243, 245] (и других учёных) и хаосом в пределах квазиаттракторов в ТХС. Параметры КА неповторимы, сами *квазиаттракторы* движутся в ФПС за счёт медленной, но непрерывной эволюции СТТ, но эта эволюция может быть *телеологичной* [55-63].

Закономерно и оправдано подчеркивая роль нестабильности (на примере маятника в верхней точке) и значение малых возмущений для выбора траекторий движения физической системы, С.П. Курдюмов при этом отходил от реальных биологических, социальных и космологических систем, способных к эволюции, о которых он говорил в самом начале своего интервью. Именно такие системы (СТТ) могут уходить очень далеко от состояния неустойчивого равновесия (далеко за 3 сигмы) и затем возвращаться в исходный *аттрактор*. Все физические, химические и технические системы на такую динамику не способны! У них нет самоорганизации, которая может «вытащить» СТТ из самой невероятной ситуации (точнее говоря затащить обратно СТТ в какой-то *квазиаттрактор*), при этом система избежит своей гибели. Это зафиксировано в пятом принципе организации биосистем-*complexity*, СТТ, что уводит ТХС в принципиально другую область знаний – мир *систем третьего типа*, особых систем с пятью принципами организации и 13-ю отличиями от ДСП-систем. Допускаются такие гигантские отклонения за счёт режимов бифуркаций, отхода от ДСП-

поведения. В ТХС это постулируется по внутренней организации СТТ (система произвольно может уйти за 10 сигм и вернуться обратно).

Для биосистем и социальных систем выход за пределы 3-х сигм случается довольно часто. Бывает и наоборот, когда по всем признакам организм должен существовать, а он погибает (синдром внезапной смерти, например). Такие выходы за пределы трёх сигм для СТТ характерны и в сторону их гибели, разрушения, и в сторону их выживания. Всему виной особые механизмы *самоорганизации*, которых нет в ДСП-системах. Это особенность, СТТ пока сторонниками ДСП не признаётся, а С.П. Курдюмов её видел в *бифуркациях*.

Во множестве состояний КИ заключена полная непредсказуемость и непрогнозируемость конечного состояния системы, о которой пытался сказать И.Р. Пригожин [245] и которые просто постулируются нами в ТХС (тем более если эти все возможные конечные состояния равновозможны!). Только ВУВ из этой бесконечности конечных возможных состояний могут обеспечить выбор (попадание ВСС) в нужную область, т.е. в нужный *квазиаттрактор*. В этом процессе задания необходимых ВУВ – роль человека становится решающей и единственной. «На человека налагается ответственность за выбор того или иного пути развития», – говорит С.П. Курдюмов, но в реальности всё гораздо тяжелее и хаотичнее. Без человека процесс просто может пойти не туда, куда надо. Роль науки теперь (в ТХС для СТТ) заключается и в научном обосновании (прогнозе) образа конечного *квазиаттрактора*. Для человечества – это *знаниевое, синергетическое, постиндустриальное общество* (ЗСПО), в научном мониторинге траекторий ВСС в ФПС (по параметрам порядка!), в научном обосновании ВУВ и обоснованных попытках привести систему в нужный (научно-спроектированный) КА [141]. Для СССР управление создается врачом при лечении [127, 207].

В рамках такого подхода наука становится другой и её роль многократно возрастает. Наука становится ответственной за траекторию ВСС в ФПС, за конечное состояние системы (за попадание в нужный *квазиаттрактор*). Если в ДСП наука строила модели, описывала и прогнозировала процессы, то теперь (в ТХС) она должна задавать нужные ВУВ, следить за их

реализацией, за динамикой процесса, обеспечивая попадание в нужную область ФПС. Сама система может туда попасть, а может и нет. Замечания С.П. Курдюмова по поводу рассуждений И.Р. Пригожина о конце материализма и редукционизма в отношении *complexity* всё-таки не совсем обоснованы, т.к. СТТ действительно неопределенны и без ВУВ им попасть в нужный *квазиаттрактор* невозможно. Здесь мы имеем противоречие в рассуждениях Сергея Павловича (ВУВ нужны и они материальны, а произвольное попадание в нужный КА для СТТ невозможно). В рамках ДСП для таких особых СТТ (*complexity*) мы действительно имеем полный крах традиционной науки. В ТХС мы имеем дело с системами, которые не имеют повторяемого начального состояния (и всех последующих!). Конечное состояние СТТ не прогнозируемо в принципе ни в виде точки в ФПС, ни в виде функций распределения $f(x)$, которые будут непрерывно и хаотически изменяться (параметрические распределения переходят в непараметрические, и наоборот).

Достичь конечного объема КА можно только при мониторинге СТТ, задании научно обоснованных ВУВ, а сама система не попадёт в нужное состояние. Если человек хочет встретить своё 100-летие, то для этого надо очень серьезно потрудиться, удерживая ВСС в нужных *квазиаттракторах*, привлекать все современные методы медицины для непрерывного мониторинга *вектора состояния организма человека* и непрерывно задавать нужные ВУВ (физическая нагрузка, геропротекторы, фармацевтические препараты, вести здоровый образ жизни и т.д.). Всё это требует больших усилий и больших знаний, чтобы преодолевать все возможные нестабильности в организме. ВСОЧ надо мониторировать и управлять им, чтобы удержать хаос ВСС в некоторых объемах ФПС (в нужных КА). Поэтому без ВУВ материализм для СТТ закончился, но *внешние управляющие воздействия* материальны и научно обоснованы в ТХС эти ВУВ делают систему прогнозируемой, а СТТ – материальными и управляемыми.

Особая забота – обходить точки и области с обострением, где жизнь может прерваться даже без сильных воздействий извне или наперекор задаваемым *управляющих воздействий*. Материализм и редукционизм для СТТ действительно закончился,

так как СТТ требует непрерывного мониторинга и управления. Простое знание начальных условий и якобы знание уравнений движений здесь уже бесполезно. Мы не можем сейчас в рамках ДСП описывать простой постуральный тремор, равно как и сложное биомеханическое движение. Электроэнцефалограмму, миограмму, нейрограмму, кардиоинтервалограмму нельзя повторить, спрогнозировать, предсказать с помощью того или иного уравнения и нельзя описывать их функциями распределения. Это всё неповторимые и невоспроизводимые процессы. Ими можно частично управлять в рамках *квазиаттракторов*, но их нельзя прогнозировать и описывать в ДСП. Это другой мир, мир других систем (СТТ, *complexity*). Редукционизм и прогнозируемость отошли в прошлое вместе с ДСП, с традиционной наукой. Теперь необходимо определять КА, параметры порядка, следить за эволюцией *квазиаттракторов* в ФПС, мониторировать эту эволюцию и непрерывно задавать ВУВ для коррекции поведения ВСС в ФПС. Все это уже делается медициной в кардиологии.

Один из главнейших вопросов, который поднимает С.П. Курдюмов при обсуждении подхода И.Р. Пригожина в изучении *complexity*, это вопрос о нестабильности и её роли в «современной научной картине мира» [132]. Курдюмов реально видит основу понимания нового мира именно в нестабильности, но при этом он явно не признает постоянную нестабильность СТТ, как мы это делаем сейчас с ТХС в смысле непрерывного $dx/dt \neq 0$, а это очень важный раздел нового подхода (это основа второго постулата ТХС). При этом он подчёркивает механизм такой нестабильности в виде того, что «малые возмущения и флуктуации на микроуровне влияют на макромасштабное поведение объекта» [132]. В этом высказывании скрыты две выдающиеся особенности СТТ, которые противоречивы для ДСП, традиционной науки, но которые ощущал Сергей Павлович и пытался их как-то описывать в рамках ДСП.

Возможны гигантские отклонения от средних значений, выход за пределы трёх сигм (а в будущем, как у НасимаТалеба) и даже за двадцать сигм. В качестве примера приводятся революции [132], когда нарастает процесс за счёт даже небольших (положительных) обратных связей. Во-вторых, С.П. Курдюмов

подчеркивает, что такие процессы не рядовые, воспроизводимые и наблюдаемые, а они могут быть крайне редкими (но они тоже могут быть наблюдаемыми). Редкие, но весьма серьезные отклонения могут появляться в СТТ без всяких видимых (для ДСП) причин, то есть они не повторяемы и не воспроизводимы искусственно, но они имеют место в природе. Характерный пример – внезапная смерть человека (без наблюдаемых предположений).

Иными словами в природе всё возможно (и выход за 20-ть сигм) и С.П. Курдюмов говорит о механизмах таких процессов: неустойчивость исходной системы, когда она уже накопила много энергии (или знаний, если речь идёт о человеке) и достаточно одного небольшого возмущения, толчка и система начнёт развиваться по неожиданному сценарию, который нарастает за счет положительных обратных связей. Все эти свойства и процессы в ТХС прописаны в виде пяти принципов организации СТТ. Курдюмов об этом (вместе с Пригожиным) говорит как о чем-то оригинальном, единичном, а мы в ТХС говорим как о регулярном, базовом принципе существования СТТ. При этом Курдюмов постоянно подчеркивает однородность таких сред, в которых «неустойчивость к малым флуктуациям ведет к образованию сложных структур, в другом – к их разрушению». Одновременно он постоянно подчеркивает «... всегда присутствующий на микроуровне хаос». Мы же в ТХС подчеркиваем (поступаем) постоянно присутствующий и на макроуровне непрерывный хаос в виде $dx/dt \neq 0$ и невозможность повторения любой траектории ВСС в ФПС для любой макросистемы (биомеханической, ФСО в виде работы сердца или системы дыхания, в виде электроэнцефалограмм, электромиограмм. Невозможно также в рамках одной функции распределения $f(x)$) повторение динамики СТТ [21, 23, 120, 164] и ее конечного состояния.

В этом заключено принципиальное отличие от традиционной ДСП, от представлений И.Р. Пригожина (с его *complexity*) и С.П. Курдюмова вместе с *H. Haken* (с его синергетикой). В этой связи следует отметить ещё одно отличие ТХС от представленной ДСП, в частности, представлений Пригожина и С.П. Курдюмова отмечает [132]: «здесь возможно множество путей развития, но опять же: не какое угодно их число, а строго определен-

ное». Курдюмов в этой части своего выступления пытается ещё раз выделить принцип редукционализма и наличия причинно-следственных связей в природе. Он подчеркивает в этой связи, что существуют ограничения в виде правила запрета на «... способы существования природных объектов», но не выделяют какие это запреты и от чего они зависят. В ТХС мы даём ответ и на этот вопрос в виде аналога принципа неопределенности Гейзенберга в квантовой механике: движения ВСС в ФПС ограничиваются размерами *квазиаттракторов*.

При этом сам ВСС внутри своего КА будет двигаться совершенно хаотически, без причинно-следственных связей. Иными словами причинно-следственная связь определяет размеры, параметры *квазиаттрактора*, но не влияет на конкретную траекторию ВСС в ФПС. Это как в работе нейросетей мозга, когда внутреннее состояние мозга (характер связей нейронов в сети) будет постоянно изменяться и это состояние неповторимо и невоспроизводимо, но конечный результат (например, решение бинарной задачи классификации) будет многократно воспроизводиться (и всегда однозначно и определено – две группы обследуемых нейросеть будет различать).

В этом случае, мы говорим о неизменности *аттрактора*, но само движение к этому аттрактору (и внутри него) будет неповторяемо и невоспроизводимо. Тем самым С.П. Курдюмов подчеркивает фундаментальные законы природы: пути движения *complexity* могут быть разными, но конечное состояние предопределяется внутренними механизмами, законами развития сложной системы, СТТ и тем самым отвергается сама возможность существования неких разумных сил, божественного начала. По И.Р. Пригожину мы теперь не верим в бога, играющего в кости, а С.П. Курдюмов добавляет: «... разрушается образ Великого Администратора, направляющего движение каждого атома по заданной траектории» [132]. В ТХС все это заменяется механизмами самоорганизации. При этом возлагается огромная ответственность на человека, который должен разумно «...уколоть среду в нужных местах и тем самым направить её движение». Речь идёт, конечно, о *внешних управляющих воздействиях*, которые должны задавать нужную траекторию эволюции СТТ, для её попадания в телеологически определенный *ква-*

зиаттрактор. Особым образом Курдюмов высказывался о крахе материализма и редукционизма. Материализм в виде детерминизма и стохастики действительно должен закончить своё существование, но материализм в виде неопределенного хаоса ($dx/dt \neq 0$), в возможности задания ВУВ и нужного движения ВСС в ФПС (но в пределах КА) должен остаться! Мир материалов, но он не имеет *детерминистскую* или даже *стохастическую* предопределенность. В ТХС функции распределения $f(x)$ будут непрерывно изменяться, но направление их изменения (в пределах объемов *квазиаттракторов*) можно изменять за счет ВУВ. В этом отличие нашей ТХС от ДСП, от представлений С.П. Курдюмова и И.Р. Пригожина. Эволюция организма человека и всего живого на Земле хаотична, но её можно научно спрогнозировать и перевести в нужный КА. Об этом говорил и В.И. Вернадский в своей теории о ноосфере (ноосфера требует управления разумом!).

И последнее отличие, имеющие принципиальное значение: вся теория *H. Haken* (и его постулат о невозможности работы с отдельными элементами системы, а только со всей системой, как целым) базируется на требовании однородности этой системы, как совокупности элементов. В реальных природных системах не являются однородными. Поэтому любое малое воздействие иногда способно вызвать катастрофу (эффект бабочки). Однако, такие «бабочки» бывает только в неоднородных средах, эта бабочка (*параметр порядка*) должна появляться в нужном месте и в нужное время. Эта бабочка будет *параметром порядка* для данной системы, в данный момент времени. Поэтому вся синергетика должна пересмотреть своё отношение и к *параметрам порядка*, и к «бабочкам». В однородных средах (а они типичны для физики, химии, техники) эффекты бабочки наблюдать очень сложно. Для этого нужны огромные неоднородности, отклонения от средних, большие значения положительных обратных связей в таких сложных системах. Для таких эффектов необходимы и большие энергии (наличие их источников – это тоже неоднородности). Поэтому термодинамические системы вблизи равновесия не могут давать эффект бабочки, т.к. нужны неоднородности и неустойчивости.

В целом, ТХС существенно отличается от ДСП, И.Р. Пригожин и С.П. Курдюмов подошли очень близко к пониманию реальности СТТ, к основным принципам их функционирования. Однако, грань ДСП им была не преодолена. Как и 20 лет, назад наука отказывается признавать особые *системы третьего типа* и их принципы организации. Такая задержка в ДСП – это торможение процесса не только в области естествознания, но и в социологии, политологии, педагогике, психологии и многих других «неточных» науках. Именно об этом хотели сказать С.П. Курдюмов и И.Р. Пригожин, но говорить об этом в рамках ДСП не имеет смысла. Все дискуссии все-таки идут внутри ДСП, и эта грань пока не преодолена. На фоне этой задержки в развитии ТХС особым образом выделяется возможность перехода из области физики (ДСП-науки) в области ТХС хотя бы по отдельным направлениям.

Теоретическая биофизика и медицинская кибернетика с момента своего возникновения постоянно пытается найти аналоги поведения сложных *биологических динамических систем* и объектов неживой природы. Для подтверждения этого достаточно вспомнить фундаментальное выступление *A.V. Hill* [240]. Имеются и некоторые издания, например, Н. Рашевского, которые ещё в 30-х годах XX-го столетия представляли подобные аналогии между физическими системами и БДС. Существенно, что в этих многочисленных попытках существует очень мало примеров аналогий между объектами квантовой механики и БДС. В ТХС сейчас мы вводим принцип неопределенности для сложных БДС (*complexity*), который является некоторым аналогом соотношения Гейзенберга. Однако проблема неопределенности динамики поведения объектов микромира может иметь некоторые общие корни с объектами макромира, например со сложными биосистемами (*complexity*). При этом демонстрируется возможность некоторого аналога туннельного эффекта для СТТ на основе использования метода многомерных фазовых пространств. Наличие такой неопределенности в БДС свидетельствует о множественности механизмов организации поведения СТТ, для физики это означает ограниченность наших знаний об организации движения частиц [141].

Для более полной аналогии с физическими подходами и объектами нами были взяты в качестве примеров биомеханические системы, организующие постуральный тремор и теппинг. В таких БДС можно легко вводить координаты $x_1(t)$, скорости $x_2=dx_1/dt$ и ускорения $x_3=dx_2/dt$, тогда вектор состояния $x=x(t)=(x_1, x_2, x_3)^T$ таких биомеханических систем образует привычное для физики трёхмерное *фазовое пространство состояний*. Однако, в отличие от физических систем биомеханические системы не могут демонстрировать абсолютный или относительный покой в виде $dx/dt=0$ для всех координат ВСС, т.е. $x=x(t)\neq const$. Постуральный тремор и теппинг – яркая иллюстрация этого тезиса, т.е. хаотической динамики ВСС в ФПС.

Известно, что с момента выхода работ Шмальгаузена, Ращевского, Лотки и Вольтерра прошло уже более 70-ти лет, но проблема построения некоторого единого подхода в теоретической биофизике остается открытой. Существенным пробелом здесь остается отсутствие классических разделов (столь характерных для теоретической физики), например в виде классической механики (биомеханики) и аналога квантовой механики в динамике поведения сложных систем (*complexity*). При этом на молекулярно-клеточном уровне (в биофизике) мы имеем несомненные достижения и успехи (в виде изучения наследственности, строения и функцией мембран и др.). При переходе к сложным динамическим системам с самоорганизацией проблема прогнозируемости таких систем и даже возможности повторения их начального состояния в виде $x=x(t_0)$ или любой динамической траектории ВСС в ФПС – остается принципиально нерешенной. На это обращал внимание и *M. Gell-Mann* в своём известном обращении по проблеме неопределённости для *complexity* [238].

Принципиальная непредсказуемость и неповторимость динамики поведения сложных динамических систем обусловлена особыми свойствами БДС, которые мы сейчас определяем как *системы третьего типа*. В современной теоретической биофизике СТТ определяют как *complexity*, но при этом нет строгого определения этих систем и их свойств. В настоящем сообщении мы представим только факты особого поведения (и свойств) СТТ на конкретных примерах без детального описания методов

их моделирования. Формальный аппарат для описания СТТ мы будем представлять на основе биологического аналога принципа неопределённости Гейзенберга, который в рамках *детерминистско-стохастического подхода* общепризнан на микроуровне.

Рассмотрим соотношение между *системами третьего типа* в биологии и медицине и *принципом неопределённости Гейзенберга*.

Отметим еще раз, что первые попытки ввести некоторые понятия о СТТ были выполнены 65 лет назад *Warren Weaver* в его известной публикации «*Science and complexity*» [247]. Однако, вводя понятие организованной сложности *W. Weaver* тогда не выполнил систематизацию таких объектов, их основных свойств и, главное, не предложил методы и модели для их описания. Традиционные физические подходы в биофизике на уровне *complexity*, как это и представлял в 50-х годах 20-го века *A. Hill*, не дали нужных результатов [240] из-за особых свойств СТТ. Многочисленные попытки *H. Haken* [239] и *I.R. Prigogine* [245] в области синергетики и теории *complexity* также закончились безрезультатно в плане выделения особого математического аппарата и особых моделей для описания *complexity* с самоорганизацией. Более того, сам Пригожин в предсмертной статье «*The Die is not Cast*» [245] особым образом выделил системы в природе, которые современная наука не изучает и не описывает. Речь идёт об уникальных системах, без их повторения в пространстве и времени. Однако, как мы сейчас покажем, именно эти системы и составляют основные объекты в биологии и медицине. Эти особые объекты (и их свойства) уже описывали в своих обзорах Г.Р. Иваницкий [63, 68] и В.В. Смолянинов [69, 74]. Однако, особое свойство непрерывного *мерцания* и *эволюции* каждой *complexity* остаётся всё-таки за пределами обсуждения с позиций детерминизма и стохастики [21, 23, 120, 164].

Поскольку мы в настоящем сообщении будем представлять только факты, то принципы организации и особые свойства СТТ мы не будем доказывать (а это 5 принципов организации СТТ и 13-ть их отличий от объектов физики, химии, техники), а сразу укажем на особенности СТТ с позиций традиционной науки, т.е. физики и математики, описывающих объекты неживой природы. Иными словами, мы сейчас выделяем свойства объектов

живой природы, которые отсутствуют у объектов неживой природы, но которые можно описывать аналогами физических подходов.

Во-первых, все СТТ (*complexity* в трактовке Пригожина-Хакена) не имеют точек покоя в традиционном ДСП. Например, для СТТ никогда их ВСС $x=x(t)$ не сможет продемонстрировать стационарный режим в виде $dx/dt=0$. Для любой СТТ их ВСС в ФПС испытывает непрерывное и хаотическое движение. Это движение (как и движение электрона в условиях энергетических ограничений, например, в потенциальной яме или на определённом энергетическом уровне в атоме) ограничено определёнными рамками, накладываемыми на фазовые координаты. Таким образом, СТТ не имеет стационарных режимов в аспекте ДСП.

Во-вторых, в биомеханике такими фазовыми координатами является положение конечности (пальца при постуральном треморе) по отношению к регистрирующему датчику – $x_1 = x_1(t)$ и скорость перемещения конечности $x_2 = x_2(t) = dx_1/dt$. На фазовой плоскости вектора $x = (x_1, x_2)^T$ можно построить фазовые траектории, которые всё-таки будут иметь определённые границы в пределах фазового пространства. Эти границы образуют некоторую область в ФПС, которая характеризует физиологическое (психическое) состояние субъекта (испытуемого) и которую мы будем обозначать как КА. Объём *квазиаттрактора* (V_G) является важной характеристикой объекта и он используется сейчас нами в биологии, психологии и медицине для диагностики функций организма испытуемого [127]. Таким образом, КА – важная характеристика любой СТТ (*complexity*), динамики поведения их ВСС.

В целом, для СТТ мы имеем некоторые области фазового пространства, внутри которых происходит непрерывное и хаотическое движение ВСС, но хаос БДС, т.е. СТТ, существенно отличается от хаотического движения, которое изучается на моделях в рамках разрабатываемой сейчас теории хаоса. Это отличие заключено в непрерывной и постоянной эволюции СТТ, которая связана с возрастными изменениями организма, а также возникновением заболеваний. Отметим, что после выздоровления организм человека не возвращается в исходное состояние

(нельзя дважды переболеть одинаково одним заболеванием, т.к. организм эволюционирует и после выздоровления не возвращается в исходное состояние). Таким образом, СТТ имеют свойство эволюции, когда их *квазиаттракторы* движутся в ФПС (например, при старении организма).

Если в теории хаоса с помощью данной модели (повторяя параметры математической модели) можно воспроизвести параметры КА, то для биосистем (СТТ) дважды повторить их внутреннее состояние или динамику поведения их ВСС даже на коротком интервале времени – невозможно. Более того, если использовать статистические методы для описания СТТ, то мы можем получать даже на коротких интервалах времени $\tau_1=\tau_2=\tau_3=\dots$ разные функции распределения. Такая динамика имеет место при регистрации постурального тремора, теппинга (периодическое движение пальца), кардиоинтервалов, электромиограмм и электроэнцефалограмм. Любые параметры *гомеостаза* (включая и биохимические параметры крови) всегда демонстрируют полное отсутствие точек покоя (т.е. $dx/dt \neq 0$) и непрерывное изменение параметров функций распределения $f(x)$.

Более того, на коротких интервалах времени τ распределение может переходить от параметрического распределения к непараметрическому распределению и обратно. Иными словами ни детерминистские модели в виде дифференциальных, разностных, интегральных или интегро-дифференциальных уравнений не могут описывать такие СТТ (т.к. начальное состояние ВСС в виде $x(t_0)$ неповторимо и невозпроизводимо в принципе), ни стохастический подход в виде расчёта функций распределения $f(x)$ не может быть использован для описания СТТ. Это особый тип систем, которые находятся в непрерывной хаотической динамике и для которых отсутствует возможность какого-либо прогноза в будущем на конечное состояние СТТ. Именно это пытался сказать *M. Gell-Mann* в своём обращении, но только в отношении физических систем [238].

Система регуляции тремора и ССС такова, что мы не можем использовать обычные статистические методы расчета, так как на разных коротких (рядом лежащих) интервалах измерений система ведет себя совершенно неустойчиво. Распределение из нормального переходит в непараметрическое, при этом и нор-

мальное распределение даёт разные значения параметров среднего ($\langle x \rangle$) и дисперсий (D), то есть создается впечатление, что генерируется постоянно другая выборка. Если сравнивать два разных интервала измерения кардиоинтервалов τ , то мы тоже получаем постоянно изменяющиеся результаты: то различия по Вилкоксону существенны, то они статистически незначимы.

Всё будет зависеть от момента времени измерения. При этом такое поведение нельзя называть *флуктуациями*, так как нет среднего значения случайной величины. Точнее говоря, само это среднее (вместе с дисперсией или другими характеристиками) непрерывно и хаотически изменяется. Иногда даже возможно нормальное распределение на коротком интервале времени, но это столь редкое и случайное (хаотическое) явление, что об этом нет смысла даже говорить.

Аналогичные результаты мы получаем и при анализе кардиоинтервалов, миограмм, электроэнцефалограмм. Нельзя выделить закон распределения! Для иллюстрации представим второй характерный пример из области регистрации кардиоритмики, когда $x_1(t)$ – это функция кардиоинтервалов, а $x_2 = dx_1/dt$ – скорость изменения $x_1(t)$.

В табл. 2 мы представляем некоторую аналогию предыдущего примера с постуральным тремором, но теперь уже у испытуемого регистрируются параметры с помощью пульсометра (время между ударами пульса) и общий интервал измерения теперь $\tau = 5$ мин (сравните с 5 сек для тремора), который разбивается на 4-е интервала по 1-й минуте (первая минута отбрасывается из-за неустоявшегося режима регистрации пульса), то есть $\tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4 = 4$ мин. Такая пятиминутная длительность общепринята в Европе, но мы сейчас продемонстрируем, что на каждой минуте измерения мы, как и в опытах с тремором, будем иметь хаотическую динамику. Для этого первоначально проверим статистически сопоставимы ли они между собой (эти интервалы τ_i) и также с общим интервалом в 5 мин (с его разбиением на 4-е отрезка), когда на испытуемого действовали ритмической музыкой (аналогично с опытом по тремору) и при эго нахождении в спокойном состоянии.

Таблица 2

Проверка на нормальность

	<i>N</i>	<i>макс. D</i>	<i>K.-С. p</i>	<i>Лиллиеф. p</i>	<i>W</i>	<i>p</i>
До воздействия 1	79	0,08	$p > .20$	$p > .20$	0,97	0,09
До воздействия 2	79	0,10	$p > .20$	$p < ,10$	0,98	0,25
До воздействия 3	79	0,11	$p > .20$	$NN p < ,05$	0,98	0,25
До воздействия 4	79	0,07	$p > .20$	$p > .20$	0,99	0,60
До воздействия общ	398	0,05	$p < ,20$	$NN p < ,01$	0,99	0,16
Ритмическая 1	79	0,08	$p > .20$	$p > .20$	0,97	0,09
Ритмическая 2	79	0,09	$p > .20$	$p < ,10$	0,97	0,10
Ритмическая 3	79	0,09	$p > .20$	$p < ,15$	0,97	0,05
Ритмическая 4	79	0,10	$p > .20$	$NN p < ,05$	0,97	0,08
Ритмическая общ	398	0,07	$p < ,05$	$NN p < ,01$	0,99	0,00

Примечание: *N* – число измерений (точек регистрации, макс.; *D* – одновыборочная дисперсионная статистика; *K.-С. p* – критерий Колмогорова-Смирнова; *Лиллиеф. p* – критерий Шапиро-Уилка; *p* – принадлежность к типу распределению ($p < 0,05$ – не нормальный тип распределения, $p > 0,05$ – нормальный тип распределения))

В рамках ТХС механизмы регуляции тремора, теппинга, кардиоритмом, миограмм и электроэнцефалорамм имеют общие корни. Эта общность заключена в принципах организации и функционирования любых *complexity*, любых СТТ. Главный принцип – это непрерывное и хаотическое движение *вектора состояния системы* в пределах некоторого *квазиаттрактора* – области фазового пространства, внутри которого ВСС хаотически движется. Для таких движений стохастический подход, математическая статистика, неприменимы (как и для тремора, что мы показали выше). Для кардиоинтервалов мы имеем непрерывные переходы от параметрических распределений к непараметрическим и обратно на коротких интервалах времени τ . На этих же интервалах τ сами эти функции распределения непрерывно меняются, то есть использовать методы математической статистики невозможно.

Действительно, в табл. 3 представлены результаты расчета двух отрезков измерения кардиоинтервалов (по 5 мин каждый) в

спокойном состоянии (до воздействия) и после звукового воздействия (громкая ритмическая музыка, как фактор стресса). Очевидно, что для всех 10-ти сравниваемых интервалов (все для одного испытуемого) критерий Лиллифорса (граничное значение $p < 0,05$ свидетельствует о ненормальном распределении), в четырех случаях демонстрирует отход от нормального распределения, для других измерений у этого испытуемого динамика аналогичная – хаотическая. Более того, для многих других обследуемых (всего более 20-ти тысяч измерений кардиоинтервалов) картина приблизительно аналогичная: распределения переходят от нормальных к непараметрическим и обратно и это длится непрерывно и хаотически. Однако, главное даже не эта постоянная хаотическая игра с формой распределения. Главное то, что сами эти распределения постоянно изменяются: изменяются их средние значения $\langle x \rangle$ и дисперсии D^* , их моды, медианы, изменяется всё. Такие биосистемы находятся в непрерывной вариации (а не флуктуации!), т.к. они хаотически изменяются.

Таблица 3

Оценка наличия различий между группами

Ранговый ДА и конкордация Кендалла ДА хи-кв. $(N=79, cc=7) = 25,60529 \ p < 0,00059$ Коефф. конкордации = 0,04630 Средн. ранг $r = 0,03408$			
	Медиана	25,000%	75,000%
До воздействия 1	800	750	840
До воздействия 2	810	760	860
До воздействия 3	790	760	820
До воздействия 4	780	750	820
Ритмическая 1	770	700	820
Ритмическая 2	790	750	810
Ритмическая 3	770	740	820
Ритмическая 4	790	740	830

В табл. 3 мы демонстрируем наличие различий между группами для выборок из табл. 3. Для всех 8-ми интервалов (изъяли общие интервалы) $p < 0,05$, т.е. с позиций дисперсионного анализа все эти выборки различны, они принадлежат к разным гене-

ральным совокупностям. Однако, они получены от одного испытуемого за короткий интервал времени $T=10$ минут! Различия весьма существенны, т.к. для всех 8-ми выборок $p < 0,00059$.

В табл. 4 представлены результаты проверки статистической значимости различий с использованием критерия Вилкоксона (для парного сравнения выборок до воздействия и после воздействия). Очевидно, что для 4-х пар сравнения полученные различия по критерию Вилкоксона статистически значимы, а для остальных 12-ти пар эти различия статистически не существенны. Выполнить достоверное заключение о различиях в *кардиоинтервалах* до воздействия и после не представляется возможным из-за постоянных (хаотических) изменений параметров *кардиоинтервалов*. Выборки КИ ежеминутно изменяются и применять статистические методы для оценки состояния системы регуляции работы сердца не представляется возможным (получается, что все выборки из разных генеральных совокупностей, хотя обследуемый один и единственный в данном примере из всех 20-ти тысяч обследованных).

Таблица 4

Проверка статистической значимости различий с использованием критерия Вилкоксона

	Ритмика 1	Ритмика 2	Ритмика 3	Ритмика 4
До 1	0,03	0,21	0,11	0,33
До 2	N 0,00	0,01	N 0,00	N 0,00
До 3	N 0,00	0,14	0,03	0,18
До 4	0,04	0,53	0,26	0,58

Такая полная неопределенность в динамике поведения КИ (как и треморограмм, теппингграмм, миограмм) уже начинается с неопределенности вида функций распределения (игра идет между параметрическими и непараметрическими распределениями) и далее с попыткой идентификации различий между группами. В нашем примере мы получили соотношение 4/12, но есть и противоположные примеры 12/4 и много других примеров. Эти изменения наблюдаются непрерывно у одного (каждо-

го) испытуемого, а значит, любые статистические результаты имеют ежесекундный для тремора (ежеминутный для КИ) характер изменения (хаотического!). В следующие интервалы времени всё будет другим, и достоверную информацию от статистических методов обработки подобных сигналов мы не получим. Все эти данные непрерывно изменяются. Традиционная ДСП-наука для подобных систем оказывается практически неэффективной. И.Р. Пригожин в своём обращении [245] это подчеркивал особым образом, говоря об уникальных системах.

Для выхода из создавшегося положения мы ввели аналог принципа неопределенности Гейзенберга и постулировали, что ВСС хаотически и непрерывно движется внутри некоторых *квазиаттракторов*, а статистические функции (и их характеристики) непрерывно мерцают). Точнее говоря мерцают параметры ВСС в ФПС и потому мы сейчас определяем объемы КА и координаты их центров для диагностики состояний организма испытуемых и их реакций на внешние воздействия. Если КА начинает двигаться в ФПС, то это будет представлять эволюцию поведения систем регуляции и всего организма в целом. Мы постулируем пять особых свойств (принципов организации) СТТ и тринадцать отличий СТТ (*complexity*) от традиционных ДСП – систем.

Для построения нового подхода в изучении особых (уникальных по И.Р. Пригожину [245] и W. Weaver [247]) *систем третьего типа* недостаточно демонстрации неприменимости методов *детерминизма* и *стохастики*. Необходимо описать основные свойства таких СТТ (принципы их организации), выделить их отличия от ДСП-систем и, далее, представить методы и модели для описания таких уникальных СТТ. Поскольку мы в начале монографии представляли эти принципы, то сейчас кратко их напомним и далее представим конкретные примеры из биомеханики, которые продемонстрируют эффективность анализа принципа Гейзенберга в изучении биосистем.

Итак, рассмотрим пять базовых свойств биологических динамических систем (БДС):

1. БДС – это системы с компартментной и кластерной структурой, когда отдельная единица (компартмент) может состоять из одного элемента или целого множества, но при этом

важна динамика поведения такого множества (компартамента или *кластера* – совокупности компарментов). Такой *компарментно-кластерный подход* (ККП). Кластерные БДС являются сложными, иерархическими системами и их необходимо описывать многокомпонентными векторами $x=(x_1, \dots, x_m)^T$ в m -мерном ФПС.

2. Второй особенностью БДС является постоянное изменение структуры и связей, т.е. БДС относятся к кластеру «*glimmering system*», т.е. «мерцающим системам». Причем это «мерцание» относится не только к изменению величин параметров ВСС, но и к размерности ФПС, к значимости x_i (сейчас эти x_i – параметры порядка, а чуть позже – уже нет, ими становятся другие). Работать с такими «мерцающими системами» очень сложно, для них нет аналогов в физике или химии, т.к. термин «флуктуация» в этих точных науках имеет уже укоренившееся значение и смысл, и можно только весьма условно его использовать для БДС, т.е. говорить о «биофлуктуациях» БДС. При этом нужно вкладывать в это понятие некоторый другой, биологический смысл (хотя бы в смысле «*glimmer*»), так как у этих систем отсутствуют возможности флуктуировать вблизи средних значений, т.е. распределение в некотором объеме ФПС (мы его называем *квазиаттрактором*) может быть (и, как правило, бывает) равномерным.

3. Такие сложные, «мерцающие» БДС при этом обладают еще и *эволюцией*. Мы говорим о микроэволюции человека (как пример одной из 3-х БДС в ФПС от рождения до старости и смерти) или об эволюции человечества (переход от традиционалистского типа к технологическому обществу и далее в *знаниевое, синергетическое, постиндустриальное общество*). Микроили макроэволюция присущи любой БДС, и в этом заключена еще одна сложность (как прогнозировать динамику и конечное состояние этой эволюции).

4. Все БДС обладают свойством *телеологичности*. Возможно, в это понятие следует вкладывать другой смысл, чем это делал Л. фон Бергаланфи, но некоторая конечная цель в динамике развития любой БДС имеется. Например, для человека – это процесс накопления информации для себя и для человечества, или неизбежность смерти человека, а может быть и всего чело-

вещества (!?). Все это еще предстоит изучать, но эти свойства явно обозначаются в динамике любой БДС (в частности, и для *функциональных систем организма*).

5. Самое экстравагантное свойство БДС и тяжело воспринимаемое сторонниками *детерминистско-стохастического подхода* это свойство *выхода за пределы трех сигм* (для распределения Гаусса попадание за эти границы имеет вероятность $P < 0,003$). Принципиально, что БДС, вся эволюция живого происходит за пределами 3-х сигм, т.е. имеют место гигантские «биофлуктуации», отклонения от средних значений. Именно такие БДС, в частности, люди (гении) создают новые (тоже экстравагантные, выходящие далеко за интервалы устоявшихся границ) теории и подходы, новые направления в науке. Все биологические процессы, выходящие за пределы 3-х сигм, должны регистрироваться, изучаться, измеряться и для них необходимо строить модели в рамках новой ТХС.

Различия в подходах между ДСП и *третьей парадигмой* (ТП) при описании биосистем можно представить в виде сравнения:

ДСП в описании движения вектора состояния системы – ВСС	ТП в описании движения вектора состояния системы
1. Изучаются поведения отдельных элементов	1. Изучаются не отдельные элементы, а пулы, компартменты, кластеры (по Г. Хакену)
2. В формальном аппарате (в фазовом пространстве состояний – ФПС) работаем с точками или линиями	2. В ФПС работаем с областями ФПС, внутри которых движется вектор состояния системы (эти области – облака – образуют квазиаттракторы)
3. Имеются стационарные режимы (для вектора состояния x имеем $dx/dt=0$ и $x=const$)	3. Не имеются стационарные режимы ($dx/dt \neq 0$ и $x \neq const$), т.к. система находится в постоянном движении в ФПС (она обладает свойством « <i>glimmering system</i> »)
4. Системы иногда имеют <i>компар- тментно-кластерную структуру</i> (ККС)	4. Многие системы имеют ККС
5. Некоторые системы телеологичны (имеют прогнозируемое конечное состояние)	5. Многие системы (человекомерные) имеют телеологические свойства (прогнозируемое конечное состояние)

6. Некоторые системы эволюционируют	6. Все человекомерные системы эволюционируют
7. Выход за пределы 3-х сигм - артефакт и не изучается	7. Выход за пределы 3-х сигм - закономерность и активно изучается (влияет на параметры квазиаттракторов)
8. Распределения параметров ВСС неравномерные	8. Обычно распределения параметров ВСС равномерные
9. Хаотические режимы эпизодические и они моделируются ДСП-моделями	9. Система постоянно находится в микрохаосе и этот микрохаос описывается квазиаттрактором, ДСП-моделей нет
10. Единица (элемент) характеризует динамику процесса в рамках системного анализа	10. Единица – ничто и единица – всё (если она параметр порядка) в рамках системного синтеза (главная проблема синергетики и ТХС)
11. Обычно размерность ФПС (модели) не изменяется, мониторинг системы не требуется, т.к. априори есть модели или функции распределения для ВСС	11. Размерность m ФПС изменяется легко, поэтому требуется постоянный мониторинг параметров порядка для ВСС
12. В теории хаоса (подход И.Р. Пригожина и В.И. Арнольда) начальное состояние задано определённо	12. Начальное состояние не определено (известны приблизительно параметры квазиаттрактора)
13. Параметры модельных квазиаттракторов могут быть определены точно	13. Параметры реальных (точнее идеальных) аттракторов никогда не могут быть определены (квазиаттракторы приблизительно представляют реальные аттракторы, как частота события его вероятность), но из-за 5-ти свойств биосистем реальные аттракторы никогда не достижимы

Резюме

В живой природе существует огромное количество особых систем третьего типа (СТТ), которые невозможно описать и прогнозировать в рамках детерминистских и стохастических (вероятностных) подходов. С.П. Курдюмов и И.Р. Пригожин их предчувствовали, но полная неопределенность динамики СТТ пока еще не признана современной наукой.

Для таких СТТ справедлив некоторый аналог принципа Гейзенберга, когда интервалы изменений для каждой фазовой координаты Δx_i укладываются внутри некоторого ограниченного объема фазового пространства состояний $V_G^{max} \geq \prod_{i=1}^m \Delta x_i$, где Δx_i – интервалы внутри которых каждая x_i хаотически и непрерывно движется.

Параметры *квазиаттракторов* являются индивидуальной характеристикой исследуемой биосистемы и могут быть использованы в биологии, психологии, медицине для изучения статуса биообъекта (организма человека). Они характеризуют норму или патологию, реакцию организма на различные воздействия (в спорте, медицине и т.д.).

Биосистемы (организм человека) обладает особыми пятью свойствами и одно из них (*эволюция* организма) требует мониторинга параметров КА (желательно непрерывно). При признании этих пяти свойств возникают 13-ть отличий ДСП-систем от СТТ (*complexity*).

Глава II

ХАОТИЧЕСКАЯ ДИНАМИКА ПАРАМЕТРОВ ССС МУЖСКОГО И ЖЕНСКОГО НАСЕЛЕНИЯ

1. Статистический анализ обработки данных параметров вариабельности сердечного ритма женщин некоренного населения Югры

Для изучения динамики параметров СССР некоренного населения Югры, методом вариационной пульсоинтервалографии было обследовано 228 человек. Обследуемые были разделены по полу на мужчин и женщин, на три групп по 38 человек в каждой: 1-я группа 18-36 лет; 2-я группа 37-49 лет; 3-я группа 50 лет и старше. Все наблюдаемые были без патологий и жалоб на здоровье (согласно Хельсинской декларации давали добровольное согласие на обследование).

Обработка данных в рамках статистики всех x_i , производилась по программе «*Statistica 6.1*». Первоначально производилась идентификация возможности нормальных законов распределения (обычно это было 6 параметров из 15) и одновременно обрабатывались выборки x_i в рамках непараметрических распределений. После их распределения, все выборки переводились в непараметрические распределения, и производилось сравнение всех x_i для всех трёх пар.

Проверка данных на соответствие нормального распределения, оценивалась на основе вычисления критерия Шапиро-Уилка. Выявлено, что большинство параметров спектра вариабельности сердечного ритма описываются законом ненормального распределения.

Исследование параметров СССР некоренного женского населения Северных территорий РФ показало для младшей группы доминирование *парасимпатического* отдела ВНС над *симпатическим* отделом вегетативной нервной системы.

Очевидно, что непараметрическое распределение показателя SIM даёт устойчивое увеличение с возрастом от $Me_1=3$ до $Me_3=6$ у женщин некоренного населения Югры [31].

ИНБ у женщин 3-й возрастной группы некоренного населения является самым высоким и составляет 82-83 у.е. по сравнению с остальными группами женщин при $p < 0,05$. Полученные данные свидетельствуют об активных процессах адаптации к экологическим факторам севера у женщин в возрасте от 50 и старше.

Непараметрическое распределение показателей LF и HF дают устойчивое уменьшение с возрастом: LF от $Me_1=2220,5$ до $Me_3=817,5$, HF от $Me_1=1079,5$ до $Me_3=273$ (при $p < 0,05$). Важно отметить, что показатели данных параметров в 1 группе некоренного населения на порядок больше чем у коренного населения, но с увеличением возраста параметры приобретают схожесть в значениях (при $p < 0,05$).

Одновременно, значения по показателю VLF у некоренного населения имеют параболическую форму, если их представить в графическом виде.

Оценка значимости различий по интегральным показателям для женского некоренного населения Югры позволила установить статистически значимые различия между 1 и 2, 1 и 3 группами по показателям: SIM , PAR , $SDNN$, INB при $p < 0,05$. А между 2 и 3 группами по ряду параметров статистически значимых различий не выявлено, т.е. эти группы принадлежат одной генеральной совокупности (табл. 5).

Статистический анализ данных по спектральным параметрам ВСР женского некоренного населения Югры позволил установить различия между 1 и 2, 1 и 3, а так же между 2 и 3 группами, но лишь по показателям: LF и HF (табл. 6).

Таблица 5

**Результаты попарного сравнения средних значений рангов
(допустимого уровня значимости параметров вариабельности
сердечного ритма женщин некоренного населения Югры)
интегральных параметров с помощью критерия Манна–Уитни**

Отмеченные критерии значимы на уровне $p < 0,05$			
Параметры	p – уров. 1 со 2	p – уров. 1 с 3	p – уров. 2 с 3
<i>SIM</i>	0,00	0,00	0,25
<i>PAR</i>	0,00	0,00	0,39
<i>SDNN</i>	0,00	0,00	0,28
<i>INB</i>	0,00	0,00	0,33
<i>SPO2</i>	0,90	0,01	0,00
<i>HR</i>	0,91	0,19	0,21

Примечание: *SIM* – показатель активности симпатического отдела ВНС (у.е.), *PAR* – показатель активности парасимпатического отдела ВНС (у.е.), *INB* – показатель индекса напряжения по Р.М. Баевскому (у.е.), *SPO2* – содержание оксигемоглобина в крови испытуемых (%), *SDNN* – стандартное отклонение полного массива кардиоинтервалов (мс.), *HR* – частота сердечных сокращений (уд/мин).

Таблица 6

**Результаты попарного сравнения средних значений рангов
(допустимого уровня значимости параметров вариабельности
сердечного ритма женщин некоренного населения Югры)
спектральных параметров с помощью критерия Манна–Уитни**

Отмеченные критерии значимы на уровне $p < 0,05$			
Параметры	p – уров. 1 со 2	p – уров. 1 с 3	p – уров. 2 с 3
<i>VLF</i>	0,13	0,47	0,60
<i>LF</i>	0,00	0,00	0,05
<i>HF</i>	0,00	0,00	0,01
<i>LF(p)</i>	0,80	0,40	0,52
<i>HF(p)</i>	0,80	0,40	0,52
<i>LF/HF</i>	0,82	0,39	0,53

Примечание: *VLF* – мощность спектра сверх низкочастотного компонента вариабельности ($\text{мс}^2/\text{Гц}$), *LF* – мощность спектра низкочастотного компонента вариабельности ($\text{мс}^2/\text{Гц}$), *HF* – мощность спектра высокочастотного компонента вариабельности ($\text{мс}^2/\text{Гц}$), *Total* – общая спектральная мощность ($\text{мс}^2/\text{Гц}$), *LFnorm* – низкочастотный компонент спектра в нормализованных единицах (%), *HFnorm* – высокочастотный компонент спектра в нормализованных единицах (%).

2. Статистический анализ обработки данных параметров вариабельности сердечного ритма мужского населения Югры

В табл. 7 представлены результаты статистической обработки данных измерений показателей вариабельности сердечного ритма трех возрастных групп мужского населения Югры. Выявлено, что не все показатели соответствуют нормальному распределению ($p>0,05$). Показатель *SDNN* в первой возрастной группе, показатели *PAR*, *SDNN*, *SSS*, *INB* во второй возрастной группе и показатели *LF*(н), *HF*(н) в третьей возрастной группе соответствуют непараметрическому распределению, поэтому дальнейшее исследование зависимостей производились методами непараметрической статистики.

Также из рис. 4 видно, что с увеличением возраста происходит перестройка функциональных систем организма, в частности нарушается равновесие в вегетативной нервной системе в сторону повышения активности ее симпатического отдела. Если в 1 ($PAR_1=10,3$ у.е) и 2 ($PAR_2=9,2$ у.е.) возрастных группах преобладает выраженная парасимпатотония, то в 3 ($SM_3=10,9$ у.е.) возрастной группе – *симпатотония*, что показывает адаптацию организма в условиях северных широт с возрастом.

Значения стандартного отклонения полного массива кардиоинтервалов (*SDNN*) у мужского населения Югры всех возрастных групп находятся в ниже нормы ($SDNN_1=41$ мс) и ($SDNN_2=38,6$ мс), ($SDNN_3=28,6$ мс). Среднее значение у здоровых людей до 25 лет 70 ± 10 мс, 26-40 лет: 60 ± 6 мс и старше 40 лет: 60 ± 8 мс. Индекс напряжения регуляторных систем (*INB*) в норме, в покое колеблются в пределах 80-150 у.е. [9]. Индекс напряженности регуляторных систем (*INB*) у мужского населения Югры в 1 и 2 возрастных группах ($INB_1=69$ у.е., $INB_2=66$ у.е.) ниже нормы, 3 возрастная группа ($INB_3=139$ у.е.) находится в пределах нормы (рис. 5). Также из рис. 3 можно сделать вывод что в связи с повышением возраста и переходом от *симпатотонии* к *парасимпатотонии* у мужского населения Югры, происходит значительное повышение показателя *INB* ($INB_1=69$ и $INB_2=66 < INB_3=139$).

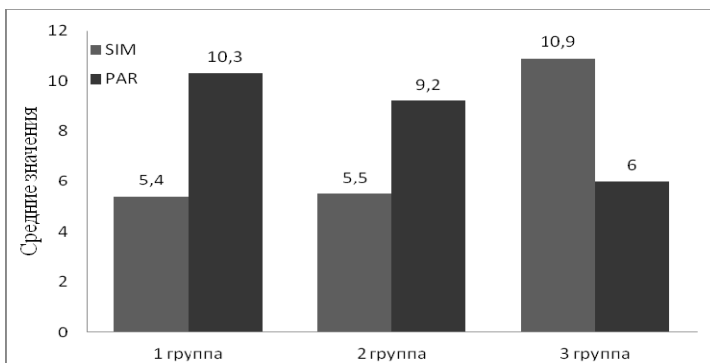


Рис. 4. Индекса активности симпатического (СИМ) и парасимпатического (ПАР) отделов вегетативной нервной системы трех возрастных групп мужского населения Югры

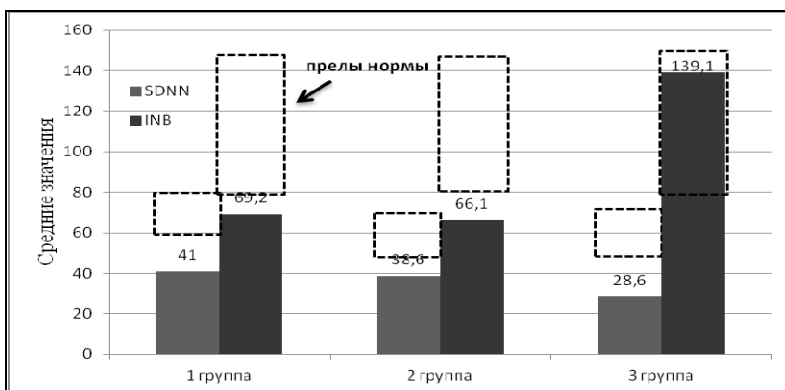


Рис. 5. Стандартное отклонения полного массива кардиоинтервалов (SDNN) и индекса напряженности регуляторных систем (INB), трех исследуемых возрастных групп мужского населения Югры

Величина показателя уровня содержания оксигемоглобина крови (SPO_2) является одной из ключевых характеристик легочного газообмена. Нормальному уровню соответствует $SPO_2 = 94-98\%$. Климатические условия Югры приводят к недостаточному снабжению тканей и органов кислородом, развитию ги-

поксии. В результате чего в тканях наблюдается повышенная проницаемость кровеносных сосудов, но эта компенсаторная возможность не помогает усвоению кислорода организмом, так как в атмосфере воздуха на территории ХМАО-Югры наблюдается повышенное содержание оксида углерода, что приводит к блокированию им молекул гемоглобина крови и уменьшению поступления в организм кислорода [78, 79].

Исходя из представленных результатов в табл. 5, мы видим, что уровень насыщения оксигемоглобина в крови мужчин находится в пределах нормы ($SPO_2=96,6-97,5\%$).

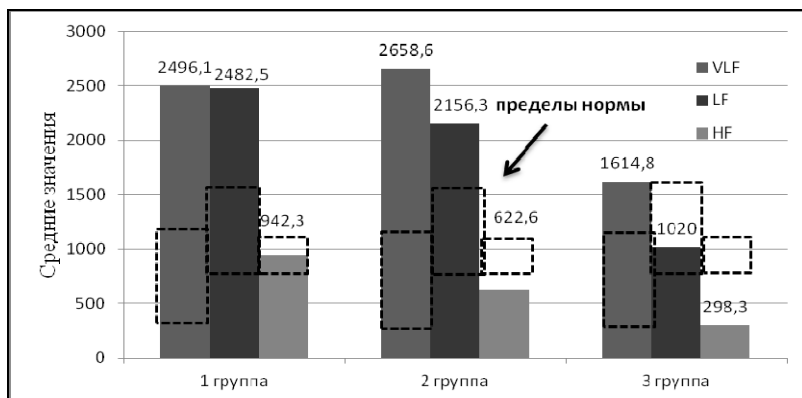


Рис. 6. Волны мощностью высокой (HF), низкой (LF) и сверхнизкой (VLF) частот, трех исследуемых возрастных групп мужского населения Югры

При анализе спектральных показателей характеристик variability сердечного ритма выделили три основных частотных диапазона: высокочастотные (HF), низкочастотные (LF) и сверхнизкочастотные (VLF), представленных на рис. 6.

Среднее абсолютное значение волн очень низкой частоты у здоровых людей составляет $765 \pm 410 \text{ мс}^2$. Результаты данных уровня активности симпатического звена регуляции (VLF) у всех возрастных групп мужского населения Югры в несколько раз выше нормы: 1 группа – в 3 раза ($VLF_1=2496,1 \text{ мс}^2$); 2 группа

– в 3,5 раза ($VLF_2=2658,6 \text{ мс}^2$); 3 группа – в 1,5 раза ($VLF_3=1614,8 \text{ мс}^2$).

Среднее абсолютное значение волн низкой мощности у здоровых людей в покое составляет $1170 \pm 416 \text{ мс}^2$. Параметры спектральной мощности *вариабельности сердечного ритма* в диапазоне низких частот (LF) у 3 возрастной группы находятся в пределах нормы: 1 группа; 3 группа – $LF_3=1020 \text{ мс}^2$, а 1 и 2 возрастные группы незначительно выше нормы: $LF_1=2482,5 \text{ мс}^2$; 2 группа – $LF_2=2156,3 \text{ мс}^2$

Среднее абсолютное значение волн высокой мощности у здоровых людей составляет $975 \pm 203 \text{ мс}^2$. При сравнении спектральных характеристик в диапазоне высоких частот (HF) в 1 и 2 возрастных группах показатель находится в пределах нормы: 1 группа – $HF_1=942,39 \text{ мс}^2$; 2 группа – $HF_2=622,65 \text{ мс}^2$; однако 3 группа ниже положенной нормы – $HF_3=298,34 \text{ мс}^2$.

Анализируя полученные результаты по показателям ВСР, можно утверждать, что у мужского населения Югры 1 и 2 возрастных групп преобладает активность *парасимпатического* отдела вегетативной нервной системы, что хорошо отражают показатели мощности медленных волн (VLF и LF), которые выше, чем показатель мощности волн высокой частоты (HF). В первой возрастной группе мужчин: $VLF_1=2496,1 \text{ мс}^2$ и $LF_1=2482,5 \text{ мс}^2 > HF_1=942,3 \text{ мс}^2$; во второй возрастной группе мужчин: $VLF_2=2658,6 \text{ мс}^2$ и $LF_2=2156,3 \text{ мс}^2 > HF_2=622,6 \text{ мс}^2$. Однако 3 возрастная группа более склонна к нормотонии, что отражает малое различие в мощности волн высоких и низких частот ($VLF_3=1614,8 \text{ мс}^2$ и $LF_3=1020 \text{ мс}^2 > HF_3=298,3 \text{ мс}^2$).

Относительное значение мощности волн высокой частоты, выраженное в нормализованных единицах (HF_n) у мужского населения Югры составляет: 1 возрастная группа ($HF_{n1}=27,9\%$), 2 возрастная группа ($HF_{n2}=24,6\%$), 3 возрастная группа ($HF_{n3}=27,3\%$).

Относительное значение мощности волн низкой частоты, выраженное в нормализованных единицах (LF_n) у мужского населения Югры составляет: 1 возрастная группа ($LF_{n1}=72\%$), 2 возрастная группа ($LF_{n2}=75,3\%$), 3 возрастная группа ($LF_{n3}=72,6\%$). Анализируя эти данные можно сказать, что только у мужчин третьей возрастной группы преобладает активность *симпатического* отдела вегетативной нервной системы.

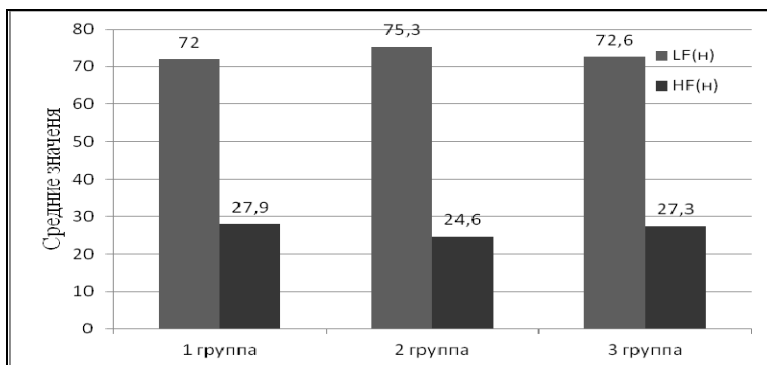


Рис. 7. Относительное значение мощности волн высокой (HF(p)), низкой (LF(p)) и сверхнизкой (VLF(p)) частот, трех исследуемых возрастных групп мужского населения Югры

Исходя из того, что не все полученные данные соответствуют закону нормального распределения, который производился на основе критерия Шапиро–Уилка, нами был применен непараметрический критерий по Манну–Уитни и Краскала–Уоллису.

Для сравнения трех и более связанных выборок, данные в которых не подчиняются закону нормального распределения, применяется критерий Краскала–Уоллиса. Критерий Краскала–Уоллиса имеет распределение типа χ^2 -квадрат, поэтому его следует записывать следующим образом «*Chi-square*». Применение критерия Краскала–Уоллиса показало наличие статистически значимых различий между тремя сравниваемыми группами по показателям: *SSS*, *VLF*, *LF(n)*, *HF(n)* и *LF/HF*. Однако между какими группами существуют различия, покажет критерий Манна–Уитни с измененным критическим уровнем значимости.

В табл. 8 представлены результаты статистической обработки показателей вариабельности сердечного ритма мужского населения Югры, трех возрастных групп (допустимый уровень значимости $p < 0,017$) с помощью критерия Краскала–Уоллиса. Из данной таблицы можно сделать вывод, что статистически значимые различия составляет по показателям *SSS*, *VLF*, *LF(n)*, *HF(n)* и *LF/HF*.

Таблица 7

Результаты статистической обработки распределения параметров вариативности сердечного ритма трех возрастных групп мужского населения Югры

возраст ная группа	Показатели	W	P	Описательная статистика						
				Медиа на	Процен тиль 5	Процен тиль 95	Среднее	σ	Min	Max
I возрастная группа	SM	0,84	0,00	4,5	1	16	5,44	4,05	1	19
	PAR	0,93	0,02	10	2	18	10,31	4,87	2	19
	SDNN	0,95	0,11	38	20	64	41	13,85	16	65
	INB	0,76	0,00	51,5	20	171	69,26	57,04	19	309
	SPO ₂	0,82	0,00	98	96	99	97,5	0,79	95	99
	SSS	0,92	0,02	82	72	102	83,65	8,79	71	104
	VLF	0,84	0,00	1898	397	7897	2496,15	2279,32	383	9973
	LF	0,87	0,00	2298	391	7716	2482,5	1766,41	364	7755
	HF	0,87	0,00	761,5	127	2177	942,39	746,79	104	3476
	LF(H)	0,9	0,00	76,5	46	89	72,05	13,24	43	89
HF(H)	0,9	0,00	23,5	11	54	27,94	13,24	11	57	
LF/HF	0,93	0,03	3,2	0,85	8,09	3,4	2	0,75	8,09	

Продолжение табл. 7

возраст ная группа	Показатели	W	P	Описательная статистика						
				Медиана	Процен тий 5	Процен тий 95	Среднее	σ	Min	Max
2 возрастная группа	SIM	0,92	0,02	5,5	2	13	5,5	3	1	14
	PAR	0,95	0,09	9	3	19	9,26	4,24	3	19
	SDNN	0,94	0,06	37	22	65	38,68	11,71	22	69
	INB	0,94	0,05	59	19	152	66,1	35,9	12	169
	SPO ₂	0,85	0,00	97	95	98	96,86	0,87	95	98
	SSS	0,97	0,40	78	62	92	77,94	9,73	51	105
	VLF	0,81	0,00	1915	623	7504	2658,6	2146,8	587	8670
	LF	0,73	0,00	1514	548	6431	2156,39	1995,95	401	10749
	HF	0,89	0,00	519	98	1531	622,65	453,23	63	1606
	LF(H)	0,92	0,01	79,5	51	92	75,36	13,08	49	93
HF(H)	0,92	0,01	20,5	8	49	24,632	13,083	7	51	
LF/HF	0,9	0,00	3,88	1,04	11,5	4,47	3,13	0,96	13,29	

Продолжение табл. 7

возраст ная группа	Показатели	W	P	Описательная статистика						
				Медиана	Процен тий 5	Процен тий 95	Среднее	σ	Min	Max
3 возрастная группа	SIM	0,86	0,00	10	2	32	10,94	7,99	2	35
	PAR	0,92	0,01	5	0	16	6	4,72	0	19
	SDNN	0,93	0,02	26	13	50	28,68	11,29	12	52
	INB	0,76	0,00	95	27	482	139,1	127,61	26	537
	SPO ₂	0,86	0,00	97	94	98	96,6	1,38	92	99
	SSS	0,93	0,02	77	62	107	80,13	13,05	61	111
	V/LF	0,75	0,00	1241	204	4660	1614,8	1563,69	47	7957
	LF	0,68	0,00	679,5	117	3926	1020,02	1146,44	92	6145
	HF	0,81	0,00	236	67	969	298,34	249,09	64	970
	LF(H)	0,94	0,08	73,5	48	92	72,65	13,61	45	93
HF(H)	0,94	0,08	26,5	8	52	27,34	13,61	7	55	
LF/HF	0,84	0,00	2,77	0,92	11,5	3,97	3,12	0,81	13,28	

Примечание. X_{cp} – средние арифметические значения; σ – стандартные отклонения; min – минимальные значения; max – максимальные значения; Me – медиана (5%, 95%) для описания асимметричных распределений использована медиана, а в качестве мер рассеяния процентиля (5-й и 95-й); W – критерий Шапиро-Уилка для проверки типа распределения признака; p – достигнутый уровень значимости при проверке типа распределения с помощью Шапиро-Уилка.

Таблица 8

Результаты по парного сравнения вариабельности сердечного ритма сосудистой системы мужского населения Югры (допустимый уровень значимости $p < 0,017$) с помощью критерия Краскела-Уоллиса

Показатели	1 возрастная группа	2 возрастная группа	3 возрастная группа	<i>H</i>	<i>P</i>
<i>SIM</i>	1764,5	1892	2898,5	18,78	0,00
<i>PAR</i>	2615	2417	1523	16,38	0,00
<i>SDNN</i>	2613	2468	1474	18,53	0,00
<i>INB</i>	1806,5	1947	2801,5	13,97	0,00
<i>SPO₂</i>	2773,5	1957,5	1824	14,12	0,00
<i>SSS</i>	2591	1969	1995	5,97	0,05
<i>VLF</i>	2289	2545	1721	8,56	0,01
<i>LF</i>	2750,5	2451,5	1353	26,08	0,00
<i>HF</i>	2829,5	2353,5	1372	26,61	0,00
<i>LF(n)</i>	2042,5	2393,5	2119	1,64	0,44
<i>HF(n)</i>	2327,5	1976,5	2251	1,64	0,43
<i>LF/HF</i>	2043,5	2394,5	2119	1,64	0,44

Примечание: *p* - достигнутый уровень значимости при применении критерия Краскела-Уоллиса (при критическом уровне значимости принятым равным $p < 0,017$).

В табл. 9 представлены результаты попарного сравнения выборок x_i для 1 и 2 возрастных групп (критический уровень значимости $p < 0,05$). Из данной таблицы можно сделать вывод, что статистически значимая разница составляет по показателям *SSS* и *SPO₂*.

Таблица 9

**Результаты по парного сравнения средних значений рангов
вариабельности сердечного ритма, 1 и 2 возрастных групп
мужского населения Югры (критический уровень значимости
 $p < 0,05$) с помощью критерия Манна–Уитни**

Показатель	1 возрастная группа	2 возрастная группа	p -уров.
<i>SIM</i>	1403,5	1522,5	0,53
<i>PAR</i>	1543,5	1382,5	0,40
<i>SDNN</i>	1523	1403	0,53
<i>INB</i>	1403,5	1522,5	0,53
<i>SPO₂</i>	1749	1177	0,002
<i>SSS</i>	1676	1250	0,02
<i>VLf</i>	1392	1534	0,46
<i>LF</i>	1583	1343	0,21
<i>HF</i>	1639,5	1286,5	0,06
<i>LF(н)</i>	1340,5	1585,5	0,20
<i>HF(н)</i>	1585,5	1340,5	0,2
<i>LF/HF</i>	1340,5	1585,5	0,2

В табл. 10 представлены результаты попарного сравнения выборок x_i для 1 и 3 возрастных групп (критический уровень значимости $p < 0,05$). Из данной таблицы можно сделать вывод, что статистически значимая разница составляет по показателям *SIM*, *PAR*, *SDNN*, *INB*, *SPO₂*, *SSS*, *LF* и *HF*.

Таблица 10

**Результаты по парного сравнения средних значений рангов
вариабельности сердечного ритма, 1 и 3 возрастных групп
мужского населения Югры (критический уровень значимости
 $p < 0,05$) с помощью критерия Манна–Уитни**

	1 возрастная группа	3 возрастная группа	p -уров.
<i>SIM</i>	1102	1824	0,00
<i>PAR</i>	1812,5	1113,5	0,00
<i>SDNN</i>	1831	1095	0,00
<i>INB</i>	1144	1782	0,00
<i>SPO₂</i>	1765,5	1160,5	0,00
<i>SSS</i>	1656	1270	0,04
<i>VLf</i>	1638	1288	0,06
<i>LF</i>	1908,5	1017,5	0,00
<i>HF</i>	1931	995	0,00
<i>LF(n)</i>	1443	1483	0,83
<i>HF(n)</i>	1483	1443	0,83
<i>LF/HF</i>	1443	1483	0,83

В табл. 11 представлены результаты попарного сравнения выборок x_i для 2 и 3 возрастных групп (критический уровень значимости $p < 0,05$). Из данной таблицы можно сделать вывод, что статистически значимая разница составляет по показателям *SIM*, *PAR*, *SDNN*, *INB*, *VLf*, *LF*, *HF*.

Полученный результат статистической обработки данных свидетельствует об отсутствии различий по ряду показателей *вариабельности сердечного ритма* между 1 и 2 возрастными группами. Наиболее выраженные отличия получены для 3 и 1 возрастной группы мужского населения Югры.

Таблица 11

**Результаты по парного сравнения средних значений рангов
вариабельности сердечного ритма, 2 и 3 возрастных групп
мужского населения Югры (критический уровень значимости
 $p < 0,05$) с помощью критерия Манна–Уитни**

Показатель	2 возрастная группа	3 возрастная группа	p -уров.
<i>SIM</i>	1110,5	1815,5	0,00
<i>PAR</i>	1775,5	1150,5	0,00
<i>SDNN</i>	1806	1120	0,00
<i>INB</i>	1165,5	1760,5	0,00
<i>SPO₂</i>	1521,5	1404,5	0,54
<i>SSS</i>	1460	1466	0,97
<i>VLF</i>	1752	1174	0,00
<i>LF</i>	1849,5	1076,5	0,00
<i>HF</i>	1808	1118	0,00
<i>LF(н)</i>	1549	1377	0,37
<i>HF(н)</i>	1377	1549	0,37
<i>LF/HF</i>	1549	1377	0,37

3. Статистический анализ межгрупповых различий по параметрам вариабельности сердечного ритма мужчин и женщин некоренного населения Югры

Достоверность межгрупповых различий по интегральным и спектральным параметрам определяли на основе непараметрического критерия Манна-Уитни. Пороговое значение статистической значимости принималось равное $p < 0,05$. Существенно, что при парном сравнении 1-й групп некоренного населения (табл. 12) только параметр HR и PAR демонстрирует статистически значимое различие (остальные признаки x_i существенно не различаются). А при парном сравнении 2-й обследуемой

группы статистически значимое различие получено только по параметру SPO_2 .

Для сравниваемых 2-й и 3-й групп мужчин и женщин некоренного населения ни одна пара сравниваемых x_i не показывает различий в выборках, т.е. эти группы принадлежат одной генеральной совокупности.

Статистический анализ данных по спектральным параметрам ВСП женского и мужского некоренного населения Югры позволил установить различия между 1 и 2, 1 и 3, но лишь по показателям: HF , $LFnorm$, $HFnorm$ и LF/HF (табл. 13).

Парные сравнения выборок 2 и 3 по исследуемым спектральным параметрам показывают возможность отнесения этих пар к одной генеральной совокупности.

Таблица 12

Результаты попарного сравнения средних значений рангов (допустимого уровня значимости параметров вариабельности сердечного ритма женщин и мужчин некоренного населения Югры) интегральных параметров с помощью критерия Манна – Уитни

Отмеченные критерии значимы на уровне $p < 0,05$			
Параметры	p – уров. 1 с 1	p – уров. 2 со 2	p – уров. 3 с 3
SIM	0,06	0,37	0,27
PAR	0,04	0,33	0,11
SDNN	0,07	0,20	0,31
INB	0,06	0,64	0,30
SPO2	0,24	0,00	0,34
HR	0,00	0,38	0,39

Примечание: SIM – показатель активности симпатического отдела ВНС (у.е.), PAR – показатель активности парасимпатического отдела ВНС (у.е.), INB – показатель индекса напряжения по Р.М. Баевскому (у.е.), SPO_2 – содержание оксигемоглобина в крови испытуемых (%), SDNN – стандартное отклонение полного массива кардиоинтервалов (мс.), HR – частота сердечных сокращений (уд/мин).

**Результаты попарного сравнения средних значений рангов
(допустимого уровня значимости параметров вариабельности
сердечного ритма женщин в мужчин некоренного населения
Югры) спектральных параметров с помощью критерия
Манна–Уитни**

Отмеченные критерии значимы на уровне $p < 0,05$			
Параметры	p – уров. 1 с 1	p – уров. 2 со 2	p – уров. 3 с 3
VLF	0,55	0,11	0,06
LF	0,74	0,14	0,74
HF	0,03	0,49	0,36
LF(p)	0,03	0,01	0,37
HF(p)	0,03	0,01	0,37
LF/HF	0,05	0,02	0,50

Примечание: *VLF* – мощность спектра сверх низкочастотного компонента вариабельности ($\text{мс}^2/\text{Гц}$), *LF* – мощность спектра низкочастотного компонента вариабельности ($\text{мс}^2/\text{Гц}$), *HF* – мощность спектра высокочастотного компонента вариабельности ($\text{мс}^2/\text{Гц}$), *Total* – общая спектральная мощность ($\text{мс}^2/\text{Гц}$), *LFnorm* – низкочастотный компонент спектра в нормализованных единицах (%), *HFnorm* – высокочастотный компонент спектра в нормализованных единицах (%).

Таким образом, на основе результатов применения методов математической статистики установить значимость всех диагностических признаков не представляется возможным, следовательно выявить признаки, по которым возрастные изменения наиболее выражены – затруднительно. Поэтому целесообразно использование новых биоинформационных методов в рамках ТХС для выявления наиболее значимых возрастных различий.

4. Результаты обработки данных параметров квазиаттракторов variability сердечного ритма в m -мерном фазовом пространстве

В табл. 14, 15 представлены результаты сравнения *квазиаттракторов* вектора состояния организма мужчин и женщин некоренного населения Югры по спектральным и интегральным параметрам с учетом возраста.

Из табл. 14 видно, что объем КА по интегральным параметрам ВСР у мужчин 3 возрастной группы составляет $\nu X_3 = 22,4 \times 10^8$ у.е., что почти в 9,5 раз больше чем у мужчин 2 возрастной группы $\nu X_2 = 2,4 \times 10^8$ у.е. и в 4 раза больше чем у мужчин 1 возрастной группы $\nu X_1 = 5,7 \times 10^8$ у.е. Увеличение объемов квазиаттракторов у мужчин некоренного населения Югры свидетельствует о напряжении адаптационных функций организма.

Отметим, что с возрастом объемы КА у женщин некоренного населения Югры уменьшаются в 4,7 раза, что является важной характеристикой возрастных закономерностей поведения хаотической динамики параметров ВСР и дает положительный прогноз на долгожительство (для 1 группы – 2,83 у.е.; для 3 группы – 0,6 у.е.).

Таблица 14

Результаты сравнения квазиаттракторов вектора состояния организма женщин коренного и некоренного населения Югры по интегральным (*SIM*, *PAR*, *SDNN*, *INB*, *SPO₂*, *HR*) параметрам

Группы	$\nu X \times 10^8$	
	Мужчины	Женщины
1 группа	5,7	2,83
2 группа	2,4	9,32
3 группа	22,4	0,60

Анализ параметров *квазиаттракторов* ВСО мужчин Югры (по спектральным параметрам ВСР) показал, что имеется выра-

женная тенденция к уменьшению объемов КА с увеличением возраста ($vX_1=3,7 \times 10^{15}$ у.е.; $vX_2=3 \times 10^{15}$ у.е.; $vX_3=1,2 \times 10^{15}$ у.е.).

В возрастном аспекте у женщин некоренного населения наблюдается незначительное увеличение объемов КА ($Vx1=0,1$ у.е, $Vx3=0,4$ у.е.).

Отметим, что сходные значения объёма имеют вторая возрастная группа у мужчин и женщин некоренного населения Югры ($Vx2$ мужчины=3 у.е, $Vx2$ женщины=3,2 у.е.). В целом, женщины некоренного населения имеют меньшие значения объемов квазиаттракторов, чем те же возрастные группы мужчин Югры.

Таблица 15

Результаты сравнения квазиаттракторов вектора состояния организма женщин коренного и некоренного населения Югры по спектральным (VLF , LF , HF , $HF(p)$, $LF(p)$, LF/HF) параметрам

Группы	$vX \times 10^{15}$	
	Мужчины	Женщины
1 группа	3,7	0,1
2 группа	3	3,2
3 группа	1,2	0,4

Примечание: vX – объём квазиаттрактора.

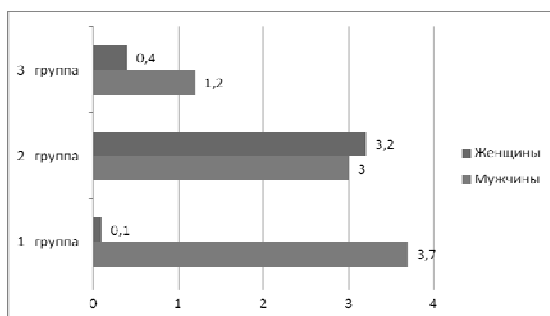


Рис. 8. Объемы квазиаттракторов (vX) трех исследуемых возрастных групп, по спектральным показателям variability сердечного ритма ($\times 10^{15}$)

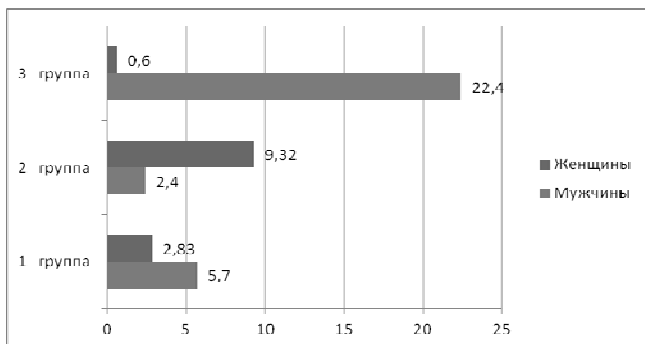


Рис. 9. Объемы квазиаттракторов (vX) трех исследуемых возрастных групп мужчин и женщин некоренного населения Югры, по интегральным показателям BSP ($\times 10^8$)

Резюме

Методами математической статистики, установлены, существенные различия между возрастными группами мужчин, но при сравнении 1 и 2 возрастной группы различия были установлены только по показателям SPO_2 и SSS . Выявлено, что хаотическая динамика параметров BSP по ряду сравнений групп женщин некоренного населения демонстрирует принадлежность к одной генеральной совокупности, т.е. наблюдается неопределенность первого порядка.

Исследование параметров BSP некоренного мужского и женского населения Югры в возрастном аспекте, показало доминирование *парасимпатического* отдела ВНС над *симпатическим* отделом вегетативной нервной системы. С увеличением возраста происходит перестройка ФСО, в частности нарушается равновесие в ВНС в сторону повышения активности *симпатического* отдела, что говорит об адаптивных перестройках нейровегетативного комплекса некоренного населения Югры к условиям северных широт.

Метод многомерных фазовых пространств позволил установить, что с возрастом значения объемов *квазиаттракторов* у женщин уменьшаются в 4, 7 раза, такая динамика дает положи-

тельный прогноз на долгожительство женского некоренного населения Югры. В то время как у мужчин объемы КА в 3 возрастной группе ($V_3=2401 \times 10^5$ у.е.) почти в 10 и в 7 раз больше по сравнению с 1 и 2 группами ($V_1=314,6 \times 10^5$ у.е., $V_2=245,2 \times 10^5$ у.е.). Возрастание объемов КА в 3 возрастной группе, может объясняться низкой физической активностью мужского некоренного населения Югры и возможно, развивающейся (но еще не фиксируемой) патологией ССС.

Глава III

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПАРАМЕТРОВ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ЖЕНСКОГО НАСЕЛЕНИЯ ЮГРЫ

Изучение основных закономерностей и физиологических механизмов адаптации некоренного населения в сравнении с коренными жителями имеет большое значение для сохранения и развития здоровья не только малочисленных народностей, но и переселенцев. Сравнительный анализ параметров *функциональных систем организма* коренного и некоренного населения дает возможность выявлять корреляцию в организации функций организма человека на Севере, в этом аспекте главную роль играет *кардио-респираторная система* как наиболее чувствительная ФСО к особым северным условиям [5, 15, 17, 30, 35, 189].

Не менее важной проблемой адаптации организма населения Югры является биологический потенциал долгожительства народов как ханты, так и мигрантов. Иными словами, возникает вопрос о длительной адаптации к особым северным условиям и её влиянии на общую продолжительность жизни на Севере России. Эта проблема имеет общебиологическое и экологическое значение для жизни всех северных народов мира, а в аспекте возможностей глобального похолодания (как альтернативы глобальному потеплению) эта проблема приобретает и общемировое значение (она актуальна для всего населения Земли). Таким образом, актуальна проблема изменения качества жизни коренного населения Севера РФ за счет урбанизации и проблема возможных генетических изменений под действием особых условий Севера у пришлого населения Югры – это важная и социальная проблема России. Все это определяет важную общую биомедицинскую проблему долголетия жителей Северных территорий РФ и многих других северных стран мира, что в свою очередь определяет и проблему увеличения работоспособного возраста РФ в условиях Севера. Эта работоспособность существенно зависит от состояния КРС.

Все вышеперечисленное совместно с нарастающим техногенным прессингом вызывает серьезное беспокойство у ряда специалистов в этой области и властей ХМАО-Югры [35, 44, 51, 53]. Чрезмерно длительное действие перечисленных факторов вызывает комплекс значительных изменений гомеостаза. Возникает синдром адаптационного напряжения, т.е. состояние чрезмерного использования функциональных и морфологических резервов организма [85, 102, 118, 122]. Резерв адаптивной изменчивости – реально существующее явление, определяющее приспособительные возможности популяции, «их запас прочности» при столкновении с неблагоприятной средой. В таких особых условиях, каждая популяция имеет свойственный только ей запас адаптивных приспособительных реакций и уровнем морфофункциональных перестроек основных лимитирующих систем организма человека. Расширение этого уровня позволит улучшить демографические показатели на этой важной в экологическом отношении территории РФ [125, 197, 199, 216].

В этой связи, установление различий в показателях параметров ССС и ее регуляции со стороны *вегетативной нервной системы* коренного и некоренного населения, на основе новых математических методов ТХС, является весьма важной задачей современной физиологии и экологии человека на Севере. Это также является поводом для создания и развития новых методов обработки информации в изучении поведения сложных биосистем, которыми является ФСО человека на Севере.

В рамках этих новых подходов проведена сравнительное изучение параметров КРС групп женщин представителей аборигенов (ханты) и пришлого населения.

Для изучения динамики параметров ССС женского населения Югры, методом вариационной пульсоинтервалографии было обследовано 228 человек, трёх групп по 38 человек в каждой: 1-я группа – 18-36 лет; 2-я группа – 37-49 лет; 3-я группа – старше 50 лет. Все наблюдаемые женщины были без патологий и жалоб на здоровье (согласно Хельсинской декларации давали добровольное согласие на обследование).

Регистрация основных параметров ССС 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*; x_2 –

PAR ; $x_3 - SDNN$; $x_4 - INB$; $x_5 - SSS$; $x_6 - SPO_2$; $x_7 - TINN$; $x_8 - pNN50$ – число NN -интервалов, отличающихся от соседних более чем на 50 мс; $x_9 - VLF$; $x_{10} - LF$; $x_{11} - HF$; $x_{12} - Total$; $x_{13} - LFnorm$; $x_{14} - HFnorm$; $x_{15} - LF/HF$.

Обработка данных в рамках статистики всех x_i , производилась по программе «*Statistica 6.1*». Первоначально производилась идентификация возможности нормальных законов распределения (обычно это было 6 параметров из 15) и одновременно обрабатывались выборки x_i в рамках непараметрических распределений. После их разделения, далее, все выборки переводились в непараметрические распределения, и производилось сравнение всех x_i для всех трёх пар.

Проверка данных на соответствие нормального распределения, оценивалась на основе вычисления критерия Шапиро-Уилка. Выявлено, что большинство параметров variability сердечного ритма описываются законом ненормального распределения [28, 92, 198, 219].

Для примера, в табл. 16, 17 представлены результаты проверки интегральных и спектральных параметров variability сердечного ритма на нормальность, женщин 1-ой группы некоренного и 3-й группы коренного населения Югры. Из таблиц следует, что практически все интегральные и спектральные параметры variability сердечного ритма отличаются от нормального распределения, за исключением параметров PAR из табл. 16. Отметим, что похожие результаты имеют и остальные исследуемые группы.

Исследование параметров ССС коренного и некоренного женского населения Северных территорий РФ показало для младшей группы доминирование *парасимпатического* отдела ВНС над *симпатическим* отделом вегетативной нервной системы. На рис. 10, 11 даны для сравнения величины SIM и PAR трёх групп женщин, представительниц коренного и некоренного населения Югры.

**Результаты проверки интегральных параметров вариабельности
сердечного ритма ($m=6$) на нормальность распределения,
с помощью статистических критериев Шапиро-Уилка,
женщин 1-ой группы (18-35) пришлого населения Югры**

Параметры	N	макс. D	К.-С. p	Лиллиеф. p	W	p
<i>SIM</i>	38	0,17	$p > .20$	$p < .01$	0,89	0,00
<i>PAR</i>	38	0,14	$p > .20$	$p < .10$	0,97	0,28
<i>SDNN</i>	38	0,11	$p > .20$	$p > .20$	0,93	0,02
<i>INB</i>	38	0,20	$p < .15$	$p < .01$	0,88	0,00
<i>SPO2</i>	38	0,34	$p < .01$	$p < .01$	0,69	0,00
<i>HR</i>	38	0,11	$p > .20$	$p > .20$	0,94	0,04

Примечание: *SIM* – показатель активности симпатического отдела ВНС (у.е.), *PAR* – показатель активности парасимпатического отдела ВНС (у.е.), *IBN* – показатель индекса напряжения по Р.М.Баевскому (у.е.), *SPO₂* – содержание оксигемоглобина в крови испытуемых (%), *SDNN* – стандартное отклонение полного массива кардиоинтервалов (мс.), *HR* – частота сердечных сокращений (уд/мин), p – достигнутый уровень значимости при проверке типа распределения (на нормальность) с помощью критерия Шапиро-Уилка (при критическом уровне значимости принятым равным $p > 0,05$).

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 $Me_1=3$ до $Me_3=6$ у женщин некоренного населения Югры. Наблюдается устойчивое снижение среднего значения *PAR* как у коренного (от $PAR_1=10,6$ до $PAR_3=6,87$), так и у женщин некоренного населения (от $PAR_1=12,5$ до $PAR_3=7,84$) [155, 170, 179, 195].

Индекс напряжения по Р.М. Баевскому у женщин 3-ей возрастной группы некоренного и коренного населения является самым высоким и составляет 82-83 у.е по сравнению с остальными группами женщин при $p < 0,05$. Полученные данные свидетельствуют об активных процессах адаптации к экологическим

факторам севера у женщин в возрасте от 50 и старше и существенных возрастных сдвигах параметров [28, 92, 109, 138, 151].

Таблица 17

**Результаты проверки распределения спектральных параметров
вариабельности сердечного ритма ($m=6$) на нормальность,
с помощью статистических критериев Шапиро-Уилка,
женщин 3-ой группы (50-90) пришлого населения Югры**

Параметры	N	макс.D	К.-С. p	Лиллиеф. p	W	p
VLF	38	0,23	$p < .05$	$p < .01$	0,84	0,00
LF	38	0,23	$p < .05$	$p < .01$	0,70	0,00
HF	38	0,32	$p < .01$	$p < .01$	0,44	0,00
$LF(p)$	38	0,19	$p < .15$	$p < .01$	0,93	0,02
$HF(p)$	38	0,19	$p < .15$	$p < .01$	0,93	0,02
LF/HF	38	0,14	$p > .20$	$p < .10$	0,90	0,00

Примечание: VLF – мощность спектра сверхнизкочастотного компонента вариабельности ($мс^2/Гц$), LF – мощность спектра низкочастотного компонента вариабельности ($мс^2/Гц$), HF – мощность спектра высокочастотного компонента вариабельности ($мс^2/Гц$), $Total$ – общая спектральная мощность ($мс^2/Гц$), $LFnorm$ – низкочастотный компонент спектра в нормализованных единицах (%), $HFnorm$ – высокочастотный компонент спектра в нормализованных единицах (%), p – достигнутый уровень значимости при проверке типа распределения (на нормальность) с помощью критерия Шапиро-Уилка (при критическом уровне значимости принятым равным $p > 0,05$).

Из табл. 20, 21 видно, что непараметрическое распределение показателей LF и HF дают устойчивое уменьшение с возрастом как у некоренного, так и у коренного населения: LF(коренное) от $Me_1=1364$ до $Me_3=634$, HF (коренное) от $Me_1=607$ до $Me_3=262$ и LF(некоренное) от $Me_1=2220,5$ до $Me_3=817,5$, HF (некоренное) от $Me_1=1079,5$ до $Me_3=273$ (при $p < 0,05$). Важно отметить, что показатели данных параметров в 1 группе некоренного населения на порядок больше чем у коренного населения, но с увеличением возраста параметры приобретают схожесть в значениях (при $p < 0,05$).

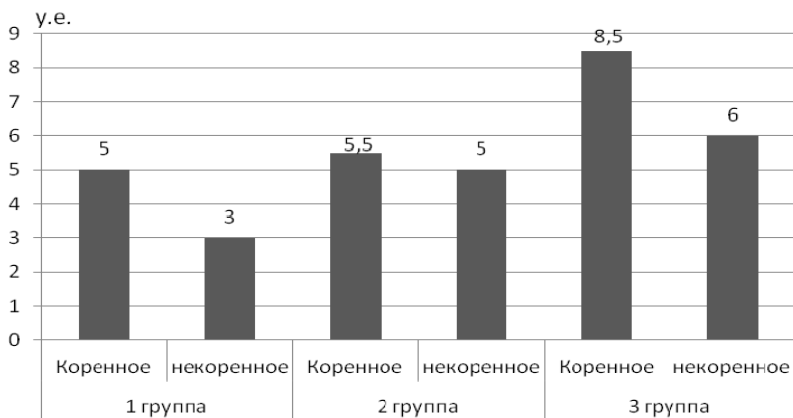


Рис. 10. Параметр SIM (непараметрические распределения) женщин коренного и некоренного населения Югры

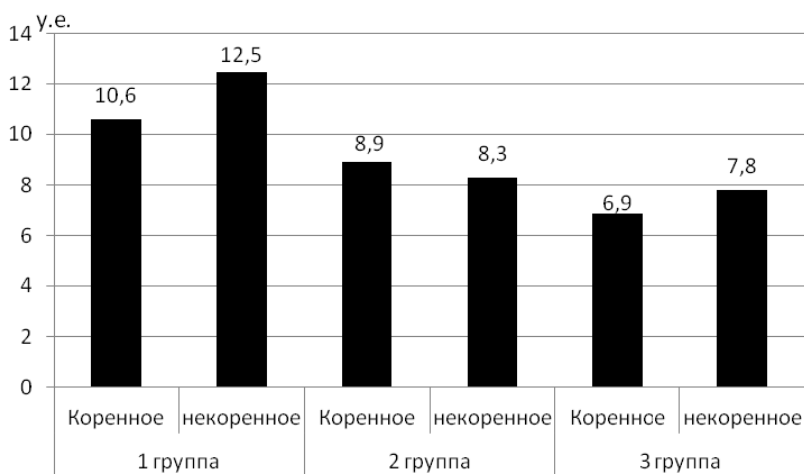


Рис. 11. Параметр PAR (параметрические распределения) женщин коренного населения Югры

Таблица 18

**Результаты статистической обработки интегральных параметров
вариабельности сердечного ритма женщин некоренного населения
Югры**

Группы		Ме- диа- на	Проц -ль 5%	Проц -ль 95%		Сред нее	Дове рит. - 95%	Дове- рит. +95%
1 группа	<i>SIM</i>	3	1	7	<i>PAR</i>	12,5	11,3	13,7
	<i>PAR</i>	13	6	19	<i>HR</i>	80,2	76,9	83,4
	<i>SDNN</i>	49	31	70				
	<i>INB</i>	34	17	109				
	<i>SPO2</i>	98	96	99				
	<i>HR</i>	80	67	102				
2 группа	<i>SIM</i>	5	2	18	<i>PAR</i>	8,3	7	9,5
	<i>PAR</i>	9	2	17	<i>HR</i>	80,4	76,3	84,5
	<i>SDNN</i>	35	17	66				
	<i>INB</i>	55	17	243				
	<i>SPO2</i>	98	96	99				
	<i>HR</i>	81	58	105				
3 группа	<i>SIM</i>	6	1	31	<i>PAR</i>	7,8	6,1	9,5
	<i>PAR</i>	8	0	19	<i>HR</i>	77,3	73,1	81,5
	<i>SDNN</i>	33	13	74				
	<i>INB</i>	82	15	454				
	<i>SPO2</i>	97	95	99				
	<i>HR</i>	76	58	103				

Примечание: *SIM* – показатель активности симпатического отдела ВНС (у.е.), *PAR* – показатель активности парасимпатического отдела ВНС (у.е.), *INB* – показатель индекса напряжения по Р.М. Баевскому (у.е.), *SPO₂* – содержание оксигемоглобина в крови испытуемых (%), *SDNN* – стандартное отклонение полного массива кардиоинтервалов (мс.), *HR* – частота сердечных сокращений (уд/мин).

Таблица 19

**Результаты статистической обработки интегральных параметров
вариабельности сердечного ритма женщин коренного населения
Югры**

Группы		Ме- диана	Проц- ль 5%	Проц-ль 95%		Сред- нее	Дове- рит. - 95%	Дове- рит. +95%
1 группа	<i>SIM</i>	5	1	12	PAR	10,6	9,1	12,1
	<i>PAR</i>	10	3	18	SDNN	41,5	37,2	45,8
	<i>SDNN</i>	40,5	22	64	HR	81,8	78,8	84,7
	<i>INB</i>	60,5	21	148				
	<i>SPO2</i>	98	97	99				
	<i>HR</i>	81	64	100				
2 группа	<i>SIM</i>	5,5	2	31	PAR	8,9	7,3	10,4
	<i>PAR</i>	8,5	2	17	SDNN	39,3	34,7	43,8
	<i>SDNN</i>	38,5	19	64	HR	76,7	72,6	80,7
	<i>INB</i>	52	18	255				
	<i>SPO2</i>	98	97	99				
	<i>HR</i>	75	61	108				
3 группа	<i>SIM</i>	8,5	2	27	PAR	6,9	5,5	8,3
	<i>PAR</i>	7	0,1	14	SDNN	31,1	27,1	35,1
	<i>SDNN</i>	27,5	14	53	HR	76,6	73,6	79,6
	<i>INB</i>	83	23	322				
	<i>SPO2</i>	97	95	99				
	<i>HR</i>	76	59	94				

Примечание: *SIM* — показатель активности симпатического отдела ВНС (у.е.), *PAR* — показатель активности парасимпатического отдела ВНС (у.е.), *INB* — показатель индекса напряжения по Р.М.Баевскому (у.е.), *SPO₂* — содержание оксигемоглобина в крови испытуемых (%), *SDNN* — стандартное отклонение полного массива кардиоинтервалов (мс.), *HR* — частота сердечных сокращений (уд/мин).

Таблица 20

**Результаты статистической обработки спектральных параметров
вариабельности сердечного ритма женщин некоренного населения
Югры**

Группы		Ме- диана	Проц- ль 5%	Проц- ль 95%		Сред- нее	Дове- рит. - 95%	Дове- рит. +95%
1 группа	<i>VLF</i>	1802	830	7235	<i>LF(p)</i>	66,4	62	70,7
	<i>LF</i>	2220,5	883	7762	<i>HF(p)</i>	33,5	29	37,8
	<i>HF</i>	1079,5	330	4160				
	<i>LF(p)</i>	68	40	86				
	<i>HF(p)</i>	32	14	60				
	<i>LF/HF</i>	2,2	0,66	6,9				
2 группа	<i>VLF</i>	1620,5	171	5629	<i>LF(p)</i>	67,4	62,8	72
	<i>LF</i>	1198,5	284	7071	<i>HF(p)</i>	32,5	27,9	37
	<i>HF</i>	683	108	1916				
	<i>LF(p)</i>	66	42	88				
	<i>HF(p)</i>	33,5	12	58				
	<i>LF/HF</i>	2,1	0,7	7,2				
3 группа	<i>VLF</i>	1858,5	119	5961	<i>LF(p)</i>	68	62,4	73,8
	<i>LF</i>	817,5	100	6703	<i>HF(p)</i>	31,8	26	37,5
	<i>HF</i>	273	66	4500				
	<i>LF(p)</i>	71	21	91				
	<i>HF(p)</i>	29	9	79				
	<i>LF/HF</i>	2,5	0,26	10,2				

Примечание: *VLF* – мощность спектра сверх низкочастотного компонента вариабельности ($\text{мс}^2/\text{Гц}$), *LF* – мощность спектра низкочастотного компонента вариабельности ($\text{мс}^2/\text{Гц}$), *HF* – мощность спектра высокочастотного компонента вариабельности ($\text{мс}^2/\text{Гц}$), *Total* – общая спектральная мощность ($\text{мс}^2/\text{Гц}$), *LFnorm* – низкочастотный компонент спектра в нормализованных единицах (%), *HFnorm* – высокочастотный компонент спектра в нормализованных единицах (%)

Значения по показателю *VLF* у некоренного населения имеют параболическую форму, если их представить в графическом виде. У коренного населения же в свою очередь мы видим

уменьшение значения с возрастом: VLF (коренное) от $Me_1=2122,5$ до $Me_3=1255$ (при $p<0,05$).

Таблица 21

**Результаты статистической обработки спектральных параметров
вариабельности сердечного ритма женщин коренного населения
Югры**

Группы	Параметры BCP	Медиана	Процентиль 5%	Процентиль 95%
1 группа	VLF	2122,5	607	6789
	LF	1364	288	5387
	HF	607,5	185	3108
	$LF(p)$	69,5	38	86
	$HF(p)$	30,5	14	62
	LF/HF	2,635	0,62	6,39
2 группа	VLF	1828	302	6877
	LF	839	194	3653
	HF	525	101	3093
	$LF(p)$	63,5	44	88
	$HF(p)$	36,5	12	56
	LF/HF	1,745	0,78	7,4
3 группа	VLF	1255,5	107	5624
	LF	634	129	4900
	HF	265,5	46	3869
	$LF(p)$	74	38	89
	$HF(p)$	26	11	62
	LF/HF	2,805	0,61	7,96

Примечание: VLF – мощность спектра сверх низкочастотного компонента вариабельности ($мс^2/Гц$), LF – мощность спектра низкочастотного компонента вариабельности ($мс^2/Гц$), HF – мощность спектра высокочастотного компонента вариабельности ($мс^2/Гц$), $Total$ – общая спектральная мощность ($мс^2/Гц$), $LFnorm$ – низкочастотный компонент спектра в нормализованных единицах (%), $HFnorm$ – высокочастотный компонент спектра в нормализованных единицах (%).

Достоверность межгрупповых различий по интегральным и спектральным параметрам определяли на основе непараметри-

ческого критерия Манна-Уитни. Пороговое значение статистической значимости принималось равное $p < 0,05$. Существенно, что при парном сравнении 1-й и 2-й обследуемых групп коренного женского населения (табл. 22) только параметр HR демонстрирует статистически значимое различие (остальные признаки x_i существенно не различаются). Для некоренного населения все первые четыре x_i различаются значимо (впрочем, как и группы 1-3).

Таблица 22

Результаты попарного сравнения средних значений рангов (допустимого уровня значимости параметров вариальности сердечного ритма женщин коренного и некоренного населения Югры) интегральных параметров с помощью критерия Манна–Уитни

Отмеченные критерии значимы на уровне $p < 0,05$						
Параметры	p – уров. 1 со 2		p – уров. 1 с 3		p – уров. 2 с 3	
	коренное	некоренное	коренное	некоренное	коренное	некоренное
<i>SIM</i>	0,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25
<i>PAR</i>	0,11	0,00	0,00	0,00	0,09	0,39
<i>SDNN</i>	0,54	0,00	0,00	0,00	0,01	0,28
<i>INB</i>	0,84	0,00	0,02	0,00	0,03	0,33
<i>SPO₂</i>	0,07	0,90	0,00	0,01	0,02	0,00
<i>HR</i>	0,01	0,91	0,02	0,19	0,65	0,21

Примечание: *SIM* – показатель активности симпатического отдела ВНС (у.е.), *PAR* – показатель активности парасимпатического отдела ВНС (у.е.), *INB* – показатель индекса напряжения по Р.М. Баевскому (у.е.), *SPO₂* – содержание оксигемоглобина в крови испытуемых (%), *SDNN* – стандартное отклонение полного массива кардиоинтервалов (мс.), *HR* – частота сердечных сокращений (уд/мин).

В целом, для сравниваемых 2-й и 3-й групп женщин коренного населения уже четыре пары x_i показывают различие в выборках (*SIM*, *SDNN*, *INB*, *SpO₂*). Очевидно, сравнение 2-й и 3-й группы показывает отсутствие различий для этих пар именно у HR (хотя в первой колонке они были различными). Для неко-

ренного населения группы 2-3 почти не различаются (кроме SpO_2)

Оценка значимости различий по интегральным показателям для женского некоренного населения Югры позволила установить статистически значимые различия между 1 и 2, 1 и 3 группами по показателям: SIM , PAR , $SDNN$, INB при $p < 0,05$. А между 2 и 3 группами по ряду параметров статистически значимых различий не выявлено, т.е. эти группы принадлежат одной генеральной совокупности. При этом параметры x_i для аборигенов различаются существенно (кроме HR и PAR). В целом, младшие группы лучше различаются для некоренного населения, а старшие – для коренного [5, 21, 51, 52, 164, 190].

Таблица 23

Результаты попарного сравнения средних значений рангов (допустимого уровня значимости параметров вариабельности сердечного ритма женщин коренного и некоренного населения Югры) спектральных параметров с помощью критерия Манна–Уитни

Отмеченные критерии значимы на уровне $p < 0,05$						
Параметры	p – уров., 1 со 2		p – уров., 1 с 3		p – уров., 2 с 3	
	корен-ное	некорен-ное	корен-ное	некорен-ное	корен-ное	некорен-ное
VLf	0,45	0,13	0,01	0,47	0,07	0,60
LF	0,05	0,00	0,00	0,00	0,15	0,05
HF	0,62	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
$LF(p)$	0,35	0,80	0,80	0,40	0,19	0,52
$HF(p)$	0,35	0,80	0,78	0,40	0,19	0,52
LF/HF	0,27	0,82	0,94	0,39	0,17	0,53

Примечание: VLf – мощность спектра сверх низкочастотного компонента вариабельности ($мс^2/Гц$), LF – мощность спектра низкочастотного компонента вариабельности ($мс^2/Гц$), HF – мощность спектра высокочастотного компонента вариабельности ($мс^2/Гц$), $Total$ – общая спектральная мощность ($мс^2/Гц$), $LFnorm$ – низкочастотный компонент спектра в нормализованных единицах (%), $HFnorm$ – высокочастотный компонент спектра в нормализованных единицах (%).

Статистический анализ данных по спектральным параметрам ВСР женского некоренного населения Югры позволил установить различия между 1 и 2, 1 и 3, а так же между 2 и 3 группами, но лишь по показателям: *LF* и *HF* (табл. 23).

Для коренного населения у нас имеется только три диагностических признака (*VLf*, *LF*, *HF*) между 1 и 3 группами, которые показывают статистически значимые различия характеристик функций распределения ($p_1=0,0089$, $p_2=0,0036$, $p_3=0,0003$). Остальные парные сравнения выборок показывают возможность отнесения этих пар к одной генеральной совокупности, что следует из табл. 23.

Из табл. 24 и 25 мы видим, что при оценке значимости различий по интегральным и спектральным параметрам отличий не было выявлено, между одинаковыми по возрасту группами коренного и некоренного женского населения Югры.

Таблица 24

Результаты попарного сравнения средних значений рангов (допустимого уровня значимости параметров вариабельности сердечного ритма, групп женщин коренного и некоренного населения Югры по возрасту) интегральных параметров с помощью критерия Манна–Уитни

Отмеченные критерии значимы на уровне $p < 0,05$			
Параметры	p – уров., 1 с 1	p – уров., 2 со 2	p – уров., 3 с 3
<i>SIM</i>	0,02	0,63	0,22
<i>PAR</i>	0,07	0,67	0,57
<i>SDNN</i>	0,08	0,16	0,70
<i>INB</i>	0,01	0,43	0,84
<i>SPO₂</i>	0,15	0,67	0,69
<i>HR</i>	0,31	0,12	0,87

Примечание: *SIM* – показатель активности симпатического отдела ВНС (у.е.), *PAR* – показатель активности парасимпатического отдела ВНС (у.е.), *INB* – показатель индекса напряжения по Р.М.Баевскому (у.е.), *SPO₂* – содержание оксигемоглобина в крови испытуемых (%), *SDNN* – стандартное отклонение полного массива кардиоинтервалов (мс.), *HR* – частота сердечных сокращений (уд/мин).

**Результаты попарного сравнения средних значений рангов
(допустимого уровня значимости параметров вариальности
сердечного ритма, групп женщин коренного и некоренного
населения Югры по возрасту) спектральных параметров
с помощью критерия Манна–Уитни**

Отмеченные критерии значимы на уровне $p < 0,05$			
Параметры	p – уров. 1 с 1	p – уров. 2 со 2	p – уров. 3 с 3
<i>VLF</i>	0,42	0,16	0,28
<i>LF</i>	0,05	0,40	0,94
<i>HF</i>	0,01	0,92	0,86
<i>LF(p)</i>	0,60	0,51	1,00
<i>HF(p)</i>	0,60	0,51	0,99
<i>LF/HF</i>	0,51	0,36	0,92

Примечание: *VLF* – мощность спектра сверхнизкочастотного компонента вариальности ($\text{мс}^2/\text{Гц}$), *LF* – мощность спектра низкочастотного компонента вариальности ($\text{мс}^2/\text{Гц}$), *HF* – мощность спектра высокочастотного компонента вариальности ($\text{мс}^2/\text{Гц}$), *Total* – общая спектральная мощность ($\text{мс}^2/\text{Гц}$), *LFnorm* – низкочастотный компонент спектра в нормализованных единицах (%), *HFnorm* – высокочастотный компонент спектра в нормализованных единицах (%).

Таким образом, на основе результатов применения методов математической статистики установить значимость всех диагностических признаков не представляется возможным, а, следовательно, выявить признаки, по которым возрастные изменения наиболее выражены затруднительно. Поэтому целесообразно использование новых биоинформационных методов в рамках ТХС для выявления наиболее значимых параметров порядка [3, 20, 28, 151, 190, 192, 193].

Рассмотрим теперь в рамках этого нового подхода результаты обработки данных параметров квазиаттрактора вариальности сердечного ритма в m -мерном фазовом пространстве у групп женского коренного и некоренного населения Югры.

Этот блок информации представляет биоинформационный анализ динамики поведения параметров вектора состояния ССС коренного и некоренного населения женщин Югры в 6-мерном

($m=6$) *фазовом пространстве состояния* с помощью программы «Identity» [1-3, 25, 53, 69, 109]. Благодаря которой были получены результаты идентификации показателя асимметрии (rX) и объемов *квазиаттракторов* (vX) вектора состояния жителей Югры по 6 интегральным и спектральным параметрам. С помощью расчёта параметров *квазиаттракторов* ВСО женского коренного и некоренного населения Югры в фазовом пространстве можно реально оценить адаптивные возможности организма к экстремальным климатическим условиям.

Методы ТХС, разработанные и запатентованные в СурГУ, обеспечили расчет параметров КА поведения вектора состояния системы $x(t)$ в *фазовом пространстве состояний*. 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 $x_1(t)$ [109, 120, 138, 198]. Определение *квазиаттрактора* основано на расчетах вариационных размахов Δx , для каждой координаты вектора $x(t)$. Определение КА введено на ограниченном временном отрезке t , т.к. биосистема постоянно эволюционирует (параметры *квазиаттрактора* могут существенно отличаться на различных отрезках времени)[192, 198, 207, 211].

Подробное рассмотрение статистических закономерностей параметров хаотической динамики кардиоинтервалов трех групп, т.е. их *квазиаттракторов*, показало существенное различие по параметрам КА. Наглядно количественные характеристики параметров КА коренного населения Севера в виде функций S (значения площадей КА) представлены на рис. 12 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 коренных жителей Югры. Это нормальное изменение динамики КА с возрастом у людей, которые стареют физиологически нормально.

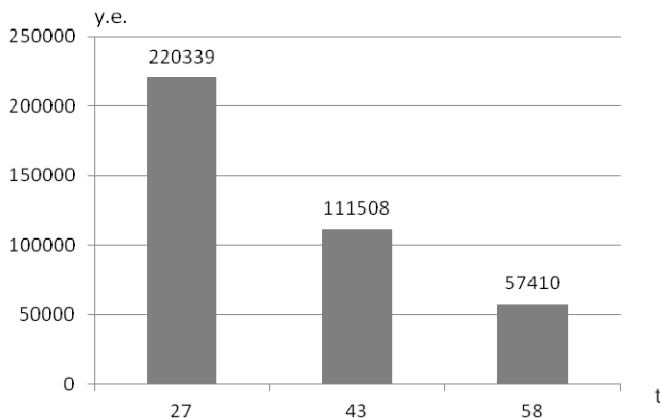


Рис. 12. Усреднённые значения площадей квазиаттракторов S (в у.е.) на основе расчета кардиоинтервалов x_i и их скоростей изменений $x_2=dx_i/dt$ для 3-х групп женщин коренного населения (средний возраст группы указан на оси t)

Для средних значений площадей квазиаттракторов S для всех 3-х групп была выполнена проверка возможности нормального распределения и возможности отнесения этих выборок к одной генеральной совокупности. Эта проверка показала наличие непараметрического распределения для КА и отсутствие возможности их отнесения к одной генеральной совокупности для всех 3-х выборок. В целом, это характерно и для других подобных переменных при анализе многих изменений параметров гомеостаза. Старение коренных жителей происходит в рамках естественных и закономерных процессов – монотонного падения площади КА S с возрастом [30, 35, 51, 138, 151, 199, 219].

Отметим, что некоренное население (рис. 13) по своим параметрам динамики площади $S(t)$ квазиаттракторов с возрастом резко отличается от коренных жителей, а сама динамика подобна параболической кривой. Повышение S для КА с возрастом – это плохой прогноз на продолжительность жизни и работоспособного возраста [92, 122, 125, 197].

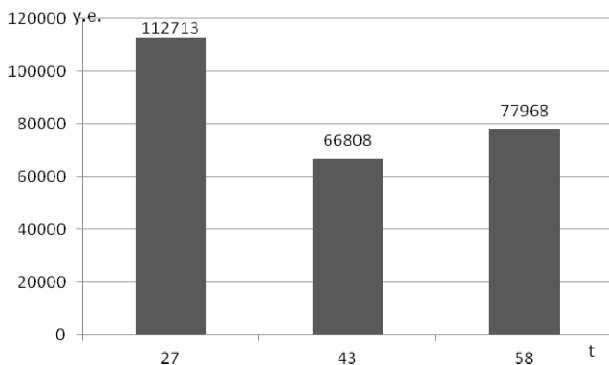


Рис. 13. Усреднённые значения площадей квазиаттракторов S (в у.е.) на основе расчета кардиоинтервалов x_1 и их скоростей изменений $x_2 = dx_1/dt$ для 3-х групп приезжих женщин Югры (средний возраст группы указан на оси t)

Из табл. 26 мы видим, что 1, 3 возрастные группы коренного и некоренного населения Югры имеют сходные значения объёма (для 1 группы: 0,22 у.е. – у коренного, 0,28 у.е. – у некоренного; для 3 группы: 7,3 у.е. – у коренного, 6,08 у.е. – у некоренного). Отметим, что с возрастом объёмы квазиаттракторов у женщин некоренного населения Югры увеличиваются, что является важной характеристикой эколого-возрастных закономерностей поведения хаотической динамики параметров ВСР и свидетельствует о напряжении адаптационных функций организма.

Таблица 26

Результаты сравнения квазиаттракторов вектора состояния организма женщин коренного и некоренного населения Югры по интегральным (SIM, PAR, SDNN, INB, SPO2, HR) параметрам

Группы	rX		$vX \times 10^9$	
	коренное	некоренное	коренное	некоренное
1 группа	22,6	21.7	0,22	0,28
2 группа	491,1	67.9	1495	0,93
3 группа	196,8	171.2	7,3	6,08

В табл. 27 представлены результаты сравнения *квазиаттракторов* вектора состояния организма женщин коренного и некоренного населения Югры по спектральным параметрам с учетом возраста. В возрастном аспекте у женщин коренного населения наблюдается постепенное нарастание объемов КА. У женщин некоренного населения значения объема имеют параболическую форму, если их представить в графическом виде. Отметим, что сходные значения объема имеют вторая возрастная группа коренного и некоренного населения (V_{x_2} коренное = 3,5 у.е, V_{x_2} некоренное = 3 у.е.).

Таблица 27

Результаты сравнения квазиаттракторов вектора состояния организма женщин коренного и некоренного населения Югры по спектральным (VLF , LF , HF , $HF(p)$, $LF(p)$, LF/HF) параметрам

Группы	rX		$vX \times 10^{15}$	
	коренное	некоренное	коренное	некоренное
1 группа	2628,8	4 217.9	2,6	15
2 группа	1878,6	2 420.1	3,5	3
3 группа	4131	6 608.4	16,5	43

Примечание: vX – объем квазиаттрактора, rX – показатель асимметрии.

В качестве подтверждения выводов об особенностях возрастных изменений параметров ССС у коренного и некоренного населения женщин Югры, с помощью специальной авторской компьютерной программы [4, 25, 35, 98], были построены матрицы межаттракторных расстояний (рис. 14, 15).

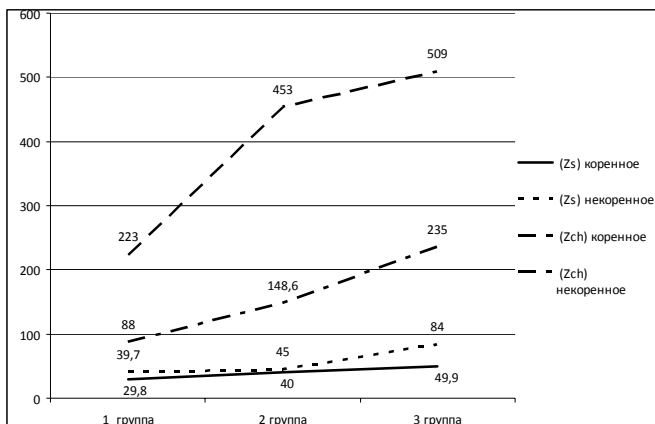


Рис. 14. Значения межкластерных расстояний между Z^s (y.e) стохастическими и Z^{ch} (y.e) хаотическими центрами квазиаттракторов, интегральных (*SIM*, *PAR*, *SDNN*, *INB*, *SPO2*, *SSS*) параметров женщин некоренного и коренного населения Югры

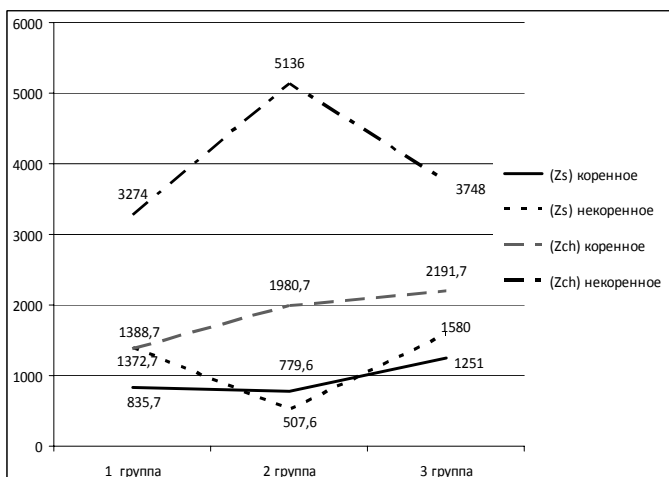


Рис. 15. Значения межкластерных расстояний между Z^s (y.e) стохастическими и Z^{ch} (y.e) хаотическими центрами квазиаттракторов, спектральных параметров (*VLf*, *Lf*, *Hf*, *Hf(p)*, *Lf(p)*, *Lf/Hf*) женщин коренного и некоренного населения Югры.

Анализируя матрицы межаттракторных расстояний между стохастическими (Z^s) и хаотическими (Z^{ch}) центрами КА женщин некоренного населения Югры по интегральным и спектральным показателям, можно сделать вывод, что по мере увеличения возраста, расстояние между хаотическими центрами КА увеличивается, что связано с большим напряжением органов и функциональных систем организма, находящихся в условиях сильного и длительного влияния жестких климатических факторов ХМАО–Югры. Стохастические центры квазиаттракторов, такую яркую динамику не демонстрируют [99, 102, 85, 193, 197, 227, 229].

Особое значение в рамках неопределённости 1-го типа (когда выборки не различаются) играет нейрокомпьютинг, поэтому сейчас рассмотрим результаты обработки данных параметров variability сердечного ритма женского коренного и некоренного населения Югры с использованием нейро-ЭВМ

При проведении стохастического анализа variability сердечного ритма исследуемых у ряда групп женщин коренного и некоренного населения Югры статистически значимых различий обнаружено не было, поэтому мы применили метод нейросетевых технологий который помог установить различия и выделить наиболее значимые параметры порядка.

На рис. 16-20 представлены результаты пятидесяти итераций обучения нейро-ЭВМ с целью различения шести интегральных и спектральных параметров у исследуемых групп женщин коренного и некоренного населения Югры.

Сравнивая параметры 1 и 3 групп коренного и некоренного населения при усреднении медианных весовых значений спектральных параметров ВСП (50-ти обучений нейронной сети), из рис. 16 видно, что у некоренного населения наиболее значимым параметром является LF (w_{ij} составляют 1 у.е.), а следующим по значимости является VLF (w_{ij} составляют 0,64 у.е.). Для коренного населения наиболее значимыми параметрами являются HF (w_{ij} составляют 1 у.е.), LF (w_{ij} составляют 0,59 у.е.) и LF/HF (w_{ij} составляют 0,54 у.е.).

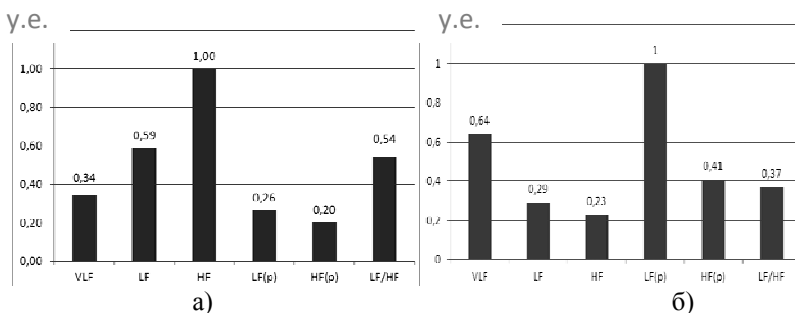


Рис. 16. Результаты 50-ти обучений нейронной сети при решении задач бинарной классификации в диагностике различий по спектральным параметрам ВСП женщин 1 и 3 групп коренного (а) и некоренного (б) населения Югры

Мощность *HF* (дыхательные волны), отражает активность парасимпатического кардиоингибиторного центра продолговатого мозга. Повышение – в состоянии покоя, во время сна, при частой гипервентиляции. Снижение – при физической нагрузке, стрессе, различных заболеваниях (особенно ССС). Вагусная активность является основной составляющей *HF*-компонента спектра [198, 216, 227]. *LF/HF* (коэффициент вагосимпатического баланса) – отношение мощности волн низкой частоты (*LF*) к мощности волн высокой частоты (*HF*). Повышение – при активизации СНС. Снижение – при активизации ПСНС.

Усредненные медианные весовые значений спектральных параметров ВСП 50-ти обучений нейронной сети по исходным данным при решении задачи бинарной классификации для сравнения параметров 1 и 2 групп коренного и некоренного населения представлены на рис. 17. Установлено, что у некоренного населения наиболее значимый параметр *HF* (w_{ij} составляют 0,97 у.е.), затем *LF/HF* (w_{ij} составляют 0,84 у.е.) и *LF* (w_{ij} составляют 0,75 у.е.). У групп коренного населения женщин Югры ранжирование признаков происходит несколько по-иному. Наиболее значимым параметром порядка у коренного населения являются *LF* (w_{ij} составляют 1 у.е.), *HF* (w_{ij} составляют 0,54 у.е.), *LF/HF* (w_{ij} составляют 0,52 у.е.).

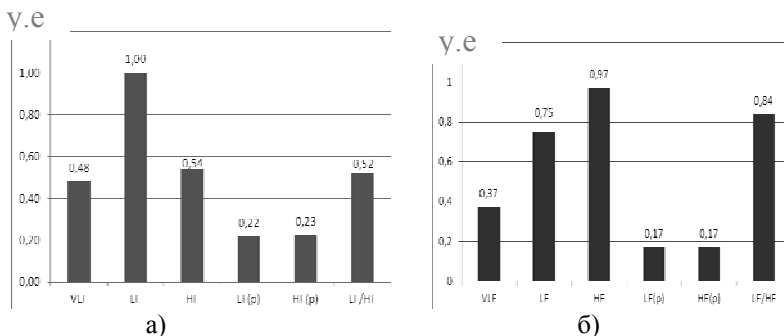


Рис. 17. Результаты 50-ти обучений нейронной сети при решении задач бинарной классификации в диагностике различий по спектральным параметрам ВСР женщин 1 и 2 групп коренного (а) и некоренного (б) населения Югры

LF – отражает активность симпатических центров продолговатого мозга (кардиостимулирующего и вазоконстрикторного). Высокие абсолютные значения наблюдаются у здоровых людей. Снижение – при физической нагрузке, стрессе, различных заболеваниях (особенно ССС).

При сравнении усреднённых медианных значений параметров 2 и 3 групп коренного и некоренного населения установлено, что у некоренного населения наиболее значимый параметр *HF* (w_{ij} составляют 0,97 у.е.), а следующими по важности идут: *VLF* (w_{ij} составляют 0,92 у.е.) и *LF* (w_{ij} составляют 0,55 у.е.). А наиболее значимые параметры у коренного населения представлены *HF* (w_{ij} составляют 1 у.е.), *LF* (w_{ij} составляют 0,59 у.е.), *LF/HF* (w_{ij} составляют 0,54 у.е.).

Значения *VLF* отражают церебральные эрготропные влияния на нижележащие уровни и позволяют судить о функциональном состоянии мозга при психогенной и органической патологии мозга. Известно, что *VLF* является чувствительным индикатором управления метаболическими процессами и хорошо отражает энергодефицитные состояния. Таким образом, параметры *VLF* характеризуют влияние высших вегетативных цен-

тров на сердечно-сосудистый подкорковый центр [24, 69, 144, 146, 169].

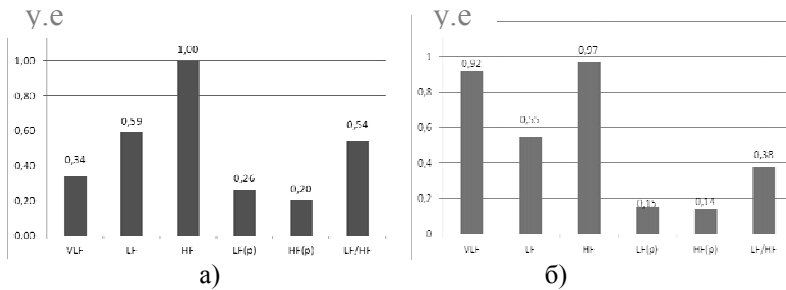


Рис. 18. Результаты 50-ти обучений нейронной сети при решении задач бинарной классификации в диагностике различий по спектральным параметрам ВСП женщин 2 и 3 групп коренного (а) и некоренного (б) населения Югры

При идентификации значимости диагностических признаков интегральных параметров у женщин коренного и некоренного населения мы установили (рис. 19.), что в первой группе значимым параметром является *INB* (w_{ij} составляют 1 у.е.), во второй группе выделяется ряд ПП: *SDNN* (w_{ij} составляют 0,79 у.е.), *SIM* (w_{ij} составляют 0,73 у.е.), *INB* (w_{ij} составляют 0,73 у.е.), *PAR* (w_{ij} составляют 0,62 у.е.), *SPO₂* (w_{ij} составляют 0,53 у.е.); в третьей группе наиболее важным диагностическим признаком является параметр *INB* (w_{ij} составляют 1 у.е.), *SIM* (w_{ij} составляют 0,53 у.е.) и *SPO₂* (w_{ij} составляют 0,53 у.е.) [144, 218].

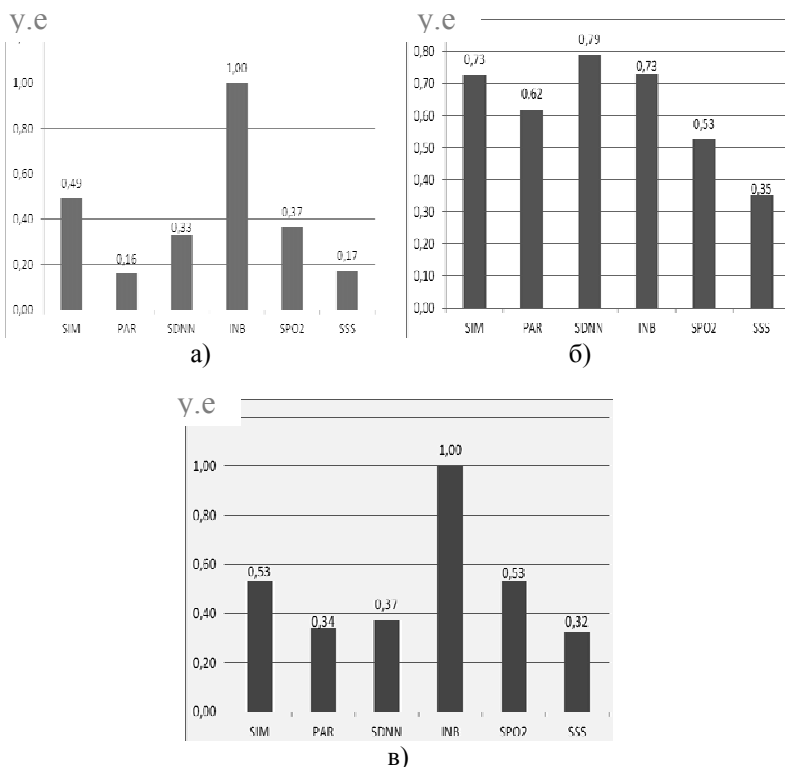


Рис. 19. Результаты 50-ти обучений нейронной сети при решении задач бинарной классификации в диагностике различий по интегральным параметрам ВСР женщин 1 и 1 (а), 2 и 2 (б), 3 и 3 (в) сравниваемых групп коренного и некоренного населения Югры

Из представленных на рис. 20 весовых коэффициентов спектральных параметров ВСР женщин коренного и некоренного населения Югры, можно видеть, что значимыми ПП между первыми группами являются *HF* (w_{ij} составляют 0,97 у.е.), *VLF* (w_{ij} составляют 0,92 у.е.), *LF* (w_{ij} составляют 0,55 у.е.), *LF/HF* (w_{ij} составляют 0,54 у.е.); между вторыми группами наиболее значимыми являются *HF*, *VLF*, *LF*.

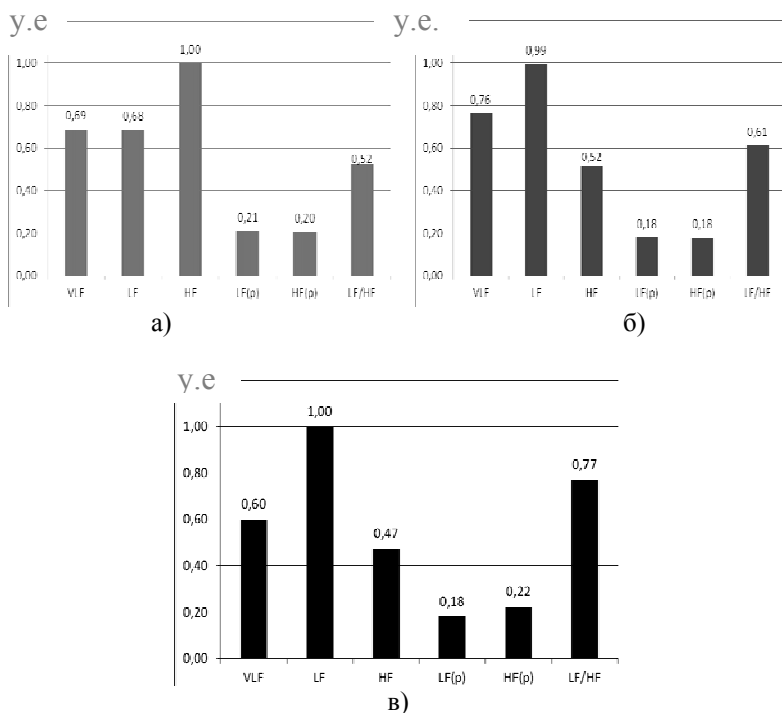


Рис. 20. Результаты 50-ти обучений нейронной сети при решении задач бинарной классификации в диагностике различий по спектральным параметрам ВСП женщин 1 и 1 (а), 2 и 2 (б), 3 и 3 (в) сравниваемых групп коренного и некоренного населения Югры

Наиболее значимыми диагностическими признаками между третьими группами женщин коренного и некоренного населения Югры являются LF (w_{ij} составляют 1 у.е.), LF/HF (w_{ij} составляют 0,77 у.е.), VLF (w_{ij} составляют 0,60 у.е.) [24, 144, 146, 169].

Резюме

С помощью статистического анализа, выявлены различия в параметрах ВСР женщин коренного и некоренного населения Югры. Исследование параметров ССС коренного и некоренного женского населения показало для младшей группы доминирование *парасимпатического* отдела ВНС над *симпатическим* отделом вегетативной нервной системы. Выявлено, что хаотическая динамика параметров ВСР по ряду сравнений групп женщин коренного и некоренного населения демонстрирует принадлежность к одной генеральной совокупности, т.е. наблюдается неопределенность первого порядка.

Метод многомерных фазовых пространств позволил установить, что с возрастом значения S квазиаттракторов у женщин коренного населения Югры уменьшаются в 4 раза ($S_1=220\ 339$ у.е.; $S_2=57\ 410$ у.е.), в то время как у женщин некоренного населения площади КА к 58-ти годам возрастают ($S_1=112\ 713$ у.е.; $S_2=66\ 808$ у.е.; $S_3=77\ 968$ у.е.), что может объясняться низкой физической активностью жителей урбанизированных экосистем и возможно, развивающейся (но еще не фиксируемой) патологией ССС.

Использование нейросетевых технологий позволило не только выявить различий между группами, но и идентифицировать значимые параметры порядка ВСР. Установлены различия между 1-й, 2-й и 3-ей группами сравнения женщин коренного и некоренного населения Югры (с позиций стохастического подхода данные различия установлены не были) наиболее значимыми параметрами порядка являются: для 1 группы – показатель индекса напряжения по Р.М. Баевскому (у.е.) и показатель спектральной мощности высоких частот ($\text{мс}^2/\text{Гц}$); для 2-й группы – показатели: стандартного отклонения полного массива кардиоинтервалов (мс.) и мощности спектра низкочастотного компонента вариабельности ($\text{мс}^2/\text{Гц}$); для 3-ей группы – показатель индекса напряжения по Р.М. Баевскому (у.е.) и мощности спектра низкочастотного компонента вариабельности ($\text{мс}^2/\text{Гц}$).

Глава IV

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПАРАМЕТРОВ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА ШКОЛЬНИКОВ ЮГРЫ

1. Динамика изменения показателей кардио–респираторной системы учащихся младших классов в условиях Севера

Экспериментальное изучение действия факторов внешней среды на организм человека – одна из основных задач экологии человека. Различные методы исследования позволяют сравнивать физиологические функции организма в разных условиях и давать количественную оценку влияния факторов среды на эти функции.

Отмечая негативную роль экстремальности климато-экологических условий регионов Севера, необходимо отметить, что в последние годы внимание к состоянию параметров КРС в условиях этой среды обитания усилилось. В этой связи проблема сохранения здоровья человека на Севере остается крайне актуальной. Это касается и территории ХМАО – крупнейшего региона нефтегазодобывающей отрасли промышленности РФ. Суровость климата здесь определяется длительной зимой, с очень низкой температурой, холодным и коротким летом, резкими перепадами атмосферного давления, температуры и влажности воздуха, сильными и частыми ветрами, магнитными возмущениями. Известно, что большая часть экофакторов северных регионов остаются негативными для здоровья человека и особенно для *сердечно-сосудистой системы*.

Таким образом, сейчас весьма актуальна задача изучения условий жизни человека на Севере (не вахтовиков, а длительно проживающих в Югории), состояния его ФСО и прогнозирование максимальных сроков жизни (продолжительность жизни) в условиях Севера РФ, в частности, для КРС младших возрастных групп.

Широко известны явления зависимости успеваемости школьников от состояния функциональных систем организма и,

в частности, от состояния регуляторных систем ритма сердца. Средняя частота спектра, которая получается путем анализа колебательной структуры *вариабельности сердечного ритма* (ВСР), является достоверным индикатором доминирующей регуляции (симпатической или парасимпатической) *вегетативной нервной системы*. Объективный анализ показателей колебательной структуры ВСР на базе спектрального анализа, ряд других объективных показателей функционального состояния организма учащихся, может гарантировать реальную объективную оценку возможности обучаемого. Особенно такой подход может быть продуктивным в условиях Северного региона РФ, когда на обычный учебный процесс накладывается прессинг экологических факторов Севера, которые могут усугубить тонический (парасимпатический) компонент состояния ВНС и всех регуляторных функций организма в целом. Совпадение неблагоприятных факторов среды с усилением уровня напряжения адаптации может привести к крайне нежелательным негативным последствиям организма школьника. Основной целью настоящей работы является исследование особенностей показателей *кардио-респираторной системы* школьников младших классов в условиях г. Лянтора.

Важную роль в приспособлении организма к изменяющимся условиям среды играют показатели степени активности регуляции в *вегетативной нервной системе*. Степень активности ВНС может быть определена по результатам контроля вегетативной регуляции важнейших ФСО организма и, в частности, по реакции *сердечно-сосудистой системы*. Наиболее доступным для регистрации параметром, отражающим процессы регуляции, является именно ритм сердечных сокращений, динамические характеристики которого позволяют оценить выраженность симпатических и парасимпатических сдвигов при изменении состояния исследуемого. Доказано, что основным критерием в вариационной пульсометрии является показатель колебаний длительности межимпульсовых интервалов по отношению к среднему уровню [91, 92]. В норме колебания носят относительно быстрый характер и значительная вариабельность сердечного ритма может быть обусловлена вагусными влияниями. В этом случае превалирует тонус *парасимпатического отдела* ВНС.

При активации *симпатического отдела* ВНС, происходящей во время стресса, колебания длительностей межпульсовых интервалов происходят медленнее и ВСР падает. Это говорит о повышенном тоне *симпатической* ВНС.

Для отражения процессов возникновения, распространения и исчезновения возбуждения в различных отделах сердца используют разные методы измерения ЧСС.

Наибольшее распространение в биологии и клинической практике получили методы вычисления диагностических показателей, основанные на временном (статистическом) и частотном (спектральном) анализе *вариабельности сердечного ритма*. При этом для определения показателей вегетативной регуляции в аппаратуре мониторингового контроля используется временной метод анализа вариабельности, позволяющий получить текущие диагностические оценки в реальном масштабе времени [88-90].

В наших исследованиях применялся пульсоксиметр «ЭЛОКС-01С2», разработанный и изготовленный ЗАО ИМЦ Новые Приборы, г. Самара. В устройстве применялся оптический пальцевый датчик (в виде прищепки), с помощью которого происходила регистрации пульсовой волны с одного из пальцев кисти. Технически он выполнен с применением оптических излучателей и фотоприемника двух типов: в ближнем инфракрасном и красном спектре диапазона световой волны, которые дают возможность непрерывно определять индикацию значения степени насыщения гемоглобина крови кислородом (SpO_2) в %, а также значения *частоты сердечных сокращений* (ЧСС).

Прибор снабжен программным продуктом «ELOGRAPH», который в автоматическом режиме позволяет отображать изменение ряда показателей в режиме реального времени с одновременным построением гистограммы распределения длительности *кардиоинтервалов* (КИ). Нами выполнена некоторая модификация программы в отношении усреднения показателей симпатической и парасимпатической вегетативной нервной системы, что обеспечивает представление процессов в фазовом пространстве в виде динамики хаотичных процессов.

Таким образом, используя метод вариационной пульсометрии и анализ ВСР во временной и частотной областях, можно получить информацию, характеризующую процессы управления

основными жизненными функциями организма человека под воздействием, в частности, экстремальных экологических факторов.

Функциональное состояние организма в процессе адаптации к условиям окружающей среды имеет два предельных значения – здоровье и болезнь, норму и патологию. Между этими значениями находятся различные донозологические состояния, различающиеся по степени напряжения регуляторных систем, по степени адаптации. При воздействии экстремальных экологических факторов на организм, возникает общий адаптационный синдром (Г. Селье, 1936 г.), который рассматривается как неспецифический ответ организма и сопровождается напряжением регуляторных систем, направленных на мобилизацию функциональных резервов. В тех случаях, когда условия окружающей среды требуют от организма повышенных усилий, «диагностируют» функциональное напряжение.

Наиболее результативным и универсальным индикатором функционального состояния организма и компенсаторно-приспособительных функций, обеспечивающих энергетические потребности, является *кардио-респираторная и нервно-мышечная системы*. Особые задачи стоят в исследовании показателей сердечно-сосудистой системы под воздействием климатических факторов. Широко известно, что универсальными индикаторами компенсаторно-приспособительной деятельности организма являются функциональные показатели КРС, по которым можно прогнозировать общее функциональное состояние организма. В частности, средняя частота спектра, которая получается путем анализа колебательной структуры *вариабельности сердечного ритма*, является достоверным индикатором доминирующей регуляции (симпатической или парасимпатической) ВНС.

Высокие географические широты, в нашем случае Север, характеризуются экстремальностью факторов внешней среды, прежде всего холодowymi воздействиями на организм. В этой связи на кровообращение человека влияют такие внешние факторы, как резкие сезонные, меж- и внутрисуточные перепады атмосферного давления, холодовое воздействие, резкое изменение фотопериодичности и колебания магнитного поля Земли.

Комплекс климатозоологических факторов высоких широт предъявляет жесткие требования к *сердечно-сосудистой системе* [47, 78].

Учеными В.В. Париным, Р.М. Баевским была выдвинута концепция о системе кровообращения как индикаторе адаптационных реакций целостного организма. Система кровообращения, наряду с нейроэндокринной системой, играет существенную роль в процессах адаптации. Это связано, прежде всего, с ее функцией транспорта питательных веществ и кислорода, основных источников энергии. По мнению Ф.З. Меерсона, пусковым сигналом, запускающим всю цепь регуляторных приспособлений, является дефицит энергетического обеспечения клеток и тканей.

Безусловно, в обеспечении организма кислородом в экстремальных условиях принимают участие важнейшие функциональные системы организма, в первую очередь КРС, мобилизация которой способствует не только поступлению кислорода к жизненно важным органам и тканям, но и лучшей его утилизации из крови и выделению из организма избытка углекислоты. Исследованиями Н.А. Агаджаняна, М.В. Лазько и др. установлено влияние факторов внешней среды, психоэмоциональных и физических нагрузок, на функционирование сердечно-сосудистой и дыхательных систем организма. В целом, *кардиореспираторная система* является универсальным индикатором функциональных резервов и компенсаторно-приспособительных функций организма, обеспечивающая энергетические потребности.

Существует ряд систем, регулирующих работу сердца. Наиболее важной из них, оказывающей большое влияние на функциональную деятельность сердца, является *вегетативная нервная система*. Вследствие того, что ВНС имеет довольно сложное строение и сложно организованные функции, выделим некоторые элементы строения самой ВНС без учета ее влияния на сердечно-сосудистую систему. Как известно, *вегетативная нервная система* делится на два отдела: сегментарно-периферический, обеспечивающий вегетативную иннервацию отдельных сегментов тела и относящихся к ним внутренних органов, и центральный, или надсегментарный, объединяющий

отдельные сегменты и подчиняющий их деятельность общим функциональным задачам организма.

Характерной особенностью вегетативной иннервации на уровне сегментарно-периферического отдела является наличие двух относительно самостоятельных систем: *симпатической* и *парасимпатической*. Именно их согласованная деятельность обеспечивает тонкую регуляцию функций внутренних органов и обмена веществ [127, 205, 206]. Особенно это проявляется в период роста (и возрастных изменений).

Повышение активности *симпатической нервной системы* сопровождается учащением пульса и повышением артериального давления. Действие *парасимпатической нервной системы* во многом противоположно: при повышении ее активности происходит замедление сердечной деятельности и снижение артериального давления. Существенно, что электромагнитные бури или влияние физических воздействий на человека или животных в условиях ХМАО могут приводить к активации как симпатической, так и парасимпатической нервной системы, что может проявляться, например, в сужении или расширении зрачков. Следовательно, динамические характеристики ритма сердца позволяют оценить выраженность сдвигов симпатической и парасимпатической активности вегетативной нервной системы при изменении состояния организма человека, что и используется в настоящей работе.

Наблюдение и анализ изменения активности ВНС, определяемый по отношению к тоническому уровню, позволяет оценить все стадии адаптации организма и дает возможность контроля выраженности стресса. А так как ритм сердца находится под контролем звеньев всех уровней управления функциями организма, то его анализ дает достоверную оценку адаптации системы кровообращения и организма в целом к действию стрессорных факторов.

Если рассматривать организм человека с позиции синергетики, с позиции хаоса и порядка, то это сложная система, преобразующая детерминированную и хаотическую составляющую внешней среды в детерминированную и хаотическую составляющую своего организма. Наиболее чувствительным звеном организма при этом является сердечный ритм, обе компоненты

которого (как периодическая, так и хаотическая) легко поддаются анализу по нерегулярному чередованию кардиоинтервалов (RR) ЭКГ, т.е. в виде *кардиоинтервалов* (КИ).

Большинство людей для работы на Север приезжает из южных областей страны. Попадая в суровые климатические условия, они сталкиваются с рядом непривычных климатогеографических факторов. Напряжение организма приводит к неэкономному расходованию функциональных резервов, быстрому их истощению. Действие экстремальных факторов проявляется для них в значительной нагрузке на жизнеобеспечивающие процессы и психическую сферу. При адаптации человека к условиям Севера происходит снижение антиокислительной активности, что приводит к недостаточному снабжению тканей и органов кислородом и питательными веществами, развитию явлений гипоксии. В результате данного явления существенно повышается проницаемость кровеносных капилляров. Хотя содержание кислорода в атмосферном воздухе Югры существенно не отличается от других регионов, примерно – 20,44%, но при изменении метеорологических условий колеблется его плотность. Известно, что она изменяется прямо пропорционально давлению и обратно пропорциональна температуре и влажности.

Для представителей всех половозрастных, проживающих на Севере, групп характерно увеличение массы правого желудочка сердца по отношению к массе левого, что является отражением нового повышенного уровня гемодинамики легких. Изменения происходят и в левом отделе сердца, они приводят к повышению давления в большом круге кровообращения. Все эти процессы происходят на фоне воздействия низких температур на энергозатраты, а, следовательно, на обмен веществ. Адаптивные реакции человека к природным условиям Севера включают изменения эмоциональной сферы, снижение выраженности тормозных процессов в коре больших полушарий головного мозга, совершенствование терморегуляции, изменение в обмене веществ. В последнем случае происходит активация липидного обмена – переключение углеводного типа обмена на жировой, что у приезжих становится причиной развития атеросклероза.

Степень жизнедеятельности человека или уровень его соматического (физического) здоровья определяется в наибольшей

степени развитием качества общей выносливости. Его физиологической основой являются аэробные возможности человека, отражающие способности организма доставлять и использовать кислород для энергопродукции при физической работе (например, длительное статическое напряжение на уроках в процессе учебной деятельности). Низкий уровень функционального резерва КРС существенно снижает физическую и психическую работоспособность учащихся, вследствие чего возникают различные нарушения здоровья и снижение жизненного тонуса, появляется неустойчивость к стрессам, снижается устойчивость организма к вредно действующим факторам, из-за чего появляется склонность к заболеваниям [31, 58, 59, 127]. Все это, бесспорно, оказывает влияние на успешность учебной деятельности учащихся.

В условиях ограниченности адаптационных резервов, свойственной растущему организму, любое увеличение нагрузки, умственной или физической, можно рассматривать как стрессорное воздействие, носящее длительный и устойчивый характер. Это приводит к снижению адаптационных резервов, возникновению ситуации рассогласования механизмов регуляции вегетативных функций; жизнедеятельность осуществляется в режиме неустойчивой адаптации, которая проявляется у детей в виде ухудшения работоспособности, повышенной утомляемости и снижения устойчивости к неблагоприятным воздействиям [14, 42, 43].

Алгоритмы и компьютерные программы позволяют идентифицировать основные функции организма учащихся в различных климатических условиях, что в свою очередь обеспечивает количественную классификацию и идентификацию показателей функций организма.

Рассмотрим теперь основные *результаты исследований* с позиций традиционной статистики и *теории хаоса-самоорганизации*.

Были изучены показатели ФСО у учащихся СОШ № 6 г. Лянтора без жалоб на состояние здоровья. Исследования проводились в состоянии покоя по каждому испытуемому отдельно. Изучались разные группы данных по обследованию пяти показателей ФСО. В группе гендерных различий (отдельно мальчики

и девочки) проведены обследования этих двух групп в два сезона года: в зимний период (февраль) 2005-2006 учебного года и в осенний период (сентябрь) 2005-2006 учебного года.

Далее представлены результаты измерений параметров организма младших возрастных групп с 1 по 4 класс – показателей активности симпатической вегетативной нервной системы – СИМ и показателей активности парасимпатической нервной системы – ПАР в условных единицах. В таблицах представлены результаты измерений *частоты сердечных сокращений*, ИНБ и SpO_2 гемоглобина крови (показатели оксигемоглобина).

Проведены сравнения результатов измерений интегративных показателей состояния СИМ и ПАР вегетативной нервной системы у девочек и мальчиков разных возрастных групп в зимний и осенний периоды 2005 – 2006 уч. г.

В данных обследованиях установлен сдвиг показателей ВНС в сторону парасимпатической нервной системы. У некоторых лиц наблюдается выраженное снижение тонуса периферических сосудов (пульс на фалангах пальцев не регистрируется фотооптическими датчиками).

У девочек 1-х и 2-х классов в осенний период показатели СИМ сравнительно выше (3,86; 5,06), чем у девочек 3-х и 4-х классов (3,26; 3,13).

Показатели СИМ у девочек в зимний период, по сравнению с осенним, отличаются. Самый высокий показатель СИМ у девочек 1-х классов (4,73), самый низкий в 3-х классах (1,6).

У девочек в зимний период прослеживается динамика понижения показателей СИМ по сравнению с осенним периодом времени (за исключением учащихся 1 классов).

Показатели ПАР у девочек 1-х классов самый низкий (12,26), в отличие от остальных классов. Самые высокие показатели ПАР у детей 3-х классов (17,2). Зимой практически у всех возрастных групп показатели ПАР, по сравнению с осенними, повышены, у 2-го и 4-го класса понижены, но незначительно (с 14,06 до 13,73). Самые высокие показатели ПАР в зимний период у девочек 3-их классов.

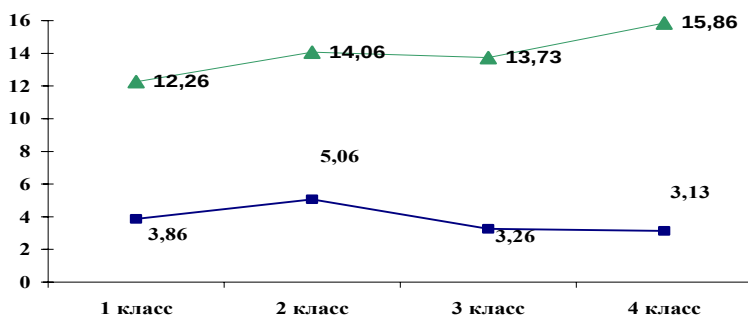


Рис. 21. Изменения показателей ПАР ▲ – показателя активности парасимпатической вегетативной нервной системы и СИМ ■ – симпатической нервной системы у девочек в зависимости от возраста в осенний период.

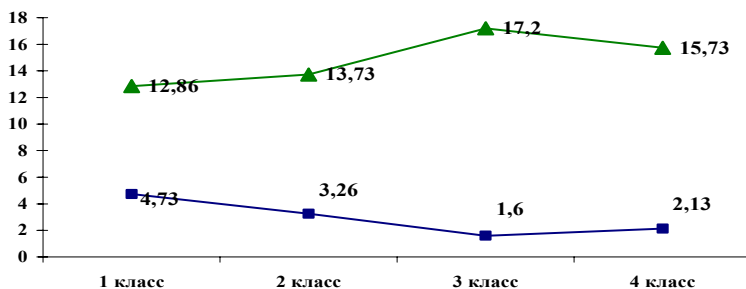


Рис. 22. Изменения показателей ПАР ▲ – показателя активности парасимпатической вегетативной нервной системы и СИМ ■ – симпатической нервной системы у девочек в зависимости от возраста в зимний период.

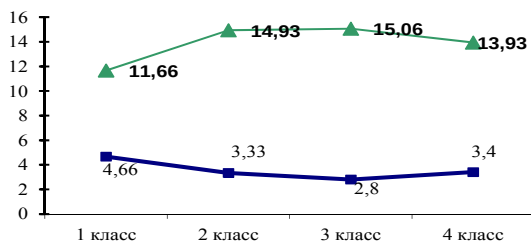


Рис. 23. Изменения показателей ПАР ▲ – показателя активности парасимпатической вегетативной нервной системы и СИМ ■ – симпатической нервной системы у мальчиков в осенний период в зависимости от возраста.

У мальчиков показатели СИМ в зимний период времени понижены по сравнению с осенним периодом, а показатели ПАР повышены. Если сравнивать графики зависимости СИМ в соотношении гендерных различий в разные периоды года, то отличия в показателях СИМ наблюдались между мальчиками и девочками учащихся в 1-х классов. У девочек они заметно выше (4,73), а у мальчиков – ниже (2,13). Отметим, что среди климатических факторов одно из первых мест по степени воздействия на организм человека и, прежде всего, КРС занимают непериодические, резкие перепады атмосферного давления (сезонные, внутри- и межсезонные).

Рассмотрим результаты измерений ЧСС мальчиков разных возрастных групп в зимний и осенний периоды года. Можно увидеть, что в зимний период как у мальчиков, так и у девочек наблюдаются пониженные показатели *частоты сердечных сокращений*, по сравнению с осенним периодом. Например, у 1 классов зимой ЧСС 87,26, а осенью 103,46. ЧСС у девочек 1-х и 2-х классов выше, чем у 3-их и 4-х как зимой, так и осенью.

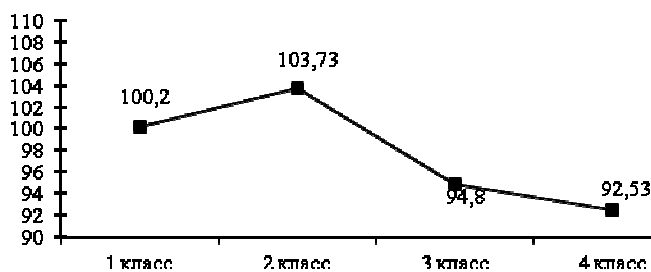


Рис. 24. Изменения показателей SSS у девочек в осенний период в зависимости от возраста.

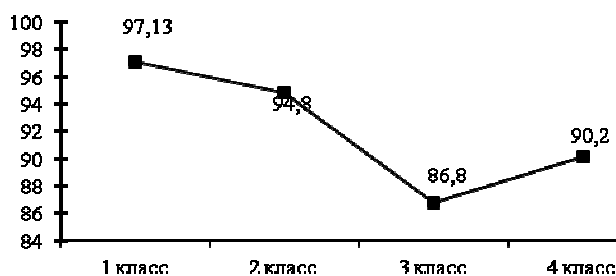


Рис. 25. Изменения показателей SSS у девочек в зимний период в зависимости от возраста.

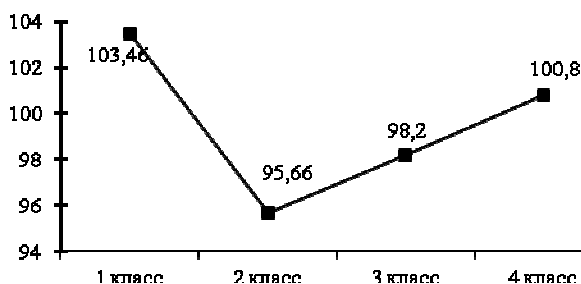


Рис. 26. Изменения показателей SSS у мальчиков в зависимости от возраста в осенний период.

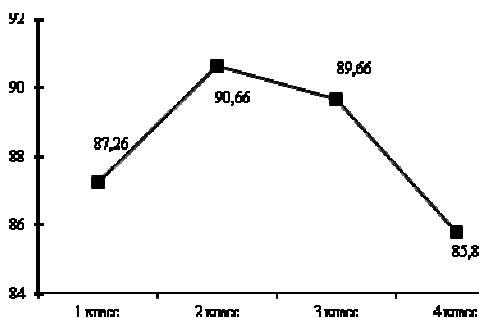


Рис. 27. Изменения показателей SSS у мальчиков в зимний период в зависимости от возраста.

Это обусловлено активностью *парасимпатической* нервной системы в зимний период, которая снижает частоту и силу сердечных сокращений. Активность *симпатической* нервной системы в осенний период наоборот увеличивает *частоту сердечных сокращений*.

В целом, сравнение показателей ЧСС в разные сезоны года, показало, что все показатели для разных возрастов выше нормы.

Специфические факторы Севера, в частности колебания геомагнитного поля, приводят к недостаточному снабжению тканей и органов кислородом, развитию гипоксии. В результате чего в тканях наблюдается повышенная проницаемость кровеносных сосудов, но это компенсаторная возможность все-таки не помогает усвоению кислорода организмом, так как в атмосфере ХМАО наблюдается повышенное содержание оксида углерода. Это приводит к блокированию им молекул гемоглобина крови и уменьшение поступления в организм кислорода.

Изучая показатель уровня оксигемоглобина в крови испытуемых наблюдали превышающие значения 96-97% практически у всех учащихся.

Это свидетельствует об отсутствии или очень ослабленных компенсаторных возможностях организма учащихся. Одновременно и значительно как в зимний, так и в осенний периоды учебы под воздействием экологических факторов – SpO_2 повы-

шен относительно таковых в средней полосе (обычно менее 93%). Такое различие показателей SPO_2 детей Югры очень настораживает физиологов и педагогов, т.к. резко снижаются компенсаторные возможности человека на Севере.

Самый высокий показатель SpO_2 у девочек 4-х классов зимой (97,66), самый низкий осенью (96,4). У остальных классов показатели SpO_2 практически не отличаются (1-е – 96,33; 2-е – 96,4; 3-е – 96,8) как в зимний период, так и осенью (97,73; 97,13; 97,13).

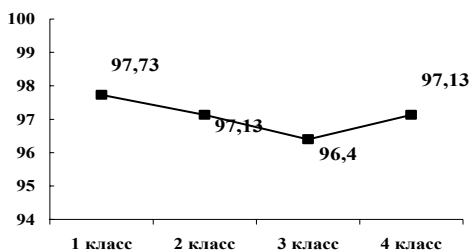


Рис. 28. Изменения показателей SPO_2 у девочек в осенний период в зависимости от возраста.

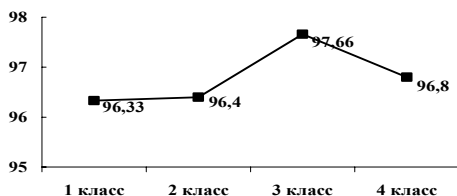


Рис. 29. Изменения показателей SPO_2 у девочек в зимний период в зависимости от возраста.

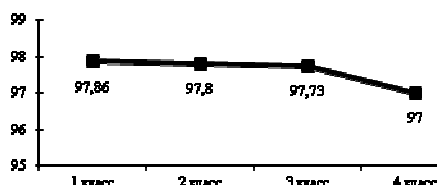


Рис. 30. Изменения показателей SPO_2 у мальчиков в осенний период в зависимости от возраста.

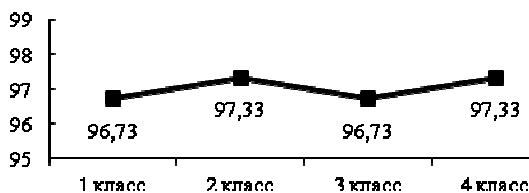


Рис. 31. Изменения показателей SPO_2 у мальчиков в зимний период в зависимости от возраста.

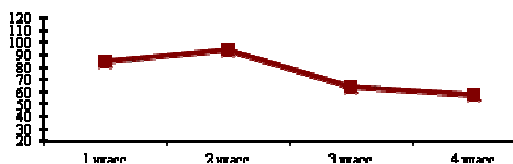


Рис. 32. Изменения показателей IBN у девочек в осенний период в зависимости от возраста.

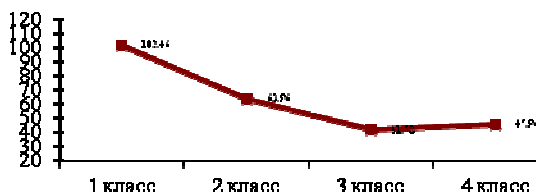


Рис.33. Изменения показателей IBN у девочек в зимний период в зависимости от возраста.

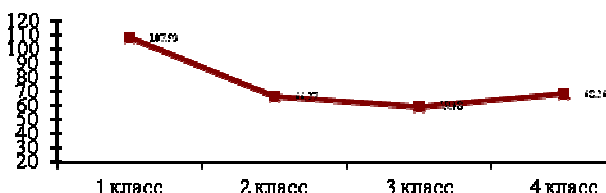


Рис. 34. Изменения показателей *IBN* у мальчиков в осенний период в зависимости от возраста.

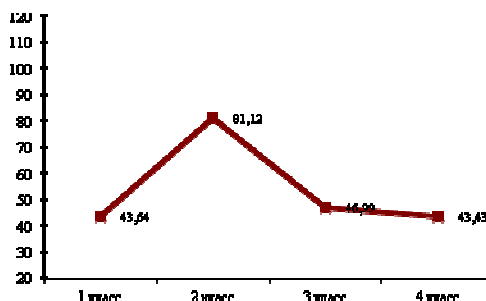


Рис. 35. Изменения показателей *IBN* у мальчиков в зимний период в зависимости от возраста.

Резюме

У большинства обследованных учащихся в зимний и осенний периоды наблюдался низкий уровень адаптационных резервов организма, что лимитирует физические возможности организма детей, которым необходимо больше времени уделять физическим упражнениям. Правильно организованная тренировка, улучшает физическое состояние организма и параметры ССС, улучшает реакцию *кардиореспираторной системы* на мышечную работу, расширяет возможности детского организма.

Динамика показателей КРС является чувствительным индикатором неблагоприятного воздействия экологических факторов Севера на организм школьников младших классов.

В результате исследования установлено, что уровень оксигемоглобина (SpO_2) в обеих группах колеблется в пределах 96-98%. Это говорит о том, что кислородный режим организма находится в состоянии напряжения, а функциональные системы, ответственные за дыхание, значительно лимитированы в своей деятельности, имеют низкую экономичность и, возможно недостаточную мощность для обеспечения повышенных потребностей организма в энергообмене.

Состояние СИМ и ПАР отделов ВНС у мальчиков и девочек в разные сезоны года имеет следующие характерные особенности: индекс активности симпатического вклада не превышает во всех группах 5 условных единиц, а уровень активности парасимпатического вклада увеличен (не опускается ниже 11 усл.ед.). Общее состояние во всех группах имеет выраженное влияние со стороны парасимпатического отдела ВНС.

Как итог такого состояния фазической активности и действия экофакторов Севера мы регистрируем сдвиг показателей фазатона мозга из области фазической области в глубокую тоническую область. Фактически, это характеризуется переходом аттрактора ВСОЧ из области нормы в область псевдонормы.

2. Статистический подход в оценке ССС школьников

В настоящем параграфе представлен сравнительный анализ параметров *вариабельности сердечного ритма* школьников, являющихся коренными и некоренными жителями Югры. Анализ выполнялся методом множественных сравнений трёх возрастных подгрупп и методом многомерного анализа с расчетом межкластерных расстояний. Обнаружены различия в динамике возрастных изменений школьников Югры и основное внимание уделялось выявлению отличительных тенденций параметров вариабельности сердечного ритма между коренными и некоренными представителями Севера. В частности, выявлению высокого адаптационного потенциала у представителей аборигенов в сравнение с пришлым населением. Максимальная дивергенция параметров организма мальчиков наблюдается в старшей возрастной группе.

Одним из методов, позволяющих оценить функциональное состояние организма, степень напряжения механизмов адаптации к экологическим и иным факторам среды является анализ ВСР [31, 190-194, 197, 206]. При этом на адаптационные возможности организма человека влияет не только интенсивность воздействующих факторов среды, но и генетически закрепленные механизмы адаптации. Вопросам адаптации человека к экстремальным экологическим факторам посвящено большое количество работ [1, 14, 42, 43, 127], однако проблема сравнительного анализа аборигенов и пришлого населения Севера остается открытой. Особенно это касается детско-юношеского населения Югры. Вопросы изучения адаптационных возможностей детско-го организма к экстремальным экологическим факторам Югры являются актуальным и в этой связи выполнение сравнительного анализа параметров ВСР у представителей коренного и пришлого населения Югры, составило цель настоящего исследования.

Объектом настоящих исследований являлись дети, учащиеся Русскинской национальной средней общеобразовательной школы-интерната (НСОШ-интернате), которые входили в группу коренных жителей Югры, а также учащиеся средней общеобразовательной школы №4 г. Сургута (СОШ №4), представляющие некоренное население. Обследование детей проводилось в осенний период (сентябрь – октябрь) года.

В исследованиях приняли участие 277 школьников. Из них 127 человек – учащиеся НСОШ-интерната и 150 человек – учащиеся СОШ №4. Сравнимые группы обследуемых были поделены по полу и возрасту на следующие подгруппы: 7-10 лет – младшее звено; 11-14 лет – среднее звено; 15-17 лет – старшее звено. В каждую возрастную подгруппу входило по 25 человек. Исключение составили старшие подгруппы учащихся НСОШ-интерната, в которую вошло 15 девочек и 12 мальчиков. Схема исследования представлена на рис. 36.



Рис. 36. Схема исследования

Анализ вариабельности сердечного ритма проводился на основе данных, получаемых методом вариационной пульсометрии, регистрируемых с помощью сертифицированного прибора – пульсоксиметра «Элокс-01» (ЗАО Инженерно-медицинский центр «Новые Приборы», г. Самара) с соответствующим программным обеспечением.

Статистическая обработка полученных данных производилась с использованием программы *Statistica 6.1*. Для анализа использовались следующие параметры ВСР: $x_1 - SIM$; $x_2 - PAR$; $x_3 - SDNN$; $x_4 - INB$; $x_5 - SpO_2$; $x_6 - pNN50$; $x_7 - TINN$; $x_8 - HR$; $x_9 - VLF$; $x_{10} - LF$; $x_{11} - HF$; $x_{12} - Total$; $x_{13} - LF(p)$; $x_{14} - HF(p)$; $x_{15} - LF/HF$ – (коэффициент вагосимпатического баланса) отношение мощности волн низкой частоты (LF) к мощности волн высокой частоты (HF).

В настоящем сообщении представлены результаты только статистического анализа параметров ВСР, без обработки данных методами *теории хаоса-самоорганизации*, которые составили отдельный блок исследований.

Анализ *вариабельности сердечного ритма* девочек при сравнении групп учащихся в НСОШ-интернате, д. Русские и СОШ №4, г. Сургута по критерию Краскела-Уоллиса (табл.

28) с последующим попарным сравнением позволил выявить только межгрупповые различия параметров ВСР (*pNN50*, *TINN* и ЧСС) для разных возрастных подгрупп. Статистически достоверных межгрупповых различий между подгруппами в пределах одного возраста не обнаружено (табл. 29).

Несмотря на отсутствие статистически значимых различий при попарном сравнении, имеются тенденции, косвенно указывающие на более выраженный уровень адаптации к экологическим факторам Севера – у девочек, учащихся в НСОШ-интернате д. Русскинские. Так, в трёх возрастных группах девочек, являющихся коренными жителями Севера активность *симпатического отдела* вегетативной нервной системы и *индекс напряжения по Р.М. Баевскому* имеют более низкие значения по сравнению с таковыми у девочек, относящихся к группе прошлого населения Югры. Индекс напряжения регуляторных систем характеризует состояние центрального контура регуляции. Возможно, что наряду с климатическими факторами, определенное значение имеет фактор урбанизированной среды, в которой проживают девочки, учащиеся в СОШ №4, г. Сургута. Также выявлены тенденции к более низким процентным значениям эпизодов различия последовательных интервалов более чем на 50 мс (*pNN50*) и индекса триангулярной интерполяции (*TINN*) у девочек, учащихся в СОШ №4, г. Сургута, что указывает на снижение вариабельности сердечного ритма. Частота сердечных сокращений у девочек данной группы также имеет тенденцию к более высоким значениям по сравнению с коренными жителями Югры [31, 35, 84].

При спектральном анализе ВСР выявлены тенденции, указывающие на большие значения мощности волн низкой частоты (*LF*) у девочек, учащихся в НСОШ-интернате д. Русскинские, что характеризует нормальную активность кардиостимулирующего и вазоконстрикторного центров продолговатого мозга. Общая мощность спектра (*Total*), отражающая суммарный эффект воздействия на сердечный ритм всех уровней регуляции имеет тенденцию к более высоким значениям у девочек, являющихся коренными жителями Югры, что отражает хорошее функциональное состояние *сердечно-сосудистой системы* [31, 197].

Таблица 28

**Сравнение показателей variability сердечного ритма девочек
учащихся в д. Русскинские и СОШ №4 по критерию
Краскела-Уоллиса**

Группы	НСОШ-интернат, Русскинские (девочки)			СОШ №4, Сургут (девочки)			Кр. Краскела-Уоллиса: H (5, N= 140)	Уровень значимости, p
	7-10 лет (n=25)	11-14 лет (n=25)	15-17 лет (n=15)	7-10 лет (n=25)	11-14 лет (n=25)	15-17 лет (n=25)		
<i>SIM</i>	3 (2; 6)	2 (1; 3)	2 (1; 3)	4 (1; 6)	3 (2; 5)	3 (2; 5)	13,61	,02
<i>PAR</i>	13 (7; 15)	15 (11; 17)	15 (12; 19)	11 (9; 16)	13 (9; 14)	11 (9; 16)	9,82	,08
<i>SDNN</i>	49 (30; 56)	49 (43; 65)	54 (46; 70)	46 (39; 67)	48 (39; 52)	44 (39; 56)	8,19	,14
<i>INB</i>	45 (29; 85)	35 (24; 42)	30 (17; 40)	61 (26; 89)	40 (32; 67)	38 (31; 66)	15,63	,01
<i>SPO2</i>	98 (98; 98)	98 (97; 98)	98 (97; 98)	98 (97; 98)	98 (97; 98)	98 (97; 98)	3,09	,69
<i>pNN50</i>	18 (4; 29)	23 (10; 36)	20 (12; 50)	14 (6; 23)	15 (9; 19)	10 (4; 13)	14,91	,01*
<i>TINN</i>	202 (164; 258)	258 (204; 288)	230 (192; 268)	184 (148; 254)	206 (176; 268)	200 (164; 240)	12,59	,03*
<i>HR</i>	92 (84; 97)	83 (80; 87)	79 (72; 84)	103 (93; 110)	90 (83; 99)	92 (82; 94)	44,14	<0001*
<i>VLF</i>	1885 (952; 2295)	2732 (1994; 3517)	2957 (2354; 4907)	2323 (1128; 4133)	1952 (1261; 3203)	2203 (1048; 3175)	9,47	,09
<i>LF</i>	1798 (1211; 2778)	3181 (2410; 4112)	3663 (2528; 6044)	1701 (1187; 4472)	1662 (1205; 2796)	2454 (1755; 3672)	14,49	,013
<i>HF</i>	1737 (653; 2777)	2037 (1070; 2884)	1556 (1010; 2790)	1745 (849; 2866)	1409 (1153; 1929)	1172 (856; 1565)	4,87	,43
<i>Total</i>	5584 (2552; 8970)	8311 (5337; 12998)	10076 (6010; 13740)	5816 (3411; 12810)	5567 (3396; 8301)	6369 (4143; 8050)	11,39	,044
<i>LF(p)</i>	57 (49; 67)	62 (54; 69)	73 (60; 79)	56 (51; 61)	57 (50; 68)	70 (58; 74)	14,09	,015
<i>HF(p)</i>	43 (33; 51)	38 (31; 46)	27 (21; 40)	44 (39; 49)	43 (32; 50)	30 (26; 42)	14,09	,015
<i>LF/HF</i>	1,5 (0,96; 2,12)	1,61 (1,2; 2,4)	2,69 (1,52; 3,68)	1,31 (1,1; 1,59)	1,33 (0,99; 2,3)	2,3 (1,4; 2,87)	13,59	,018

Примечание: * – параметры ВСР, различающиеся при попарном сравнении.

Сравнение показателей ВСР мальчиков, учащихся в НСОШ-интернате, д. Русскинские и СОШ №4, г. Сургута по критерию Краскела-Уоллиса (табл. 30) с последующим попарным сравнением также как и при сравнении между собой групп девочек, позволил выявить только межгрупповые различия параметров ВСР для разных возрастных подгрупп. Статистически достоверных межгрупповых различий между подгруппами в пределах одного возраста не выявлено. Различия были обнаружены для разных возрастных подгрупп по ряду параметров ВСР: HR , $LF(p)$, $HF(p)$, LF/HF . Результаты попарных сравнений представлены в табл. 33.

Таблица 29

**Попарные сравнения ряда показателей вариабельности
сердечного ритма девочек, учащихся в НСОШ-интернате
д. Русскинские и СОШ №4 г. Сургута**

Группы Параметры	НСОШ-интернат, Русскинские (девочки)			СОШ №4, Сургут (девочки)			Кр. Краскела-Уоллиса: H (5, N= 140)	Уровень значимости, p
	7-10 лет (n=25)	11-14 лет (n=25)	15-17 лет (n=15)	7-10 лет (n=25)	11-14 лет (n=25)	15-17 лет (n=25)		
p_{NN50}	18 (4; 29)	23 (10; 36)	20 (12; 50)	14 (6; 23)	15 (9; 19)	10 (4; 13)	14,905	,0108
			$p_{3,5}$		0,018			
$TINN$	202 (164; 258)	258 (204; 288)	230 (192; 268)	184 (148; 254)	206 (176; 268)	200 (164; 240)	12,590	,0275
	$p_{1,5}$				0,042			
HR	92 (84; 97)	83 (80; 87)	79 (72; 84)	103 (93; 110)	90 (83; 99)	92 (82; 94)	44,138	<0001
	$p_{1,5}$				<0,001			
	$p_{1,6}$					<0,001		
		$p_{2,6}$				0,022		
			$p_{3,6}$			0,035		
				$p_{4,6}$		0,007		

Таблица 30

**Сравнение показателей вариабельности сердечного ритма
мальчиков учащихся в д. Рускинские и СОШ №4 по критерию
Краскела-Уоллиса**

Группы	НСОШ-интернат, Рускинские (девочки)			СОШ №4, Сургут (девочки)			Кр. Краскела-Уоллиса: H (5, N= 140)	Уровень значимости, <i>p</i>
	7-10 лет (n=25)	11-14 лет (n=25)	15-17 лет (n=15)	7-10 лет (n=25)	11-14 лет (n=25)	15-17 лет (n=25)		
<i>SIM</i>	3 (1; 5)	2 (1; 3)	2 (1,5; 5)	4 (2; 6)	2 (2; 4)	3 (2; 5)	7,495	,1863
<i>PAR</i>	13 (9; 17)	14 (10; 19)	13,5 (10; 17,5)	11 (8; 14)	13 (11; 15)	13 (10; 16)	4,126	,5314
<i>SDNN</i>	45 (38; 59)	56 (41; 68)	47 (35; 66)	43 (33; 58)	49 (40; 56)	53 (43; 61)	3,721	,5902
<i>INB</i>	44 (27; 73)	30 (19; 48)	35,5 (19; 73)	54 (33; 96)	40 (28; 64)	36 (25; 60)	6,901	,2281
<i>SPO2</i>	98 (98; 98)	98 (97; 98)	97,5 (97; 98)	98 (98; 98)	98 (97; 98)	98 (97; 98)	6,150	,2919
<i>pNN50</i>	16 (5; 31)	28 (14; 36)	21,5 (5; 35)	12 (4; 24)	10 (8; 16)	10 (6; 18)	10,562	,0608
<i>TINN</i>	206 (156; 274)	226 (196; 278)	230 (189; 272)	216 (176; 254)	230 (190; 280)	218 (188; 250)	3,398	,6389
<i>HR</i>	88 (84; 95)	83 (76; 89)	81,5 (70; 89)	98 (93; 106)	90 (82; 95)	92 (83; 95)	25,722	,0001*
<i>VLF</i>	2037 (1514; 259)	1781 (1483; 428)	3630,5 (1459; 481)	1931 (1037; 3185)	2354 (1528; 3291)	2904 (1241; 3379)	4,285	,5091
<i>LF</i>	1939 (1720; 3546)	2780 (1553; 5819)	2230 (1311,5; 4979)	2086 (1210; 2908)	2411 (1617; 3031)	3037 (2112; 4174)	5,715	,3349
<i>HF</i>	1673 (944; 3684)	1756 (995; 3406)	1101,5 (512,5; 1582,5)	1391 (860; 2294)	1382 (812; 2036)	1000 (703; 1388)	5,995	,3068
<i>Total</i>	6172 (4661; 10428)	7742 (3787; 13698)	7203,5 (4265; 11004,5)	5339 (3249; 8795)	5635 (4546; 9763)	7348 (5049; 10104)	3,225	,6654
<i>LF(p)</i>	57 (52; 68)	65 (58; 70)	66,5 (62; 80,5)	56 (48; 72)	63 (56; 72)	75 (68; 80)	23,211	,0003*
<i>HF(p)</i>	43 (32; 48)	35 (30; 42)	33,5 (19,5; 38)	44 (28; 52)	37 (28; 44)	25 (20; 32)	23,211	,0003*
<i>LF/HF</i>	1,44 (1,11; 2,19)	1,86 (1,35; 2,30)	2,11 (1,625; 4,05)	1,34 (0,91; 2,52)	1,72 (1,26; 2,52)	3,1 (2,2; 4,31)	22,939	,0003*

Примечание: * Параметры ВСР, различающиеся при попарном сравнении.

Также как и при сравнении групп девочек имеются тенденции к более высокой частоте сердечного ритма в группе мальчиков, учащихся в СОШ №4 г. Сургута. Спектральный анализ указывает на тенденцию к более высоким значениям относительной мощности волн низкой частоты $LF(p)$ у учащихся в СОШ №4 г. Сургута, что указывает на более выраженную активность кардиостимулирующего и вазоконстрикторного центров продолговатого мозга. При этом в данной группе имеется тенденция к снижению относительных значений мощности волн высокой частоты, отражающих активность парасимпатического кардиоингибиторного центра $HF(p)$. Вагосимпатический баланс имеет тенденцию к смещению в сторону повышения активности *симпатического отдела* вегетативной нервной системы у учащихся данной группы. В целом, группы мальчиков при сравнении между собой имеют менее выраженные тенденции различия, чем группы девочек.

Следующим этапом исследований было сравнение параметров ВСР между тремя возрастными подгруппами в пределах одной группы по критерию Краскела-Уоллиса с последующим парным сравнением. В группе девочек, учащихся в НСОШ-интернате, д. Русскинские выявлены возрастные изменения ВСР, которые представлены в табл. 32. *Индекс напряжения* с возрастом уменьшается и в старшем звене составляет 66,7% от исходного уровня. Частота сердечных сокращений также уменьшается и в старшем возрастном звене составляет 85,9% от значений медианы в младшем звене, что свидетельствует о снижении тонуса симпатической нервной системы.

Таблица 31

**Попарные сравнения ряда показателей вариабельности
сердечного ритма мальчиков, учащихся в НСОШ-интернате
д. Русскинские и СОШ №4 г. Сургута**

Группы Параметры	НСОШ-интернат, Русскинские (девочки)			СОШ №4, Сургут (девочки)			Кр. Крас- келла- Уоллиса: H (5, N= 140)	Уровень значи- мости, <i>p</i>
	7-10 лет (n=25)	11-14 лет (n=25)	15-17 лет (n=15)	7-10 лет (n=25)	11-14 лет (n=25)	15-17 лет (n=25)		
<i>HR</i>	88 (84; 95)	83 (76; 89)	81,5 (70; 89)	98 (93; 106)	90 (82; 95)	92 (83; 95)	25,722	,0001
	<i>p</i> _{1,5}				<0,001			
	<i>p</i> _{1,6}					0,001		
<i>LF(p)</i>	57 (52; 68)	65 (58; 70)	66,5 (62; 80,5)	56 (48; 72)	63 (56; 72)	75 (68; 80)	23,211	,0003
			<i>p</i> _{3,4}	0,001				
<i>HF(p)</i>	43 (32; 48)	35 (30; 42)	33,5 (19,5; 38)	44 (28; 52)	37 (28; 44)	25 (20; 32)	23,211	,0003
			<i>p</i> _{3,4}	0,001				
<i>LF/HF</i>	1,44 (1,11; 2,19)	1,86 (1,35; 2,30)	2,11 (1,625; 4,05)	1,34 (0,91; 2,52)	1,72 (1,26; 2,52)	3,1 (2,2; 4,31)	22,939	,0003
			<i>p</i> _{3,4}	0,0016				
			<i>p</i> _{3,5}		0,046			

Индекс триангулярной интерполяции (*TINN*), напротив увеличивается на 21% и имеет максимальное значение медианы в среднем возрастном звене, что говорит об увеличении вариабельности сердечного ритма и адаптационных возможностей детского организма. Мощность волн очень низкой частоты (*VLF*) с возрастом увеличивается на 36% при сравнении младшего и старшего возрастных звеньев, что свидетельствует об усилении активности центральных эрготропных и гуморально-метаболических механизмов регуляции сердечного ритма. Мощность волн низкой частоты (*LF*) также имеет наибольшие значения в старшем возрастном звене, что отражает нормальную активность кардиостимулирующего и вазоконстрикторного центров продолговатого мозга. Прирост составляет 43,5% при сравнении среднего и младшего звеньев и 49% при сравнении старшего и младшего возрастных звеньев.

Таблица 32

**Попарные сравнения ряда показателей вариабельности
сердечного ритма девочек, учащихся в НСОШ-интернате
д. Русскинские в различных возрастных подгруппах**

Группы	НСОШ-интернат, Русскинские (девочки)			Кр. Крас- кела- Уоллиса: H (5, N= 140)	Уровень значи- мости, <i>p</i>
Параметры	7-10 лет (n=25)	11-14 лет (n=25)	15-17 лет (n=15)		
<i>INB</i>	45 (29; 85)	35 (24; 42)	30(17; 40)	9,061	,0108
	$p_{1,2}$	0,039			
	$p_{1,3}$		0,027		
<i>TINN</i>	202 (164; 258)	258 (204; 288)	230 (192; 268)	6,279	,0433
	$p_{1,2}$	0,037			
<i>HR</i>	92 (84; 97)	83 (80; 87)	79 (72; 84)	16,289	,0003
	$p_{1,2}$	0,009			
	$p_{1,3}$		0,0005		
<i>VLF</i>	1885 (952; 2295)	2732 (1994; 3517)	2957 (2354; 4907)	8,236	,0163
	$p_{1,3}$		0,026		
<i>LF</i>	1798 (1211; 2778)	3181 (2410; 4112)	3663 (2528; 6044)	10,258	,0059
	$p_{1,2}$	0,020			
	$p_{1,3}$		0,020		

У девочек, учащихся в СОШ №4 г. Сургута также выявлены возрастные изменения частоты сердечного ритма (табл. 33). Частота сердечных сокращений уменьшается в среднем возрастном звене на 87,4% по сравнению с младшим звеном и далее остается практически неизменной. Относительное значение мощности волн низкой частоты $LF(p)$ имеет прирост только между средним и старшим звеном, который составляет 20% от исходного уровня, что отражает возрастной период, в котором начинает повышаться активность кардиостимулирующего и вазоконстрикторного центров продолговатого мозга. На фоне повышения относительных значений мощности волн низкой частоты отмечается снижение относительных значений мощности волн высокой частоты, отражающих активность парасимпатического кардиоингибиторного центра $HF(p)$. Вегосимпатический баланс с возрастом смещается в сторону повышения активности сим-

патического отдела вегетативной нервной системы. Соотношение LF/HF увеличивается на 43%.

Таблица 33

**Попарные сравнения ряда показателей variability
сердечного ритма девочек, учащихся в СОШ №4 г. Сургута
в различных возрастных подгруппах**

Группы	Девочки СОШ №4			Кр. Краскела-Уоллиса: $H(5, N=140)$	Уровень значимости, p
Параметры	7-10 лет (n=25)	11-14 лет (n=25)	15-17 лет (n=25)		
HR	103 (93; 110)	90 (83; 99)	92 (82; 94)	14,5458	0,0007
	$p_{1,2}$	0,004			
	$p_{1,3}$		0,002		
$LF(p)$	56 (51; 61)	57 (50; 68)	70 (58; 74)	7,8973	0,0193
	$p_{1,3}$		0,020		
$HF(p)$	44 (39; 49)	43 (32; 50)	30 (26; 42)	7,8973	0,0193
	$p_{1,3}$		0,020		
LF/HF	1,31 (1,1; 1,59)	1,33 (0,99; 2,3)	2,3 (1,4; 2,87)	7,9990	0,0183
	$p_{1,3}$		0,021		

При анализе возрастных изменений у мальчиков, учащихся в НСОШ-интернате д. Русскинские статистически достоверных различий не выявлено. У мальчиков, учащихся в СОШ №4 г. Сургута после выполнения множественных сравнений по непараметрическому критерию Краскела-Уоллиса при попарном сравнении выявлены возрастные изменения частоты сердечного ритма. В старшем звене ЧСС составляет 83,8% от ЧСС в младшем звене.

Мощность волн низкой частоты (LF) также имеет наибольшие значения в старшем возрастном звене. Прирост составляет 31,3% при сравнении старшего и младшего возрастных звеньев, что отражает усиление активности кардиостимулирующего и вазоконстрикторного центров продолговатого мозга с возрастом. Прирост относительного значения мощности волн низкой частоты $LF(p)$ составляет 25,3%. При этом выявлены статистически достоверные различия ($p=0,012$) между средним и старшим звеном. Прирост значения мощности между этими возрастными периодами составил 16%, что свидетельствует о повы-

шении активности кардиостимулирующего и вазоконстрикторного центров продолговатого мозга. Относительные значения волн высокой частоты $HF(p)$, отражающих активность парасимпатического кардиоингибиторного центра снижаются на 43%. Вагосимпатический баланс с возрастом смещается в сторону повышения активности симпатического отдела вегетативной нервной системы. Соотношение LF/HF увеличивается на 43,2%.

Резюме

Отметим ряд закономерностей, которые нами были получены с использованием только статистики. Сравнительный анализ ВСР учащихся Русскинской национальной средней общеобразовательной школы-интерната и учащихся средней общеобразовательной школы №4 г. Сургута позволил установить наличие тенденций по ряду параметров ВСР к более высокому адаптационному потенциалу у коренных жителей Югры. При этом тенденции различия ВСР у девочек более выражены, чем в группах мальчиков. Наряду с экстремальными климатическими факторами Севера, оказывающими влияние на сердечный ритм, играет роль стрессогенный фактор урбанизированной среды, в которой проживают учащиеся СОШ №4, г. Сургута.

Возрастные изменения ВСР у девочек, представляющих коренное население Югры имеют более выраженную динамику по ряду параметров, по сравнению с некоренными жителями, и характеризуются снижением тонуса симпатического отдела ВНС, увеличением адаптационных возможностей организма. При этом ВСР имеет максимум в среднем возрастном звене. Усиливается активность центральных эрготропных и гуморально-метаболических механизмов регуляции сердечного ритма, а также кардиостимулирующего и вазоконстрикторного центров продолговатого мозга.

У девочек, учащихся в СОШ №4 г. Сургута ЧСС также уменьшается в среднем возрастном звене и далее остается практически неизменной. Активность кардиостимулирующего и вазоконстрикторного центров продолговатого мозга имеет прирост только между средним и старшим возрастным звеном. При этом активность парасимпатического кардиоингибиторного

центра снижается, и вагосимпатический баланс с возрастом смещается в сторону повышения активности симпатического отдела ВНС.

Между возрастными группами мальчиков, представляющих коренное население Югры статистически достоверных различий не обнаружено. У мальчиков, учащихся в СОШ №4 г. Сургута ЧСС с возрастом уменьшается, усиливается активность кардиостимулирующего и вазоконстрикторного центров продолговатого мозга. Активность кардиостимулирующего и вазоконстрикторного центров продолговатого мозга повышается. При этом имеются различия как между младшим и старшим звеном, так и между средним и старшим возрастным звеном. Активность *парасимпатического* кардиоингибиторного центра снижается, и вагосимпатический баланс с возрастом смещается в сторону повышения активности *симпатического* отдела ВНС.

3. Хаотическая оценка параметров сердечно-сосудистой системы групп учащихся Югры в аспекте адаптации организма к условиям Севера

Решение проблемы изучения возрастных особенностей организма детей трех возрастных групп осуществлено с использованием современных биофизических подходов и их математического моделирования. Определялись параметры *квазиаттракторов* сердечно-сосудистой системы учащихся школы (пришлого населения) Югры в двумерном фазовом пространстве состояний. Изучалась значимость математического моделирования для получения объективной информации на основе изменения площади КА девочек. Рассчитывалось количество пар «совпадений» при построении матриц парного сравнения.

Проблема увеличения продолжительности жизни коренного и пришлого населения на территории Севера РФ является не только биологической, но и политической, экономической проблемой. Для Обского Севера РФ ярко выражены резкие перепады температур, давления, влажности, которые ведут к нарушению *кардио-респираторной системы* организма человека, следствие – сбой функционирования систем, обеспечивающих репродуктивный, энергетический и адаптационный гомеостазы.

Изменяются многие вегетативные системы (кровообращение, дыхание, параметры крови), а также регуляторных механизмов (автономная нервная и эндокринная системы). Однако использование при анализе традиционных статистических методов – весьма ограничено.

На сегодняшний день нам известно о многочисленных изменениях в организме человека не только в области патологии КРС жителей Севера Югры РФ, но и ряда других патофизиологических (гипобиотических) процессов в организме человека на данной территории, особое внимание, при этом уделяется прошлому населению. Если не уделять должного внимания данной проблеме и не пытаться устранить негативные эффекты на корню, то далее могут возникнуть выявления ранних патологий (инсульт, инфаркт, сахарный диабет), раннее начало климактерического периода, более раннее старение, а также высокую смертность особенно в возрасте 40–50 лет среди мужского населения [31, 35, 127, 141, 197].

С помощью пульсоксиметра «ЭЛОКС-01М» (прибор предназначен для непрерывного измерения степени насыщения гемоглобина артериальной крови кислородом SpO_2 и частоты пульса). Выполнялись измерения 15-ти параметров ССС. Существуют четыре внешних фактора, оказывающих сильное влияние на кровообращение человека в условиях Севера РФ: резкие сезонные перепады атмосферного давления; холодовое воздействие; резкое изменение фотопериодичности; колебания магнитного поля Земли. Всем известно, что климатозоологические факторы предъявляют жесткие требования к *сердечно-сосудистой системе* [35, 84, 127, 197].

При обработке данных, снятых с группы школьников в условиях адаптации к высоким широтам, можно выделить параметры, подразделяющихся на три стадии: адаптивное напряжение (от 3 до 6 мес.); стабилизация функции (до 3 лет); адаптированности (до 3-15 лет). Все школьники, принимающие участие в данном исследовании, были без патологий и жалоб на здоровье (согласно Хельсинской декларации давали добровольное согласие на обследование).

Методом вариационной пульсоинтервалографии «ЭЛОКС-01М» было обследованно 75 представительниц женского пола

трёх возрастных групп по 25 человек в каждой: 1-я группа (младший возраст) – 7-10 лет; 2-я группа (средний возраст) – 11-14 лет; 3-я группа (старший возраст) – 15-17 лет. Такое разделение облегчит сравнение и даст более четкие результаты по всем 13-ти параметрам, которые в дальнейшем обрабатывались с помощью программы «*Statistica 6.1*» и методами *теории хаоса-самоорганизации*.

Основные параметры CCC обследуемых образовывали тринадцатимерное фазовое пространство *вектора состояний системы* в виде $x=x(t)=(x_1, x_2, \dots, x_m)^T$, где $m=13$. Эти координаты x_i , состояли из: $x_1 - SIM$; $x_2 - PAR$; $x_3 - SDNN$; $x_4 - INB$; $x_5 - SSS$; $x_6 - SpO_2$; $x_7 - VLF$; $x_8 - LF$; $x_9 - HF$; $x_{10} - Total$; $x_{11} - LFnorm$; $x_{12} - HFnorm$; $x_{13} - LF/HF$.

Определение всех этих величин производилось с помощью методов ТХС. Параметры x_1-x_{13} были получены с помощью устройства «Элокс-01М» (ЗАО ИМЦ «Новые приборы», г. Самара). Обработка данных в рамках статистики всех x_i , производилась в программе «*Statistica 6.1*» и трех новых авторских программ (№ 2006613212, № 2007614714, № 2010613309). Первоначально производилась идентификация возможности нормальных законов распределения и одновременно обрабатывались выборки x_i в рамках непараметрических распределений. После их разделения, все выборки переводились в непараметрические распределения, и производилось сравнение всех x_i для всех трёх пар (трёх возрастных групп). Методами *теории хаоса-самоорганизации* решалась задача системного синтеза (ранжирования признаков x_i) на основе расчёта параметров *квазиаттрактора* [31, 35, 141].

Применялись новые методы ТХС, которые обеспечили расчет параметров КА поведения вектора состояния системы $x(t)$ в *фазовом пространстве состояний*. Для этих целей динамика кардиоинтервалов быстрым преобразованием Фурье представлялась в виде *амплитудно-частотной характеристики* (АЧХ) и строились фазовые портреты, где в качестве функции (первой координаты) $x_1=x_1(t)$ использовались сами кардиоинтервалы, вторая фазовая координата $x_2=x_2(t)=dx_1/dt$ являлась скоростью изменения $x_1(t)$. Определение параметров КА основано на расчетах вариационных размахов Δx , для каждой координаты вектора

$x(t)$. Определение КА введено на ограниченном временном отрезке t , т.к. биосистема постоянно эволюционирует (параметры *квазиаттрактора* могут существенно отличаться на различных отрезках времени). Фактически, мы представляем скорость *эволюции* функций организма (у нас СССР) с возрастом [31, 35, 127, 141, 197].

Известно, что параметры *вариабильности сердечного ритма* являются объективным показателями состояния СССР ряда других и регуляторных систем организма, т.к. непосредственно характеризуют активность *нейровегетативного системного комплекса*. Изменения параметров ВСР могут характеризовать степень напряжения регуляторных механизмов при стрессовых воздействиях, либо отражать связь наблюдаемых изменений активности отделов вегетативной нервной системы, состоянием сосудистого центра и высших вегетативных центров и т.д. [197, 205-207].

Исследование параметров СССР детско-юношеского населения Югры показало для младшей возрастной группы доминирование параметров PAR отдела НВС над SIM отделом вегетативной нервной системы. Величины SIM и PAR трёх возрастных групп девочек имеют сходную динамику (в виде гистограмм).

Установлено, что детско-юношеское население Югры (девочки) имеет разную скорость падения SIM и нарастания PAR. У представительниц женского пола мы имеем плавное падение SIM (с 4 до 3,5 у.е.). В таком плавном падении значения SIM и проявляется специфика возрастных изменений параметров нейро-вегетативной регуляции СССР. Динамика PAR имеет исходно (в молодом возрасте) высокое значение (11,5 у.е.) однако, в старшем возрасте появляются различия у представительниц женского пола (11,5 и 13 у.е. соответственно) [31, 35, 141].

Более серьезные различия получаются при анализе параметров кардиоинтервалов в двумерном фазовом пространстве состояний, где x_1 – кардиоинтервалы и x_2 – скорость их изменения ($x_2 = dx_1/dt$). Получен характерный пример таких изменений для девочек разных возрастных групп (испытуемая М₁1, возраст 8 лет, площадь *квазиаттрактора* $S_1=84100$ у.е., испытуемая Ср₁1, возраст 12 лет, площадь *квазиаттрактора* $S_2=77500$ у.е., испытуемая Ст₁1, возраст 16 лет, $S_3=78400$ у.е.).

Из рис. 37 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 нашей планеты, но она характерна для старшего возраста (от 20-ти до 100 лет). Качественно хаотическую динамику работы ССС представителей 1-й, 2-й и 3-й группы можно увидеть на фазовой плоскости (рис. 37).

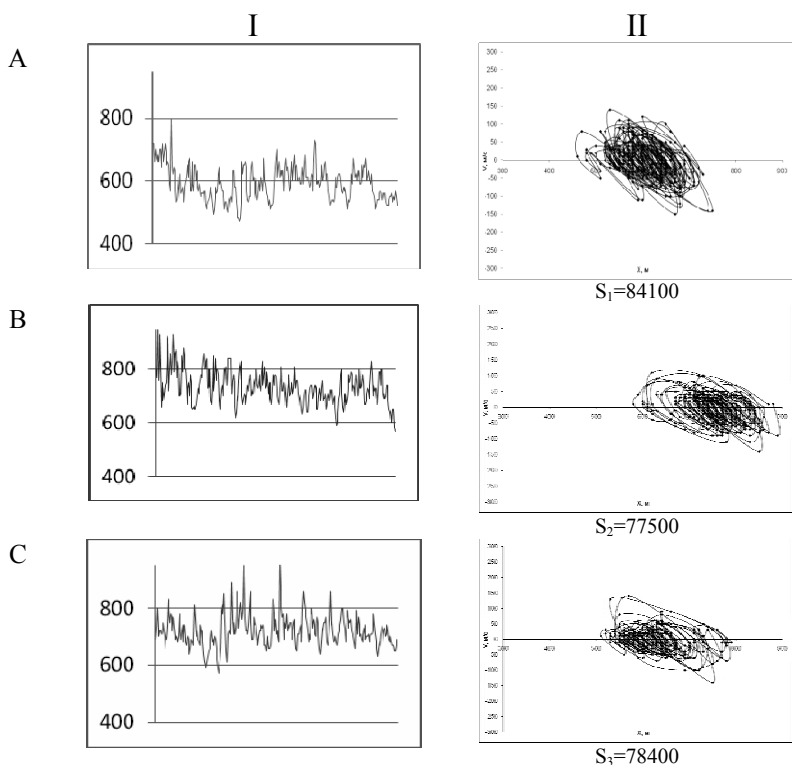


Рис. 37. Характерные примеры динамики кардиоинтервалов $x_1 = x_1(t)$ по данным пульсоинтервалографии девочек разных возрастных групп – I и фазовые траектории КА сигнала x_1 на плоскости с координатами x_1 , x_2 – скорость изменения x_1 , $x_2 = dx_1/dt$ – II;

A – младшая возрастная группа (7-10 лет); B – средняя возрастная группа (11-14 лет); C – старшая возрастная группа (15-17 лет)

Мы использовали стохастический подход в оценке параметров *квазиаттракторов* КИ. Фактически, мы применили стохастическую для оценки хаотической динамики КИ. Подробное рассмотрение статистических закономерностей параметров хаотической динамики *кардиоинтервалов* этих трёх возрастных групп, т.е. КА, показало существенное различие по их параметрам. Наглядно количественные характеристики параметров КА девочек Севера в виде функций S (значения площадей КА) представлены на рис. 38. Среднее значение площадей трех КА ($\langle S_1 \rangle$, $\langle S_2 \rangle$, $\langle S_3 \rangle$) демонстрируют резкое снижение их размеров при увеличении возраста у представительниц женского пола, что является важной характеристикой эколого-возрастных закономерностей поведения хаотической динамики кардиоинтервалов.

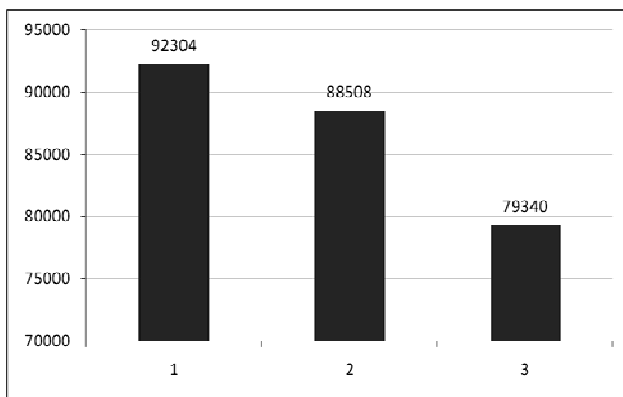


Рис. 38. Усредненное значение площадей S квазиаттракторов кардиоинтервалов для 3-х возрастных групп – девочки.

Также производилось сравнение ВСР детско-юношеского населения Югры с помощью критерия Краскела-Уоллиса (при критическом уровне значимости $p < 0,05$). В табл. 34 представлены результаты статистической обработки основных 13-ти параметров ВСР с учётом возрастных различий учащихся МОУ СОШ № 4.

Из табл. 34 мы представляем итоги парного сравнения по всем 13-ти параметрам ВСР (включая и кардиоинтервалы ВСР) для группы девочек (25 человек в каждой группе). Эти пары сравнений (по параметрам *SIM*, *PAR*, *SSS*, *SDNN*, *INB*, *SpO₂* и др. частотным характеристикам). Здесь представлены уровни совпадений выборок (критерий Краскела-Уоллиса), которые для пары сравнения девочек 1 и 2 по 1-ой интегральной характеристике (*SSS*) и пары 1 и 3 по 1-ой интеграционной характеристике (*SSS*) и 3-ем частотным характеристикам – *LF(p)*, *HF(p)*, *LF/HF* – дают значения $p < 0,05$. Остальные параметры не дают статистически значимых различий, в этом случае возникает неопределенность 1-го типа, которая может быть разрешена с помощью нейрокомпьютеров [133].

Таблица 34

Результаты сравнения параметров ВСР девочек ($n=25$) с помощью критерия Краскела-Уоллиса (при критическом уровне значимости принятым $p < 0,05$)

Девочки			
	1и2	1и3	2и3
<i>SIM</i>	1,00	1,00	1,00
<i>PAR</i>	1,00	1,00	1,00
<i>SDNN</i>	1,00	1,00	1,00
<i>INB</i>	1,00	0,84	1,00
<i>SpO₂</i>	1,00	1,00	1,00
<i>SSS</i>	0,00	0,00	1,00
<i>VLf</i>	1,00	1,00	1,00
<i>LF</i>	1,00	1,00	0,45
<i>HF</i>	1,00	0,64	1,00
<i>total</i>	1,00	1,00	1,00
<i>LF(p)</i>	1,00	0,02	0,13
<i>HF(p)</i>	1,00	0,02	0,13
<i>LF/HF</i>	1,00	0,02	0,11

Таблица 35

**Значения энтропии Шеннона E для кардиоинтервалов
для 3-х возрастных групп девочек**

	E_1 (7-10 лет)	E_2 (11-14 лет)	E_3 (15-17 лет)
1	3,40	3,62	3,78
2	3,62	3,88	3,68
3	3,35	3,65	4,02
4	3,64	3,52	3,40
5	3,75	3,25	3,82
6	3,28	3,88	3,88
7	3,82	3,58	3,45
8	3,55	3,88	3,88
9	3,65	3,82	3,52
10	3,52	3,98	3,92
11	3,68	3,64	3,44
12	3,44	3,14	3,58
13	3,92	3,82	3,82
14	3,68	3,40	3,62
15	3,92	2,78	3,65
16	3,82	3,72	3,78
17	4,02	3,62	3,78
18	3,68	3,58	3,88
19	3,68	3,41	3,68
20	3,68	3,68	3,34
21	3,55	3,75	3,78
22	3,41	2,66	3,58
23	3,45	3,72	3,78
24	3,21	3,38	3,54
25	2,76	3,55	3,68
$\langle E \rangle$	3,58	3,56	3,69

Примечание: Параметрическое распределение (T -критерий), значимость функций $f(x)$ для пар групп: E_1 и E_2 $p=0,30$; E_1 и E_3 $p=0,07$; E_2 и E_3 $p=0,59$

Таблица 36

Значения площадей S для кардиоинтервалов для 3-х возрастных групп девочек

	S_1 (7-10 лет)	S_2 (11-14 лет)	S_3 (15-17 лет)
1	204000	48400	239400
2	38000	78400	51300
3	13000	107300	125400
4	39900	144000	78200
5	111600	84000	60900
6	57500	89600	105600
7	84100	94500	72800
8	115500	67500	92800
9	305500	77500	42000
10	56700	50600	62400
11	48400	105400	15000
12	133000	18000	91200
13	136800	36000	77500
14	129600	84000	18000
15	46000	7700	59800
16	52900	58800	41800
17	39600	136800	66700
18	195000	128000	50400
19	44000	52800	55100
20	172000	67500	176000
21	158400	129600	38000
22	65100	199800	70400
23	24000	130500	121600
24	10400	78400	78400
25	26600	137600	92800
$\langle E \rangle$	92304	88508	79340

Примечание: Параметрическое распределение (Т-критерий), значимость функций $f(x)$ для пар групп: S_1 и S_2 $p=0,83$; S_1 и S_3 $p=0,43$; S_2 и S_3 $p=0,51$

В итоге, статистические функции распределения $f(x)$ для кардиоинтервалов вообще демонстрируют калейдоскоп различий. Они все разные и использовать их для оценки гомеостаза невозможно. Следовательно, и энтропия E , и статистическая функция распределения $f(x)$ не являются эффективным инструментом в оценке порядка (или беспорядка) параметров СТТ, находящихся в разных физиологических условиях, т.к. энтропия может не изменяться при реальных изменениях $f(x)$ и площадей КА, а $f(x)$ может непрерывно изменяться при несущественных изменениях E и площадей *квазиаттракторов* S в рамках ТХС. В целом, тогда возникает вопрос о том, что считать стационарным состоянием СТТ и в каких случаях изменение параметров $x(i)$ для СТТ является существенным? Где граница стационарности и начала эволюции? Для СТТ в рамках ТХС мы дали ответы на эти вопросы с позиций расчета кинематических характеристик.

Матрицы парных сравнений (т.е. расчёта для повторяющихся выборок параметров СТТ) дают различия в состояниях биосистем (параметров гомеостаза). При этом статистика и энтропия не показывают существенных различий в организме обследуемых. В ряде случаев и энтропия E дает различные результаты для разных функциональных состояний гомеостаза, но такая ситуация возникает в случае, если мы сравниваем разные выборки (здоровые – больные, люди без воздействия и испытуемые при сильных воздействиях и т.д.). Следовательно, мы не отрицаем стохастику полностью, а только говорим об изменении методов расчёта, о новых способах стохастической оценки параметров гомеостаза. Поэтому целесообразно говорить об объединении усилий стохастики и ТХС в изучении СТТ [21, 23, 120, 164].

Резюме

Метод математического моделирования параметров ВСР учащихся в многомерном фазовом пространстве состояний (в сочетании с традиционными детерминистско-стохастическими методами) обеспечивает получение объективной информации о функциональном состоянии, механизмах нейровегетативной регуляции функций и степени адекватности реакций организма на факторы учебного процесса и условия жизнедеятельности.

Установлены различия параметров *квазиаттракторов* поведения вектора состояния организма детско-юношеского населения в аспекте возрастных изменений СОШ № 4 г. Сургута: учащиеся старшей возрастной группы девочек демонстрируют меньшие объемы КА в отличие от учащихся младшей и средней возрастными группами (однако различия статистики недостоверны).

Постоянные жители Севера РФ (русские поморы) и аборигенов (северные народности), в отличие от пришлого населения, имеют естественную адаптацию к внешним факторам окружающей среды, вследствие чего мало подвержены стрессу и преждевременным патологиям. Поэтому, чтобы избежать урона для здоровья пришлого населения необходимо уделить особое внимание: особенностям свойств нервной системы, общим свойствам нервной системы и целостности формально-диагностических характеристик индивидуальности, психофизиологическим аспектам профессионального отбора и профессиональной пригодности, психофизиологическим компонентам работоспособности, психофизиологическим детерминантам адаптации человека к экстремальным условиям деятельности.

4. Суточная динамика параметров ССС учащихся – представителей коренного населения ХМАО

Известно, что суточные колебания присущи всем показателям *кардиореспираторной системы*. В течение суток варьирует частота пульса, частота и глубина дыхания, уровень артериального давления и физическая работоспособность сердца. Наибольшая частота пульса приходится на дневные часы – 12-16 ч. В это же время увеличивается ударный и минутный объемы, скорость кровотока в скелетных мышцах.

На протяжении суток существенно изменяются и показатели внутрисердечной гемодинамики: фаза асинхронного сокращения увеличивается в ночные часы, в это же время увеличивается длительность периода изгнания (механической систолы). Потребление кислорода значительно возрастает в послеполуночное время. В эти же часы достигает максимальных значений физическая работоспособность сердца. На протяжении суток изменяется не только частота сердечного ритма, но и ее дыха-

тельные вариации. Изменения параметров автокорреллограмм свидетельствуют об увеличении стационарности процесса в светлое время суток и снижение – в темное. Эти признаки указывают на усиление влияния центральных звеньев регуляции в дневные часы и на преобладание авторегулирующего контура управления в ночные.

У здорового человека суточные ритмы частоты, глубины и минутного объема дыхания имеют максимумы в дневные часы. Акрофазы суточных ритмов жизненной емкости легких, максимальной скорости вдоха и выдоха приходится на послеполуночное время. Более разноречивые данные получены относительно потребления кислорода. Так отмечалось более высокое потребление кислорода ночью. Наши данные, полученные методом спирометрии, указывают на максимальное его потребление во второй половине дня – до 18 ч.

Анализ различных форм психической и физической деятельности показывает, что их эффективность выше в послеполуночные часы – время наибольшей активности человека. Это проявляется в увеличении скорости и точности переработки информации, способности к активному обучению, эффективном операторском труде. Наибольшим изменениям подвержены суточные ритмы у людей, находящихся в экстремальных условиях жизни и работы (районы Крайнего Севера, Антарктида). Вместе с тем действие внешних факторов распространяется на ритмы далеко не всех физиологических функций. Колебания многих из них достаточно эффективно синхронизируются социальным образом жизни.

По мнению Н.Р. Деряпы и соавт., региональные особенности биоритмов характеризуются не столько общими односторонними сдвигами, сколько сезонными изменениями амплитудно-фазовых соотношений в комплексе циркадных ритмов. Суточные колебания функциональной активности нервной системы играют важную роль во временной координации циклических процессов, протекающих в организме. Сезонные ритмы физиологических функций относят к адаптивным ритмам. Поскольку в данном случае вариабельность показателей прослеживается на протяжении года, то некоторые хронобиологи эти ритмы называют околородовыми.

Известно, что на Севере в течение суток происходят резкие колебания температуры, влажности, давления и других факторов среды, что, конечно, не может не сказаться на работе организма. Важным было изучение вопроса: как в течение суток изменяются параметры ФСО человека (на примере учащихся – коренных жителей Югры).

С помощью фотооптических датчиков и специализированного программного вычислительного комплекса на базе ЭВМ был произведен спектральный анализ колебательной структуры ВСР. При спектральном анализе, вычислялась *спектральная плотность мощности* ВСР, которая отражает распределение по частоте в среднем мощности (колебательной активности) ВСР. При этом этот процесс рассматривается как стационарный, случайный процесс (неизменность во времени дисперсии, среднего и т.д.). Обработка массивов кардиоинтервалов (кардиограмм) производилась непараметрическим методом вычисления Уэлча, с использованием процедуры *быстрого преобразования Фурье* (БПФ). При этом рассчитывается и усредняется набор спектров в получаемых на последовательно смешанных во времени коротких сегментах исходной последовательности ВСР.

В рамках такого подхода оценивалась *спектральная площадь мощности* (СПМ) ВСР, производился расчет СПМ для трех стандартных интервалов частот (0-0,04 Гц), (0,04-0,15 Гц), (0,15-0,5 Гц), производилась оценка показателей *симпатической вегетативной нервной системы* и *парасимпатической вегетативной нервной системы*, определялся ИНБ и по соотношению спектральных характеристик двух полос поглощения (для гемоглобина и оксигемоглобина), компьютером рассчитывался показатель уровня насыщения кислородом гемоглобина – SPO_2 .

Такая комплексная методика позволила нам выяснить соотношение между основными показателями ФСО у одних и тех же учащихся ханты пришкольного интерната МОУ «Нижнесортымская СОШ» в осеннее, зимнее, и весеннее время 2005 – 2006 учебного года в зависимости от времени суток.

Результаты статистической обработки измерений основных показателей ФСО учащихся по данным осенних измерений за 2005-2006 уч.год. представлены в табл. 37-40. Проведенные исследования показали, что у учащихся показатели активности

СИМ днем увеличиваются и к вечеру еще более нарастают (4,6/3,6/4,7 соответственно).

Показатели активности ПАР наоборот, понижаются днем и вновь несколько повышаются к вечеру (13,5/14,1/13,7). Показатели ЧСС также днем несколько понижаются (96,4/95,7/95,7). Показатель уровня оксигемоглобина в крови испытуемых (степень насыщения O_2) не меняется в течение дня и понижается лишь вечером (97,9/96,8/97,4). ИНБ днем возрастает и незначительно уменьшается к вечеру (43,8/69,8/68,2).

Нами были рассчитаны значения коэффициентов корреляции между значениям СИМ и ПАР и соответствующими значениями мощности очень низкочастотной компоненты *VLF*, низкочастотной компоненты *LF* и высокочастотной компоненты *HF*, так как имеются данные о возможной зависимости между значениями СИМ и ПАР и параметрами спектра *VLF* и *HF*.

Таблица 37

**Результаты статистической обработки показателей
кардио-респираторной системы учащихся Югры (народность
ханты) при суточном мониторинговании (осенние измерения)**

Утренние данные

	<i>SIM</i>	<i>PAR</i>	<i>SSS</i>	<i>INB</i>	<i>SPO₂</i>	<i>VLF</i>	<i>LF</i>	<i>HF</i>	<i>total</i>	<i>LF(p)</i>	<i>HF(p)</i>	<i>LF/HF</i>
$\langle x \rangle$	4,6	11,8	96,4	29,5	97,9	3573,7	3330,9	2054,4	8959,9	64,7	35,3	2,6
dx	1,7	2,3	4,5	20,5	0,5	1456,1	1020,9	971,7	2721,0	6,1	6,1	1,1

Дневные данные

	<i>SIM</i>	<i>PAR</i>	<i>SSS</i>	<i>INB</i>	<i>SPO₂</i>	<i>VLF</i>	<i>LF</i>	<i>HF</i>	<i>total</i>	<i>LF(p)</i>	<i>HF(p)</i>	<i>LF/HF</i>
$\langle x \rangle$	5,1	10,7	95,7	69	96,8	2713,4	2638,8	1965,9	7318,7	60,6	39,5	1,8
dx	1,3	1,9	3,1	18,3	0,7	1108,8	1014,4	932,6	2680,1	5,4	5,4	0,5

Вечерние данные

	<i>SIM</i>	<i>PAR</i>	<i>SSS</i>	<i>INB</i>	<i>SPO₂</i>	<i>VLF</i>	<i>LF</i>	<i>HF</i>	<i>total</i>	<i>LF(p)</i>	<i>HF(p)</i>	<i>LF/HF</i>
$\langle x \rangle$	5,5	11,5	95,7	68,2	97,4	3096,6	2899,2	2204,2	8200,6	64,4	35,6	2,5
dx	1,6	2,1	2,8	21,5	0,8	1266,7	972,8	935,15	2885,3	6,3	6,3	0,6

Из табл. 38 видно наличие средней отрицательной корреляции между показателями СИМ и показателями мощности различных частотных компонент и средней положительной корреляции между показателями ПАР и показателями мощности различных частотных компонент.

ляции между показателями ПАР и теми же значениями мощности частотных компонент. Спектральная составляющая сердечного ритма в диапазоне 0,04-0,015 Гц (25-65 с) очень низко частотная (*VLF*), по мнению многих авторов характеризует активность *симпатического* отдела вегетативной нервной системы. По нашим данным это значение мощности частотного компонента в большой степени выражает активность *парасимпатической вегетативной нервной системы* (с увеличением *VLF* возрастает активность ПАР).

Таблица 38

Значение коэффициентов корреляции (Пирсона) между значением СИМ и значениями мощности разных частотных компонент и соответственно значениями ПАР у детей ханты в осенний период

	<i>VLF</i>		<i>HF</i>		<i>LF</i>	
	<i>SIM</i>	<i>PAR</i>	<i>SIM</i>	<i>PAR</i>	<i>SIM</i>	<i>PAR</i>
Утро	-0,46	0,60	-0,36	0,56	-0,44	0,65
День	-0,540	0,51	-0,49	0,679	-0,49	0,77
Вечер	-0,17	-0,17	-0,36	0,59	-0,35	0,52

В целом, уменьшение variability сердечного ритма отмечено при возрастании активности *симпатического* отдела ВНС. Соответственно при возрастании активности *парасимпатического* отдела ВНС наблюдается общий рост всех значений мощностей различных частотных компонент (*VLF*, *HF*, *LF*) о чем говорят высокие значения коэффициентов корреляции.

Учет состояния ФСО для детей Севера является очень актуальной проблемой, без решения которой учебный процесс теряет свою эффективность. Высказано предположение о том, что в период «биологической весны» и «биологической осени» создаются реальные возможности к расширению зон блуждания акрофаз циркадных ритмов и к последующему «сезонному физиологическому десинхронозу». Сезонность изменений в показателях физиологических процессов проявляется от терморегу-

ляции и биоэнергетики до репродуктивной функции. Сезоны года существенно влияют на процессы адаптации.

Температурная адаптация в определенной мере связана с биоэнергетикой мышц. При адаптации к низким температурам энергетическая стоимость физической работоспособности повышается. О сезонных изменениях мышечной энергетики свидетельствуют данные о различной реакции сердца на дозированную физическую нагрузку в разное время года. Изменяется на протяжении года и функция внешнего дыхания: частота и глубина дыхания увеличиваются в зимний период года, а потребление кислорода – в осенние месяцы. По данным Н.Р. Деряпы и соавторами, наибольшее потребление кислорода при выполнении нагрузки наблюдается зимой.

Исследования показывают, что физическая работоспособность человека тоже обнаруживает сезонные колебания. Максимум отмечен весной или в начале осени, минимум – зимой. Все эти различия следует связывать с комплексом факторов, способных обуславливать сезонные колебания физиологических процессов человека. По-видимому, важную роль при этом играют эндогенные влияния, из-за периодичности в деятельности эндокринного аппарата. Нельзя исключить также значения внешних (экзогенных) факторов – погоды, условий питания, режима жизни.

Все исследования показателей ФСО, памяти, мышления, сенсомоторных реакций, показателей функциональной асимметрии мозга, АЧХ произвольных и непроизвольных движений учащихся направлены на получение объективных данных о состоянии функций детско-юношеского организма на Севере. Такая информация, с одной стороны, может служить значительным блоком в оценке усилий ученика по освоению знаний для учителя, который эти знания передаст. В этом случае мы говорим об оптимальном управлении учебным процессом, индивидуальном подходе к ученику.

С другой стороны, на фоне действий мощных экофакторов среды на развивающийся организм, очень важно не получить резонансные эффекты, которые на фоне усиления этих экофакторов (резкое понижение температуры, влажности, перепады давления и электромагнитного фона) при совпадении с усилением психолого-педагогического прессинга (конец четверти, экза-

мены, т.д.) также могут привести к переходу от фазического состояния к тоническому, к возникновению донозологических форм, т.е. к предболезни.

5. Показатели ССС учащихся младших классов (приезжее население)

На сегодняшний день весьма актуален вопрос изучения условий пришлого населения Севера РФ, состояния его ФСО и прогнозирование максимальных сроков жизни в условиях проживания в Югре. Однозначно, что качество и продолжительность жизни всегда зависели от ее ранних этапов (детство, юность). В этой связи нами уделяется особое внимание исследованию функций детского организма, в частности, состоянию ФСО учащихся младших классов. Именно в этих классах активно формируются психические, физиологические и социальные функции будущего трудоспособного населения ХМАО-Югры. Широко известны явления зависимости успеваемости школьников от состояния функциональных систем организма, в частности, от состояния регуляторных систем ритма сердца. Объективный анализ количественных показателей структуры вариабельности сердечного ритма (с использованием спектрального анализа), ряд других объективных показателей ФСО учащихся, могут гарантировать реальную объективную оценку возможности обучаемого, его психофизиологический потенциал, способность к обучению.

Методы исследования были основаны на применении ЭВМ и специальных программ, разработанных в лаборатории биокibernетики и биофизики сложных систем при Сургутском государственном университете и запатентованных в РосАПО.

Первая, наиболее значимая в этом комплексе методика исследования ряда показателей КРС, сводится к применению метода вариационной пульсометрии с определением ряда показателей функционального состояния вегетативной нервной системы в многомерном пространстве признаков. Выбор данного метода был связан с тем, что ритм сердечных сокращений является наиболее доступным для регистрации физиологическим параметром.

Производилась оценка показателей СИМ и ПАР, определялся ИНБ, и по отношению спектральных характеристик двух полос поглощения (для гемоглобина и оксигемоглобина) находилась процент оксигемоглобина.

В наших исследованиях применялся пульсоксиметр «ЭЛОКС-01С2», с оптическим пальцевым датчиком, с помощью которого происходила регистрации пульсовой волны с одного из пальцев кисти. Технически он выполнен с применением оптических излучателей и фотоприемника двух типов: в ближнем инфракрасном и красном спектре диапазона световой волны, которые дают возможность непрерывно определять индикацию значения степени насыщения гемоглобина крови кислородом, в %, а также значения частоты сердечных сокращений.

Прибор снабжен программным продуктом «*ELOGRAPH*», который в автоматическом режиме позволяет отображать изменение ряда показателей в режиме реального времени с одновременным построением гистограммы распределения длительности *кардиоинтервалов*. Нами выполнена некоторая модификация программы в отношении усреднения показателей *симпатической* и *парасимпатической* вегетативной нервной системы, что обеспечивает представление процессов на фазовой плоскости в виде динамики хаотичных процессов.

При использовании данной методики и аппаратуры исследование показателей пульсоинтервалографии производилось в положении испытуемого сидя, в относительно комфортных условиях. С целью исключения артефактов и нивелировки влияния отрицательных обратных связей на съем информации, регистрировалось не менее пятиминутного интервала измерений КИ.

Таким образом, используя метод вариационной пульсометрии и анализ ВСР во временной и частотной областях, можно получить информацию, характеризующую процессы управления основными жизненными функциями организма человека под воздействием, в частности, экстремальных экологических факторов.

В настоящее время метод волнового преобразования для анализа ВСР уже начинает внедряться в практику исследований и требует дополнительных исследований для широкого клинического и биологического применения. В первую очередь это

касается выработки количественных критериев оценки ВСР при помощи волнового преобразования.

Разработанная аппаратура и программное обеспечение были апробированы в биологических исследованиях на учащихся МОУ гимназии № 4 г. Сургута и учащихся г. Самары, а также учащихся СОШ №6 г. Лянтора.

В рамках ТХС и с использованием компьютерных технологий нами был выполнен анализ динамики поведения *вектора состояния организма человека* для КРС учащихся на Севере (МОУ СОШ №6 г. Лянтора) в m -мерном (т.е. многомерном) пространстве состояний. Исследование параметров аттракторов, поведения ВСОЧ проводилось с помощью авторской программы *Chaos*. Исследование поведения КА в m -мерном фазовом пространстве позволяет анализировать поведение аттракторов в выбранных фазовых плоскостях. В графическом режиме на экране показывается положение точек состояния исследуемой системы, границы пространства состояний систем. Таким образом, можно построить фазовые траектории во всех фазовых плоскостях. В режиме суперпозиции (наложения траекторий и границ) разных фазовых плоскостей, становится возможным, производить визуальное исследование динамики процесса, а также количественное исследование корреляции ее параметров.

Отметим еще раз, что в поведении значений основных параметров порядка, описывающих ФСО, имеется возможность оценки хаотической динамики. В частности, для КРС характер изменений во времени основных показателей для *кардиоинтервалов* может иметь характер хаотической динамики (хаоса) даже для случая нахождения человека в состоянии покоя.

Все такие *параметры порядка* могут характеризовать общее состояние ФСО и БДС всего организма человека в норме и при патологии (*саногенез* и *патогенез*). При этом очень важно определиться с *параметрами порядка*, которые соответствуют минимальной размерности подпространства k . В этом случае мы говорим о руслах, в которых пребывает *вектор состояния организма человека*, который движется в пределах некоторого *аттрактора* в m -мерном фазовом пространстве состояний.

Существенно, что хаотическая динамика ФСО (КРС, НМС и др. ФСО) может определяться не только внутренними перестройками БДС организма человека, которая отражается на движении ВСОЧ в k -мерном фазовом подпространстве, но и влияниями внешних факторов среды.

Мы идентифицировали пять координат: показатели симпатической вегетативной нервной системы – СИМ, парасимпатической нервной системы – ПАР, частоту сердечных сокращений – ЧСС, показатели SPO_2 – уровень оксигемоглобина в крови, индекс Баевского. Эти пять координат вектора в данный момент определяют одну точку в пятимерном фазовом пространстве x_i .

Очевидно, что при непрерывном измерении значения x_i , в подпространстве состояний можно получить некоторый клубок, состоящий из одной нити. Эта нить образуется движением *вектора состояния организма человека* в пространстве состояний внутри аттрактора. Такой клубок можно ограничить некоторым m -мерным параллелепипедом, у которого можно измерить координаты и размеры граней, определить координаты центра, определить величину его объема и ряд других параметров. Область движения ВСОЧ в фазовом пространстве называется *аттрактором* движения ВСОЧ, *квазиаттрактором*.

Всего использовались 5 диагностических признаков, т.е. размерность фазового пространства была равна: $m=5$. Все данные показатели рассчитывались на ЭВМ. Определялись все интервалы изменения Δx_i по 5-ти координатам, показатели асимметрии ix по каждой координате и по всем в общем, а также рассчитывался общий объем параллелепипеда V (*General value*), ограничивающего аттрактор ВСОЧ.

В результате использования программы были получены таблицы, представляющие размеры Δx_i и показателя асимметрии ix для каждой координаты x_i . Объем параллелепипеда V в m -мерном пространстве признаков также является важной характеристикой ВСОЧ.

Из полученных табл. 39, 40 легко видеть, что общий объем V параллелепипеда, ограничивающего КА (мальчиков 2-го класса) в осенний период, равен $2,28 \times 10^6$, что на порядок ниже такового для мальчиков 2-х классов в зимний период ($V=3,72 \cdot 10^7$).

Таблица 39

**Параметры аттракторов динамики состояния вегетативной
нервной системы в 5-ти мерном фазовом пространстве
(мальчики 2 класс СОШ №6)**

Осенний период	Зимний период
<i>Number of measures: 15</i>	<i>Number of measures: 15</i>
<i>Number of Phase plane dimension m = 5</i>	<i>Number of Phase plane dimension m = 5</i>
<i>Interval X1 = 9 Asymmetry rX1 = 0.28</i>	<i>Interval X1 = 22 Asymmetry rX1 = 0.32</i>
<i>Interval X2 = 30 Asymmetry rX2 = 0.17</i>	<i>Interval X2 = 25 Asymmetry rX2 = 0.02</i>
<i>Interval X3 = 28 Asymmetry rX3 = 0.00</i>	<i>Interval X3 = 55 Asymmetry rX3 = 0.06</i>
<i>Interval X4 = 151 Asymmetry rX4 = 0.28</i>	<i>Interval X4 = 410 Asymmetry rX4 = 0.33</i>
<i>Interval X5 = 2 Asymmetry rX5 = 0.00</i>	<i>Interval X5 = 3 Asymmetry rX5 = 0.17</i>
General asymmetry value rX = 42.87	General asymmetry value rX = 134.23
General V value = 2.28E+0006	General V value = 3.72E+0007

Таблица 40

**Параметры аттракторов динамики состояния вегетативной
нервной системы в 5-ти мерном фазовом пространстве
(девочки 2 класс СОШ №6)**

Осенний период	Зимний период
<i>Number of measures: 15</i>	<i>Number of measures: 15</i>
<i>Number of Phase plane dimension m = 5</i>	<i>Number of Phase plane dimension m = 5</i>
<i>Interval X1 = 18 Asymmetry rX1 = 0.28</i>	<i>Interval X1 = 10 Asymmetry rX1 = 0.30</i>
<i>Interval X2 = 43 Asymmetry rX2 = 0.24</i>	<i>Interval X2 = 17 Asymmetry rX2 = 0.09</i>
<i>Interval X3 = 37 Asymmetry rX3 = 0.09</i>	<i>Interval X3 = 28 Asymmetry rX3 = 0.04</i>
<i>Interval X4 = 235 Asymmetry rX4 = 0.23</i>	<i>Interval X4 = 156 Asymmetry rX4 = 0.23</i>
<i>Interval X5 = 8 Asymmetry rX5 = 0.25</i>	<i>Interval X5 = 6 Asymmetry rX5 = 0.00</i>
General asymmetry value rX = 55.87	General asymmetry value rX = 36.17
General V value = 5.38E+0007	General V value = 4.46E+0006

Одновременно почти в 3 раза общий показатель ассиметрии (rX) для мальчиков в осенний период (42,866) ниже такового по-

казателя в зимний период (134,230). Такое количественное различие может характеризовать ярко выраженную меру хаотичности в динамике поведения ВСОЧ в зимний период времени у мальчиков.

У девочек 2-го класса наблюдается обратная ситуация по сезонным различиям. Объем параллелепипеда, ограничивающего КА, $V=5,38 \times 10^7$ (в осенний период), что на порядок меньше такового у девочек 2-го класса в зимний период ($V= 4,46 \times 10^6$). Общий показатель асимметрии ix у девочек в осенний период наоборот выше, чем в зимний и составляет 55,873 и 36,170 соответственно.

В остальных классах существенных отличий по данным показателям не наблюдается, однако общая тенденция остается.

Метеофакторы могут значительно изменять значения *параметров порядка*, что отражается на расположении КА состояния ФСО и изменяет характер течения саногенеза или патогенеза. При этом изменяются и параметры КА движения ВСОЧ, в частности, объем V и расстояние ix между центрами хаотического КА и стохастическим центром X_{os} .

Также эта программа обеспечивает расчет аттракторов в каждом из подпространств (попарные координаты – двумерные подпространства). В частности, рассчитываются прямоугольные (в общем случае m -мерные параллелепипеды) границы аттракторов по каждому показателю. Один из примеров такого расчета представлен на рис. 39 и 40.

В настоящее время установлено [31, 35, 127, 193], что у практически здоровых людей постоянно наблюдается нейродинамическая перестройка и подстройка для сдвига всех фазовых координат x_i вектора состояния x (описывает все системы гомеостаза организма) в область притягивающих множеств, т.е. к *аттрактору* поведения ВСОЧ. В рамках описания динамики вектора состояния и фазовой плоскости (как частный пример фазового пространства) весьма приближенно такую ситуацию можно представить в виде сезонных колебаний параметров ВСОЧ.

Рассчитывались координаты геометрического центра аттрактора (средневзвешенного), строились фазовые траектории во всех двумерных фазовых плоскостях и рассчитывались гистограммы распределений плотности попадания координат *век-*

тора состояния организма человека в условно выбранные интервалы (обычно число таких интервалов $k=10$, но может быть и больше).

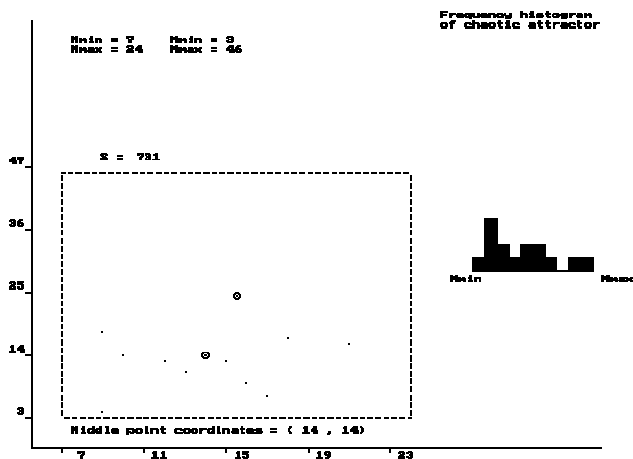


Рис. 39. Суммарные аттракторы фазового пространства показателя ПАР для девочек 2-го класса СОШ № 6

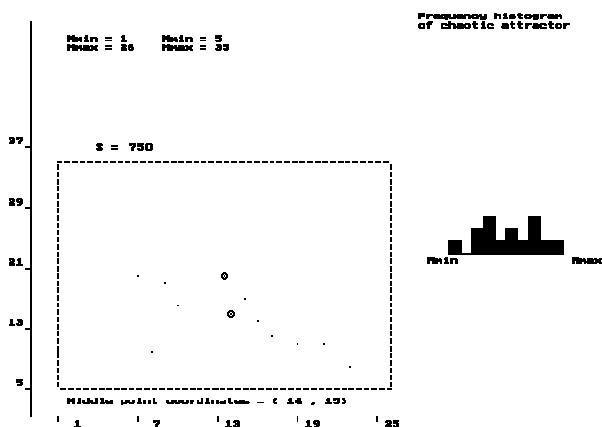


Рис. 40. Суммарные аттракторы фазового пространства показателя ПАР для мальчиков 2 – го класса СОШ № 6

Глава V

ЭНТРОПИЙНЫЙ ПОДХОД В ОЦЕНКЕ ПАРАМЕТРОВ ССС ЧЕЛОВЕКА НА СЕВЕРЕ

Здоровье человека зависит как от динамически изменяющихся условий внешней среда, так и от особенностей внутренней среды организма, от ее функциональной организации, которая во многом определяется влиянием возрастного фактора. При снижении адаптационных возможностей организма, ухудшении его функционального состояния происходят существенные изменения физиологических показателей. При этом процессы компенсаций и поддержания *гомеостаза* протекают по-разному, в зависимости от исходного состояния, возраста и пола человека [1, 15, 30, 31, 47, 64, 65], что требует новых подходов в изучении механизмов этих процессов.

В структуре заболеваемости населения России болезни ССС занимают одно из ведущих мест, в значительной мере определяя уровни временной и стойкой утраты трудоспособности и смертности населения. Смертность от болезней ССС кровообращения в нашей стране на протяжении последних двух десятилетий остается самой высокой в мире [51, 55, 56, 62]. Распространенность их в целом по России неуклонно растет. Дети школьного возраста (7-18 лет) в России составляют около 70% всего детского населения. Анализ состояния здоровья детей Российской Федерации свидетельствует о продолжающемся его ухудшении. За последние 5 лет отмечено увеличение показателей заболеваемости детей в возрасте до 14 лет на 42,5%, у подростков 15-17 лет – на 64%. Распространенность болезней, формирующих хроническую патологию среди подростков 15-17 лет – в 1,5-2 раза выше, чем среди детей более младших возрастных групп.

В структуре заболеваемости детского возраста болезни ССС, включая пороки развития сердца, занимают тринадцатое место. В то же время сердечно-сосудистая патология детей привлекает все более пристальное внимание в связи с тем, что возраст начала многих заболеваний значительно снизился, изменилась их клиническая картина и прогноз. Такие заболевания, как

артериальная гипертензия, кардиодистрофии, атеросклероз, считавшиеся ранее прерогативой почти исключительно взрослых, все чаще регистрируются в детском возрасте [79, 81, 83, 91, 118].

Проблема адаптации детского организма к воздействию факторов окружающей среды является параметром разностороннего и многоуровневого изучения. В то же время, в исследовании адаптационных сдвигов преимущественное влияние уделяется именно сердечно-сосудистой системе, обладающей высокой лабильностью к изменяющимся условиям внешней среды.

Исследование *сердечно-сосудистой патологии* на Севере в основном относятся к 80-м годам прошлого столетия, что связано с началом активного освоения Севера РФ. Сложилось традиционное мнение, что пришлое население урбанизированных северных территорий более подвержено хронической заболеваемости основными сердечно-сосудистыми болезнями, патологии органов пищеварения, эндокринной системы и др. Например, при изучении влияния полярного дня и полярной ночи на ССС у жителей Норильска было установлено, что в условиях резкого и длительного нарушения фотопериодичности, главным образом у лиц с длительным полярным стажем, развиваются явления десинхроноза в суточном ритме основных показателей системы кровообращения. Выявленные изменения более выражены и быстрее проявляются среди населения промышленных городов Крайнего Севера, чем среди лиц, проживающих в условиях «чистого» Заполярья. Ранним показателем развивающейся артериальной гипертензии - нарушение суточного ритма диастолического давления, а симптомы десинхроноза служат ранним индикатором развивающейся патологии системы кровообращения в целом.

В последнее время появились новые научные сведения о преобладании, сердечно-сосудистой патологии. Согласно В.А. Карпину и др. (2003), реализовавшими новую программу мониторинга здоровья коренных малочисленных народностей Сургутского района за 5-летний период, сердечно-сосудистые заболевания встречаются в 2-3 раза чаще, чем у европеоидов, их частота за исследуемый период времени удвоилась [9, 10, 48, 88, 117, 128, 130].

Коренные жители Крайнего Севера имеют естественную адаптацию к экстремальным факторам высоких широт и обладают более совершенными механизмами приспособительных реакций. Однако изменение привычного уклада жизни не оказывает и на их ССС. Впрочем это характерно и для пришлого населения Югры, но причине здесь другие.

1. Термодинамический подход в оценке параметров сердечно-сосудистой системы

Одним из новых направлений в изучении ССС является изучение поведения энтропии в моделировании кардиоритма жителей Югры. Если цитировать фундаментальную и знаковую (учитывая время ее появления и сохраняющуюся до сих пор актуальность) работу В. Эбелинга «Организация структур при необратимых процессах», то после понятия структуры и системы автор этой работы выделяет понятия вероятности и энтропии. В определенном смысле это равноценные понятия по значимости в оценке сложных и неравновесных систем. Более того, Эбелинг подчеркивает определенную эквивалентность всех видов энтропий ($S=S^B=const \times H$ из), а это означает некоторую универсальность термодинамической энтропии (S), статистической энтропии Больцмана ($S^B=M[-k \ln p_i]=-k \sum_{i=1}^W p_i \ln p_i$) и информационной энтропии H Шеннона

$$H = \sum_{i=1}^W p_i \log p_i$$

Дискуссия о равнозначности этих трех видов энтропий остается, но для нас важнее значимость самой энтропии ($E=H$) в ТХС, т.к. *вероятность* остается под вопросом в ТХС, а проблема изменения энтропии для СТТ вообще не изучена на сегодня и это вполне объяснимо. Как мы установили энтропия E вообще не согласуется с *термодинамикой неравновесных систем* (ТНС) И.Р. Пригожина для СТТ и это еще больше усиливает обособленность СТТ, их уникальность [211, 243-245].

С позиций этих трех определений энтропий и их общего определения в виде $S=S^B=const \times H$, можно твердо сейчас говорить о тесной связи вероятности и энтропии в идентификации сложных систем (*complexity*, а у нас для СТТ) при изучении динамики их поведения. Поскольку в этом разделе главная тема связана с границами между стохастикой и ТХС, то ответ на вопрос о роли E в идентификации СТТ имеет существенное значение.

Существуют ли различия в поведении p (вероятности) и E для СТТ и где граница в динамике и значимости этих 2-х характеристик? Попробуем ответить на эти вопросы с позиции ТХС, т.е. показать разную динамику поведения вероятности (точнее говоря частоты события $p^*(A)=m/n$, т.к. вероятность для СТТ определить невозможно из-за непрерывной эволюции СТТ в ФПС) и энтропии E . Точнее говоря, СТТ не являются объектами ТНС Пригожина и для них требуются другие подходы и методы. Это углубляет отход *третьей парадигмы* и ТХС от традиционных законов физики и требует особого изучения именно с позиций физики для СТТ.

Сейчас в ТХС накопилось огромное число примеров, когда *энтропия* демонстрирует неопределенность 1-го типа: для разных выборок E как бы не изменяется (в статистическом смысле), а реально с СТТ происходят существенные изменения, в том числе и существенно изменяется функция распределения $f(x)$ для выборок параметров x_i всего вектора состояния $x(t)$ СТТ в ФПС. В этом случае происходит потеря понятия стационарных состояний СТТ: что считать стационарным, неизменным состоянием *complexity*? Например, если энтропия E не изменяется, а $f(x)$ непрерывно изменяется от выборки к выборке? Функции $f_j(x)$ получаются разные для разных временных интервалов измерения Δt_j у одного и того же состояния биосистемы, находящейся в гомеостазе. Вообще в этом случае возникает проблема, что считать *гомеостазом*? Какие параметры *гомеостаза* могут находиться в «статичном» состоянии, а какие нет? Что такое «статика» и «кинематика» *complexity* – СТТ? Где граница между движением и неподвижностью, между изменением и неизменностью? Особенно остро такие вопросы стоят в медицине при оценке эффективности лечебных мероприятий: есть ли изменения в организме после лечения или нет? Если неправильно оце-

нивать «статику», то можно говорить о не эффективности лечения, или старении организма, но реально гомеостаз изменяется, мы боолеем и выздоравливаем (или нет?), мы стареем или растем (в молодости). К этим процессам мы и применяем ТХС, т.к. ДСП ничего не дает в их оценке [36, 162]!

В рамках 40-летней работы научной школы ТХС во главе с Еськовым В.М., Хадарцевым А.А., Филатовой О.Е. (Самара – Сургут – Тула) было доказано, что никаких стандартных характеристик переменных, используемых в *детерминистско-стохастическом подходе* (ДСН), традиционной науке, не существует для однозначного описания гомеостаза. *Энтропия*, функция распределения $f(x)$, автокорреляционные функции $A(t)$, *амплитудно-частотные характеристики* (АЧХ) могут для одних и тех же биосистем-*complexity* в некоторых условиях демонстрировать неизменность (якобы имеем *гомеостаз* СТТ), а в других случаях при *гомеостазе* СТТ эти же функции могут непрерывно изменяться [21, 56, 126, 132, 140, 207].

Более того, часть этих параметров (функций) могут в одних и тех же условиях существования биосистемы быть постоянными, а часть – изменяются от выборок к выборкам. Покажем это на конкретных примерах с параметрами сердечно-сосудистой системы человека, который якобы находится в некоторых постоянных с физиологической точки зрения условиях (и его функции при этом якобы не должны изменяться). Более того, возможны ситуации, когда его физиологическое состояние изменяется, а *энтропия* и $f(x)$ остаются как бы без существенных изменений. Во всех этих случаях мы будем говорить о неопределенностях, которые дополняют принцип неопределенности Гейзенберга для СТТ [133, 141]. В целом, можно ввести два типа неопределенности: неопределенности 1-го типа и 2-го типа в ТХС, которые в стохастике игнорируются и это приводит к неверным результатам, но биология и медицина сейчас на них не обращает внимание (впрочем, как и на смерть «нестандартного» больного!). Эти неопределенности касаются и значений *энтропий* E для ССС, которые современная наука объяснить не может [36, 133, 141, 162].

2. Анализ кардиоинтервалов на основе термодинамического подхода оценки выборок кардиоинтервалов школьников при широтных перемещениях

О возможности применения различных статистических методов в оценке динамики *кардиоинтервалов* ведется дискуссия более 100 лет. Однако многочисленные попытки анализа АЧХ, автокорреляционных функций $A(t)$, расчета экспонент Ляпунова, свойства перемешивания, использования теории фракталов и других подходов не демонстрировали существенных результатов в изучении выборок КИ.

Главная проблема низкой эффективности традиционной науки в описании ССС заключена именно в хаотической особенности поведения *кардиоинтервалов*, которые очень похожи на постуральный тремор. В целом, особенностью всех процессов, обеспечивающих *гомеостаз*, является постоянная хаотическая динамика изменения всех параметров x_i вектора состояния сложных биосистем (*complexity*) $x=x(t)=(x_1, x_2, \dots, x_m)^T$ в m -мерном *фазовом пространстве состояний*. Как было показано ранее на многочисленных примерах для $x(t)$ и его компонент x_i всегда выполняется условие $dx/dt \neq 0$, $x_i \neq \text{const}$.

Любые методы стохастики для таких особых СТТ (*complexity*) не могут быть использованы из-за особой хаотической динамики поведения $x(t)$ в ФПС. Это не только отсутствие стационарности $dx/dt \neq 0$, т.е. неповторимость функции распределения $f(x)$ и одну из которых мы сейчас представим как весьма очевидный и неоспоримый факт. Речь идет о применении термодинамического подхода в изучении динамики поведения различных компонентов вектора состояния КРС, которые могут показывать возможность их отнесения к одной генеральной совокупности (статистических различий нет!), а другие методы (например, *теории хаоса-самоорганизации*) демонстрируют существенные различия в динамике всех параметров x_i вектора $x(t)$. Рассмотрим этот тезис более подробно с позиций новой ТХС и ее сравнение с расчетами *энтропии* изучаемых КРС [29, 35, 45, 122, 127, 146, 179].

Сложные биосистемы (СТТ, *complexity*) обладают пятью уникальными свойствами: компартментно-кластерной организацией (основа синергетики), отсутствием стационарных режимов ($dx/dt \neq 0$ непрерывно и начальное значение $x(t_0)$ неповторимо!), эволюцией СТТ в ФПС, телеологически обусловленным развитием и возможностью выхода за пределы 3-х сигм, 20-ти сигм и т.д. [37-39].

Для КИ легко продемонстрировать выход за 20 сигм и больше. Последнее свойство для них почти очевидно: при частоте 1 Гц (одно сокращение в секунду) стандарт отклонения в норме составляет не более 0,1 сек ($\sigma = 0,1$ сек). Экспериментально можно легко вызвать задержку кардиоинтервалов на 60 сек, что в переводе на σ примет вид 60 сек/0,1 сек = 600 σ . Для физики и техники такое невозможно в принципе, для живых систем – воспроизводимый случай. При этом 2-е свойство ($dx/dt \neq 0$) обозначается нами как «*glimmering property*» (или «*flickering*») и оно налагает запрет на любое повторение (произвольное) не только начального значения $x(t_0)$, но и любого отрезка динамики $x(t)$ в ФПС. Поведение СТТ (*complexity*) уникально.

Представим ряд характерных иллюстраций к такому тезису. На рис. 41-А представлен пример набора *кардиоинтервалов* а на рис. 41-В – суперпозиция 15-ти АЧХ (получается из кардиоинтервалов $x_i(t)$ путем быстрого преобразования Фурье). Эта суперпозиция 15-ти *амплитудно-частотных характеристик* для 15-ти отдельных отрезков КИ (подобных рис. 41-А) у нас получается подряд от разных испытуемых (время регистрации каждого набора 5 мин). Очевидно, что все АЧХ разные, совпадений нет. При этом автокорреляционные функции $A(t)$ не сходятся к нулю (рис. 41-С) а хаотически колеблются в интервале (-1, 1). Одновременно константы Ляпунова беспорядочно меняют знак (на каждом отрезках времени Δt_i), а свойство перемешивания не выполняется для любых выборок *кардиоинтервалов*. Последнее означает с позиции *стохастики*, что каждая выборка (5 мин. регистрации *кардиоинтервалов* от одного испытуемого с многократным повторением этой процедуры регистрации) будет демонстрировать свою собственную функцию распределения $f(x)$, которую нельзя повторить! Следует отметить, что внешний вид временной развертки сигнала, суперпозиция АЧХ и автокорре-

ляционные функции для 15-ти отдельных отрезков кардиоинтервалов от одного испытуемого будет демонстрировать схожую динамику с представленной на рис. 41 [37, 200].

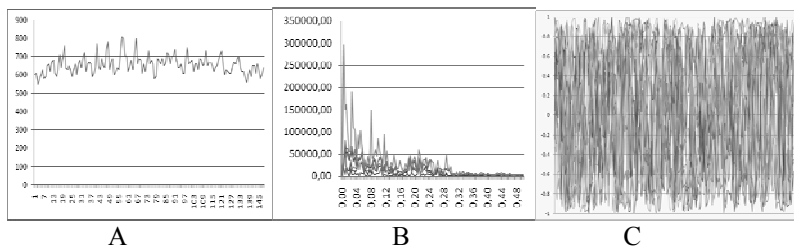


Рис. 41. Хаотическая динамика КИ: **А** – пример кардиоинтервалов; **В** – суперпозиция 15-ти амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) для 15-ти отрезков кардиоинтервалов; **С** – суперпозиция 15-ти автокорреляционных функции $A(t)$ одного испытуемого.

Все это говорит о том, что кардиоритм не является в традиционном смысле хаотическим процессом, равно как и тремор, теппинг, энцефалограммы, миограммы и любые параметры гомеостаза. Все это непрерывно изменяется и не является объектом теории хаоса Арнольда-Томы. Это хаос другого типа, без повторения начальных условий, констант Ляпунова, свойства перемешивания, АЧХ и без сходимости $A(t)$ к нулю. Более того, и стохастические методы не могут быть применимы к КИ и им подобным процессам, т.к. это все особые СТТ (*complexity*), которые нельзя описывать в рамках *детерминизма* или *стохастичности* [49, 53, 54, 113, 120, 121]. При этом особый вопрос возникает относительно возможностей энтропийного подхода в оценке ССС, т.к. стохастический подход имеет ряд серьезных проблем, о которых говорилось в предыдущих главах.

Если для 15-ти отрезков *кардиоинтервалов* детей рассчитать матрицу парного сравнения получаемых функций распределения $f(x)$, то для такого набора $f_i(x)$ и их парного сравнения по критерию Вилкоксона мы из 105 разных пар в лучшем случае получаем 10-12 пар у детей в возрасте 7-14 лет, которые продемонстрируют возможность отнесения этих двух выборок, и их

$f(x)$, к одной генеральной совокупности. Остальные 90 пар сравнений покажут, что они все разные. Система регуляции кардиоритма будет демонстрировать генерацию разных выборок, состояние регуляторных механизмов будет непрерывно изменяться. Для всех $f_i(x)$ мы будем получать хаотический набор (за редким исключением стохастического совпадений пар, которые при повторях уже не будут совпадать). Такая динамика $f(x)$ вполне соответствует хаосу АЧХ, $A(t)$, свойству перемешивания. Это особый непрерывный хаос. Пример такой матрицы парного сравнения кардиоинтервалов представлен в табл. 41. Существенно, что набор разных $f_i(x)$ мы будем получать при парном сравнении кардиоинтервалов от разных испытуемых [17, 25, 33, 156, 160, 166, 187, 206, 229].

Таблица 41

Матрица сравнения выборок кардиоинтервалов 15-ти мальчиков на первом этапе исследования по приезду в ЮН (парное сравнение по Вилкоксоу при $p \leq 0.05$, число совпадений $k=10$)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
2	,00		,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,12	,00	,03	,00	,00	,00
3	,00	,00		,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,13	,00
4	,00	,00	,00		,00	,58	,48	,00	,00	,00	,00	,00	,62	,00	,00
5	,00	,00	,00	,00		,02	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,02	,00	,00
6	,00	,00	,00	,58	,00		,14	,00	,00	,00	,00	,00	,57	,00	,00
7	,00	,00	,00	,48	,02	,14		,00	,00	,00	,00	,00	,52	,00	,00
8	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00		,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
9	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00		,00	,00	,00	,00	,08	,00
10	,00	,12	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00		,00	,88	,00	,00	,00
11	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00		,00	,00	,00	,00
12	,00	,03	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,88	,00	,00		,00	,00	,00
13	,00	,00	,00	,62	,02	,57	,52	,00	,00	,00	,00	,00		,00	,00
14	,00	,00	,13	,00	,00	,00	,00	,00	,08	,00	,00	,00	,00		,00
15	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	

Однако, в таком хаотическом калейдоскопе стохастики при изменении внешних условий среды или физиологического состояния организма число пар совпадений вполне закономерно будет изменяться. Например, в табл. 42 мы представляем матрицу парного сравнения 15-ти кардиоинтервалограмм испытуе-

мых детей в двух различных состояниях – по прилету в лагерь «Юный нефтяник» и перед отлетом из лагеря «Юный нефтяник». [72, 75].

Таблица 42

Матрица сравнения выборок кардиоинтервалов 15-ти мальчиков по приезду в ЮН (2 точка исследования) и перед отъездом из ЮН (3 точка исследования) (парное сравнение по Вилкоксоу, критерий значимости $p < 0,05$, число совпадений $k=19$)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
2	,00	,00	,00	,00	,93	,03	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,98	,01	,02
3	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,58	,07	,00	,00	,00
4	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
5	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
6	,00	,00	,00	,00	,82	,19	,00	,00	,00	,00	,00	,00	1,00	,02	,07
7	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,57	,96	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
8	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
9	,00	,02	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,01	,00	,00	,00	,00
10	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,01	,00	,00	,00	,00	,00
11	,09	,00	,09	,00	,00	,00	,00	,00	,02	,00	,00	,00	,00	,00	,00
12	,00	,01	,00	,00	,00	,00	,02	,05	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
13	,00	,00	,00	,00	,98	,06	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,01	,02
14	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,69	,00	,06	,00	,00	,00
15	,00	,00	,00	,00	,17	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,02	,37	,00

Матрицы парных сравнений девочек демонстрируют подобную динамику (табл. 43 и табл. 44). Здесь мы видим, что количество пар совпадений для девочек 1 точки исследования $k=5$ (табл. 43), а если же сравнивать девочек в разных точках исследования, например 2 и 3, то мы увидим, что количество пар резко возрастает $k=16$ (табл. 44) [58, 161, 172]

Самоорганизация характерна для многих параметров *гомеостаза*, но в первую очередь мы говорим о КИ. Действительно, в табл. 43-46 мы привели пример стохастического анализа 15-ти кардиоинтервалов для парного сравнения (группа из 15-ти разных людей). Но если мы возьмем 15-ть повторов регистрации КИ у одного испытуемого, то результат «совпадений» пар получается сходным: 15-20% от общего числа сравниваемых пар покажут возможность их отнесения к общей генеральной совокуп-

ности и около 80% пар продемонстрируют невозможность такого «совпадения» [67-70].

Таблица 43

Матрица сравнения выборок кардиоинтервалов 15-ти девочек на первом этапе исследования по приезду в лагерь ЮН (парное сравнение по Вилкоксоу при $p \leq 0,05$, число совпадений $k=5$)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		,00	,00	,00	,00	,37	,00	,00	,02	,00	,06	,00	,00	,00	,01
2	,00			,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
3	,00			,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
4	,00	,00	,00		,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,73	,00
5	,00	,00	,00	,00		,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
6	,37	,00	,00	,00	,00		,00	,00	,00	,00	,28	,00	,00	,00	,00
7	,00	,00	,00	,00	,00	,00		,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
8	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00		,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
9	,02	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00		,00	,00	,00	,00	,00	,44
10	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00		,00	,00	,00	,02	,00
11	,06	,00	,00	,00	,00	,28	,00	,00	,00	,00		,00	,00	,00	,00
12	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00		,00	,00	,00
13	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00		,00	,00
14	,00	,00	,00	,73	,00	,00	,00	,00	,00	,02	,00	,00	,00		,00
15	,01	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,44	,00	,00	,00	,00	,00	

Таблица 44

Матрица сравнения выборок кардиоинтервалов 15-ти девочек по приезду в лагерь ЮН (2 этап исследования) и перед отъездом из лагеря ЮН (3 этап исследования) (парное сравнение по Вилкоксоу, критерий значимости $p < 0,05$, число совпадений $k=16$)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		,00	,00	,26	,00	,05	,00	,95	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
2	,00		,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
3	,00	,00		,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
4	,04	,85	,00		,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
5	,00	,00	,00	,00		,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
6	,00	,00	,79	,00	,33		,00	,25	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
7	,00	,00	,00	,00	,00	,00		,01	,00	,00	,75	,00	,00	,00	,00
8	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00		,01	,02	,00	,69	,00	,01	,00
9	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,01		,00	,00	,00	,00	,00	,22
10	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00		,00	,00	,99	,00	,00
11	,00	,00	,27	,00	,95	,00	,00	,05	,00	,00		,00	,00	,00	,00
12	,00	,00	,00	,00	,00	,64	,00	,00	,00	,00	,00		,00	,00	,00
13	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00		,00	,00
14	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,01	,00	,00	,00	,00	,00		,73
15	,05	,52	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,02	,00	

Таблица значений энтропии Шеннона для мальчиков при широтных перемещениях в четырех разных состояниях (E_1 - до отлета из г. Сургута, E_2 – по прилету в ЮН, E_3 - перед отлетом, E_4 – по прилету в лагерь ЮН)

	мальчики			
	E_1	E_2	E_3	E_4
1	3,12	2,92	2,92	3,32
2	3,32	2,92	3,12	3,32
3	3,32	3,12	3,12	3,32
4	2,69	2,69	2,69	2,69
5	3,32	3,32	3,32	3,32
6	3,12	3,32	3,32	3,12
7	3,32	3,32	3,32	3,32
8	2,92	2,72	3,12	3,12
9	2,92	2,72	3,12	3,12
10	3,32	2,92	3,12	3,12
11	2,85	3,32	2,92	3,12
12	2,85	3,32	3,12	3,32
13	3,12	3,12	3,32	3,12
14	3,12	2,85	2,85	3,12
15	2,92	2,72	3,32	3,32
среднее	3,08	3,02	3,11	3,19
медиана	3,12	2,92	3,12	3,12

Таким образом, для регуляции кардиоритма характерно преобладание хаотической динамики (стохастика менее 20%) и эта регуляция не зависит от индивидуума. Механизмы такой регуляции *кардиоинтервалов* подобны регуляции тремора (там имеем менее 10% совпадений). При изменении состояния физиологических функций испытуемых, если испытуемому дать нагрузку (физические упражнения) или, в нашем случае, перевести в другой регион (транширотные перемещение), то число «совпадений» k резко изменится.

Одновременно с расчетом матриц парных сравнений и их k , мы применили и энтропийный подход для этих же выборок. Для анализа уровня хаотичности во временной развертке КИ была рассчитана *энтропия* Шеннона. Результаты таких расчетов

представлены на примере группы мальчиков в четырех различных временных точка в табл. 45. В табл. 46 видно, что энтропийный подход при анализе КИ не демонстрирует существенных различий. Согласно этим данным, выборки КИ для группы мальчиков на всех четырех этапах исследования можно отнести к одной генеральной совокупности. Только два набора E демонстрирует небольшое различие состояний. Более того, согласно данным для сравнения выборок групп девочек в четырех временных точках исследования (табл. 45), все группы можно отнести к одной генеральной совокупности [4, 43].

Таблица 46

Матрица парного сравнения групповых выборок энтропии Шеннона для мальчиков при широтном перемещении в четырех разных состояниях (1 – до отлета из г. Сургута, 2 – по прилету в лагерь ЮН, 3 - перед отлетом и 4 – по прилету в лагерь ЮН), использовался критерий Вилкоксона (значимость $p < 0,05$, число совпадений $k=4$)

Точка исследования	1	2	3	4
1		0,42	0,50	0,03
2	0,42		0,14	0,02
3	0,50	0,14		0,09
4	0,03	0,02	0,09	

Действительно, сравнение энтропии E на всех этапах исследования не показывает (табл. 45) существенных различий. Величины E не изменяется значительно, параметры КИ не показывают существенных различий. Например в табл. 46 мы имеем критерий Вилкоксона $p=0,42$ для кардио-респираторной физиологической системы мальчиков, которые переехали с Севера РФ (Сургут) на Юг РФ (Краснодарский край, детский санаторно-оздоровительный лагерь «Юный нефтяник»). Хотя внешне медианы несколько различаются: $E_1=3,122$, $E_2=2,922$, но имеем статистически недостоверные различия. Из всех 6-ти возможных пар точек исследований, статистически достоверные различия демонстрирует только две пары (в них критерий уровня зна-

чимости Вилкоксона $p < 0,05$, табл. 46). В целом, обычно ТХС и нейро-ЭВМ выявляют различия между выборками и идентифицируются *параметры порядка*, но E не показывает различий [36, 162, 195].

Такие же расчеты значений *энтропии* Шеннона были проведены и для девочек (табл. 47). Здесь видно, что различий между всеми возможными парами точек исследования нет. В доказательство этому утверждению приводится табл. 48. Из нее видно, что нет ни одного значения $p < 0,05$, из этого следует вывод, что все выборки значений *энтропий* Шеннона E для девочек во всех точках исследования можно отнести к одной генеральной совокупности.

Таблица 47

Таблица значений энтропии Шеннона для девочек при широтных перемещениях в четырех разных состояниях (E_1 - до отлета из г. Сургута, E_2 – по прилету в лагерь ЮН, E_3 - перед отлетом и E_4 – по прилету в лагерь ЮН)

	девочки			
	E_1	E_2	E_3	E_4
1	3,12	3,12	2,92	3,12
2	3,32	3,32	3,12	3,12
3	3,32	3,32	3,32	3,12
4	2,69	2,69	2,69	2,69
5	3,12	3,12	3,32	2,85
6	3,32	3,32	3,12	3,12
7	3,12	3,12	3,12	3,32
8	3,32	3,12	3,12	3,12
9	3,32	3,12	3,12	3,12
10	2,85	2,85	3,32	3,32
11	3,12	3,12	2,92	3,12
12	3,32	3,32	3,12	3,32
13	3,12	3,12	3,32	3,32
14	3,12	3,12	3,12	3,32
15	3,12	3,12	3,32	3,12
среднее	3,15	3,13	3,13	3,14
медиана	3,12	3,12	3,12	3,12

Подчеркнем, что матрицы парных сравнений (т.е. расчета для повторяющихся выборок параметров СТТ) дают различия в состояниях биосистем (параметров гомеостаза). При этом статистика и энтропия не показывают существенных различий в организме обследуемых. *Энтропия E* дает различные результаты для разных функциональных состояний *гомеостаза*, но такая ситуация у нас возникает в случае, если мы сравниваем разные выборки (здоровые – больные, люди без воздействия и испытуемые при сильных воздействиях и т.д.). Следовательно, мы не отрицаем *стохастичку* полностью, а только говорим об изменении методов расчета, о новых способах стохастической оценки параметров *гомеостаза*. Поэтому целесообразно говорить об объединении усилий *стохастики* и ТХС в изучении СТТ [92, 98].

Таблица 48

Матрица парного сравнения энтропии Шеннона для девочек при широтном перемещении в четырех разных состояниях (1 - до отлета из г. Сургута, 2 – по прилету в лагерь ЮН, 3 - перед отлетом и 4 – по прилету в лагерь ЮН), использовался критерий Вилкоксона (значимость $p < 0,05$, число совпадений $k=6$)

Точка исследования	1	2	3	4
1		0,54	0,45	0,68
2	0,54		0,72	0,94
3	0,45	0,72		0,58
4	0,68	0,94	0,58	

3. Возрастные изменения параметров ССС на основе анализа энтропии Шеннона

Представляет научный интерес и ответ на вопрос о возрастных изменениях *E* на всем периоде жизни человека. Изучалась возрастная особенность динамики поведения *кардиоинтервалов* у представителей женского населения аборигенов Югры (ханты). Использовались три возрастные группы со средним возрастом 23, 43 и 58 лет. Для этих трех возрастных групп женщин ханты была рассчитана *энтропия* Шеннона, данные представле-

ны в табл. 49. Проверка на нормальность закона распределения выборок, полученных значений *энтропии* Шеннона, показала, что две выборки из трех имеют ненормальное распределение данных. Уровень значимости p представлен в табл. 50. Из этой таблицы видно, что ни одна пара не имеет статистически достоверных различий, следовательно, все три группы можно отнести к одной генеральной совокупности [13, 99, 118, 138, 203].

Из табл. 50 следует, что парное сравнение выборок *энтропии* Шеннона для 1-й и 2-й групп имеет самое низкое значение критерий $p=0,7$, что значительно больше 0.05, т.е. эти результаты статистически недостоверны. Остальные пары (1-я и 3-я $p=0,8$ и 2-я с 3-й с $p=0,1$) дают еще более худшие результаты по различию выборок. В целом все парные сравнения не дают статистически значимых различий и на основании этого мы можем говорить, что *энтропия* Шеннона для трех возрастных групп женщин-ханты не может быть индикатором значимых различий выборок для КИ всех трех групп [87, 93].

Иными словами, возраст изменяется, человек стареет, а *энтропия* выборок *кардиоинтервалов* не может показать никаких возрастных различий. Хотя статистика по всем 15-ти параметрам состояния кардиоритма все-таки дает некоторые различия (правда не по всем x_i) [10, 12, 28, 177].

По данным табл. 49 и табл. 50 для женщин (пришлое население) Югры видно, что энтропийный подход демонстрирует отсутствие различий с возрастом для E , нет существенных изменений значений *энтропии* Шеннона для пришлое населения (женщины) и у женщин аборигенов. Исключение составили три пары сравнения: младшая возрастная группа (пришлое население) со старшей возрастной группой (пришлое население) $p=0,02$, средняя возрастная группа ханты с младшей возрастной группой (пришлое население) $p=0,01$, старшей возрастной группы ханты с младшей возрастной группой (пришлое население), здесь $p=0,00$, что весьма существенно ниже уровня значимости критерия Краскела-Уоллиса $p<0,05$, остальные группы статистически не различаются по E [76-78, 84, 197, 198].

Таблица 49

**Результаты расчетов энтропии Шеннона E для выборок
кардиоинтервалов женщин ханты трех возрастных групп**

	Женщины ханты			Женщины пришлое население Югры (работники ЗСК)		
$\langle T \rangle$	$\langle T_1 \rangle = 27$ лет, E_1	$\langle T_2 \rangle = 43$ года, E_2	$\langle T_3 \rangle = 58$ лет, E_3	$\langle T_1 \rangle = 27$ лет, E_1	$\langle T_2 \rangle = 43$ года, E_2	$\langle T_3 \rangle = 58$ лет, E_3
1	3,68	3,58	2,56	3,65	3,15	3,35
2	3,58	3,35	3,35	3,52	3,32	3,08
3	3,68	3,40	3,68	3,40	2,72	2,88
4	3,72	3,78	2,66	3,62	3,70	3,38
5	3,31	3,98	3,25	3,78	3,67	3,34
6	3,88	3,92	3,75	3,49	3,73	3,67
7	1,56	3,02	3,98	3,48	3,56	3,70
8	3,45	2,84	3,78	3,12	3,67	3,65
9	2,94	3,55	3,75	3,48	3,48	3,67
10	3,78	3,64	3,48	3,94	3,81	3,43
11	3,35	3,62	3,40	3,48	3,81	3,40
12	3,72	3,24	3,72	3,67	3,59	2,84
13	3,82	2,76	3,72	4,05	3,44	3,30
14	3,92	2,44	3,14	3,75	3,56	1,89
15	3,65	3,68	3,52	3,78	2,43	3,57
16	3,88	3,21	3,50	3,62	3,32	3,83
17	1,66	3,68	3,82	3,64	3,78	3,41
18	2,80	4,02	3,62	3,54	3,24	3,52
19	3,64	3,65	2,56	3,70	3,81	3,97
20	3,58	1,12	3,58	3,30	3,25	1,78
21	3,55	2,42	3,21	4,02	3,86	3,65
22	2,32	3,61	3,44	3,81	3,49	3,59
23	3,78	3,78	3,78	3,53	3,89	2,57
24	3,34	3,65	2,66	3,59	2,84	3,76
25	4,02	3,25	3,48	3,75	3,59	3,70
26	3,78	3,44	3,85	3,78	3,48	3,48
27	3,62	3,82	3,65	3,57	3,73	2,84
28	3,78	3,51	2,07	3,57	3,67	2,96
29	2,76	2,42	3,54	3,91	3,25	3,16
30	2,80	3,72	3,68	3,83	3,12	3,70
31	3,75	3,55	3,38	3,54	3,40	3,59
32	3,88	2,32	3,45	3,91	3,70	3,64
33	3,41	3,58	3,72	3,49	3,38	3,67
34	3,88	3,62	3,45	3,73	3,62	3,67
35	3,65	3,35	3,35	3,78	3,62	3,64

Продолжение табл. 49

36	3,68	3,32	3,35	3,59	3,73	2,51
37	3,00	3,64	3,35	3,81	3,28	3,43
38	3,00	1,66	3,35	3,86	3,41	3,76
Среднее	3,41	3,29	3,41	3,66	3,48	3,34
Медиана	3,64	3,55	3,48	3,65	3,56	3,50
Тип распределения	<i>NN</i>	<i>N</i>	<i>NN</i>	<i>N</i>	<i>NN</i>	<i>NN</i>

Примечание: *N* – нормальный тип распределения; *NN* – не нормальный тип распределения.

Таблица 50

Матрица уровня значимости p для парных сравнений выборок значений энтропии Шеннона E для значений кардиоинтервалов женщин (ханты) трех возрастных групп (критический критерий значимости Краскела-Уоллиса $p < 0.05$)

	возраст	Женщины ханты			Пришлое население		
		27 лет	43 года	58 лет	27 лет	43 года	58 лет
Женщины ханты	27 лет		0,17	0,28	0,21	0,49	0,15
	43 года	0,17		0,71	0,01	0,39	0,89
	58 лет	0,28	0,71		0,00	0,64	0,63
Пришлое население	27 лет	0,21	0,01	0,00		0,28	0,02
	43 года	0,49	0,39	0,64	0,28		1,00
	58 лет	0,15	0,89	0,63	0,02	1,00	

4. Энтропийная оценка хаотической динамики параметров сердечно-сосудистой и нервно-мышечной систем при физической нагрузке

Отметим, что изучение показателей ФСО человека в ответ на действие дозированной физической нагрузки представляет особый интерес в рамках *теории хаоса и самоорганизации*, что позволяет прогнозировать их возможные изменения и получать важную информацию о текущей динамике исследуемых функций [133-136, 143-145, 158, 159, 201-203].

Приспособление к физическим нагрузкам определяется как состоянием показателей степени активности регуляции ССС 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 условием для выявления степени физической работоспособности, тренированности и текущего функционального состояния спортсмена [167-171].

Наиболее доступным параметром 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 [184-186, 215-219].

Известно, что изменения показателей ритма сердца при стрессе (в нашем случае, дозированная физическая нагрузка) наступает раньше, чем появляются выраженные биохимические и гормональные сдвиги [175-178, 230-237]. 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 ТХС с использованием *системного синтеза* возможно решение этой проблемы.

Исследования этого параграфа направлены на изучение динамики поведения ФСО у групп студентов тренированных и нетренированных в ответ на дозированную физическую нагрузку в рамках ТХС [8, 200-204, 225-227].

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

Обработку данных осуществляли при помощи традиционных статистических методов и методов ТХС, которые обеспечили расчет параметров КА поведения ВСС в *фазовом пространстве состояний*. 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 КИ (как функции времени t), а вторая фазовая координата $x_2=x_2(t)=dx_1/dt$ являлась скоростью изменения $x_1(t)$.

Для сравнения полученных результатов в рамках *стохастики* была рассчитана качественная оценка хаотической динамики – получены значения энтропии Шеннона (табл. 51) и построены гистограммы распределения частот регистрируемых *кардиоинтервалов NN* (в *msec*), что представлено на рис. 42, 43. Из полученных данных, интегральных и временных показателей регуляции ССС со стороны вегетативной нервной системы у нетренированных и тренированных испытуемых до и после физической нагрузки, наблюдалось увеличение показателя площади *квазиаттракторов* КИ у нетренированного испытуемого после физической нагрузки. Таким образом, площадь КА *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 *квазиаттракторов* КИ до и после физической нагрузки ($p>0,05$). У нетренированных статистически значимые различия только по площади ($p=0,036$).

Таблица 51

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

	Не тренированный испытуемый			Тренированный испытуемый		
	До нагрузки	После нагрузки	p	До нагрузки	После нагрузки	p
S_G	39 900	69 600	0,04	54 600	36 800	0,094
S_{sh}	2,92	3,32	0,89	3,32	3,32	0,78

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

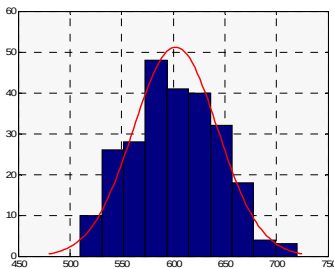
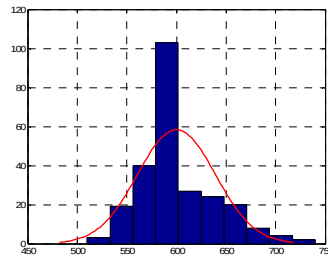
(I) $X_l, msec$ (II) $X_l, msec$

Рис. 42. 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. 43 представлены гистограммы распределений значений кардиоинтервалов нетренированного испытуемого, сформированные при расчете значений энтропии (значения энтропии и площади КА, табл. 51).

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

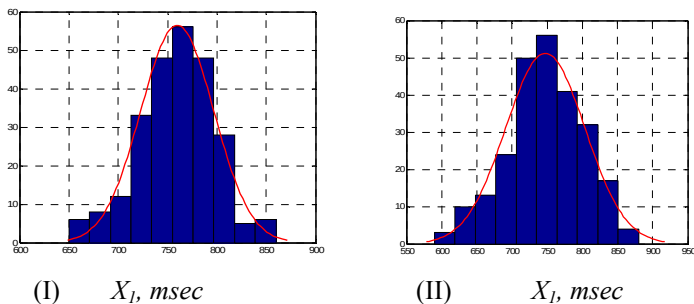


Рис. 43. Гистограммы распределения значений кардиоинтервалов при расчете энтропии Шеннона: (I) нетренированный испытуемый до физической нагрузки, (II) нетренированный испытуемый после нагрузки

Таким образом, дозированная физическая нагрузка изменяет значения параметров ВСП, об этом свидетельствуют и изменения площади *квазиаттракторов* КИ 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 *квазиаттракторов*. Расчет параметров КА *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 *квазиаттракторов* ССС 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 КА показывает, что количественная оценка площадей *квазиаттракторов* более показательна.

Глава VI

ХАОТИЧЕСКАЯ ДИНАМИКА ПАРАМЕТРОВ КАРДИО-РЕСПИРАТОРНОЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗМА СТУДЕНТОВ В УСЛОВИЯХ ДОЗИРОВАННОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

Физическая нагрузка оказывает выраженное воздействие на организм человека, вызывая изменения в деятельности опорно-двигательного аппарата, обмена веществ, внутренних органов и нервной системы. Степень воздействия физической нагрузки определяется ее величиной, интенсивностью и продолжительностью. Адаптация организма к физической нагрузке в значительной мере определяется повышением активности ССС, которая проявляется в повышении ЧСС, повышении сократительной способности миокарда, увеличении ударного и минутного объема крови [43, 146, 158, 168].

Адаптация организма здоровых людей к физической нагрузке происходит оптимальным способом, за счет повышения величины как ударного объема крови, так и частоты сердечных сокращений. У спортсменов используется самый оптимальный вариант адаптации к нагрузке, поскольку благодаря наличию большого резервного объема крови при нагрузке происходит более значительное повышение ударного объема [79-83, 122, 201].

Изменения ЧСС во время физической нагрузки хорошо изучены, так как ЧСС является легко измеряемым объективным показателем. Поэтому *частота сердечных сокращений* широко используется для наблюдений за характером приспособительных реакций и для оценки адаптации организма к физической нагрузке. Наибольшее влияние на изменения ЧСС при физической нагрузке оказывают состояние здоровья и физическая работоспособность обследуемого. Физическая нагрузка определенной мощности и продолжительности называется однократной. Под влиянием однократной физической нагрузки ЧСС в начале выполнения нагрузки повышается, затем стабилизируется на определенном уровне, а после прекращения нагрузки восстанавливается до исходного уровня [92, 156, 158].

Проблема оценки состояния ФСО и их адаптационных резервов к различного рода воздействиям [77, 78, 83], в том числе к физическим нагрузкам, является актуальной для физиологии спорта, экологии человека и общей физиологии. Возникает необходимость внедрения в биомедицинскую практику современных системных методов для изучения функционального состояния ССС и *вегетативной нервной системы* организма человека [2, 4, 35, 50-59].

В рамках новых методов ТХС возможно изучение функциональных резервов организма путем анализа и синтеза параметров ФСО, выявления морфофункциональных особенностей организма в условиях покоя и после нагрузочных тестов [92, 156, 158]. Такая информация дает возможность оценить качество жизни человека в условиях Севера и обеспечить прогноз его развития во взрослом состоянии.

Более того, такой подход позволяет объективно оценивать динамику резервных возможностей организма и их прогностическую значимость. Назрела необходимость в разработке и использовании новых средств на основе методов многомерных фазовых пространств для определения адаптационных и функциональных резервов организма и проведения ранней диагностики различных патологических состояний и каких-либо функциональных нарушений, что и определяет актуальность работы.

Нами проведен анализ степени выраженности оставленных постнагрузочных изменений в функциональном состоянии организма и прогнозирование состояния здоровья [88, 94-105, 146] с позиции *стохастики и теории хаоса и самоорганизации*.

В качестве наиболее доступных критериев текущего (после дозированной физической нагрузки) функционального состояния ССС могут быть использованы результаты анализа типа реакции ССС на дозированную физическую нагрузку.

Объектом настоящего исследования явились студенты 1-3 курсов БУ ВО ХМАО-Югры «Сургутский государственный университет», 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 ЧСС, ИНБ, а также рассчитывали компоненты спектральной мощности *вариабельности сердечного ритма*. После выполнения стандартизированной динамической нагрузки (30 приседаний) регистрацию продолжали в течение 5 минут.

Обработку данных осуществляли при помощи традиционных статистических методов и методов ТХС, которые обеспечили расчет параметров КА поведения ВСС в *фазовом пространстве состояний*. Расчет параметров КА производился при помощи «Программы идентификации параметров квазиаттракторов поведения вектора состояния биосистем в m -мерном фазовом пространстве».

Статистическая обработка данных осуществлялась при помощи программного пакета «*Statistica 6.1*». Анализ соответствия вида распределения полученных данных закону нормального распределения производился на основе вычисления критерия Шапиро-Уилка. Дальнейшие исследования в зависимости от распределения производились методами параметрической и непараметрической статистики (критерий Стьюдента, Вилкоксона, Манна-Уитни). Расчет параметров КА производился при помощи «Программы идентификации параметров квазиаттракторов поведения вектора состояния биосистем в m -мерном фазовом пространстве».

В ходе исследований и статистической обработки данных были получены следующие сводные количественные характеристики результатов изменения параметров ССС и вегетативной нервной системы, представленных в табл. 52.

Из полученных данных, представленных в табл. 52, видно незначительное увеличение таких показателей как *SIM*, *PAR*, *HR* и *SDNN* у нетренированных испытуемых. Также наблюдалось резкое увеличение *INB* у нетренированных испытуемых в связи с увеличением показателей *SIM*.

**Интегральные и временные показатели регуляции
сердечно-сосудистой системы со стороны вегетативной нервной
системы у нетренированных и тренированных испытуемых
до и после физической нагрузки (n=30)**

Показатели	Нетренированные студенты			Тренированные студенты		
	До нагрузки	После нагрузки	<i>p</i>	До нагрузки	После нагрузки	<i>p</i>
<i>SIM</i>	4,93±0,78	6,3±1,79	0,4748	2,7±0,43	2,03±0,38	0,0298
<i>PAR</i>	10,9±0,86	11,8±1,13	0,3463	14,87±1,09	16,45±1,29	0,0554
<i>HR</i>	87,73±2,30	88,2±2,62	0,8854	75,4±2,35	74,72±2,25	0,4935
<i>SDNN</i>	43,77±2,67	44,53±3,18	0,6406	62,57±5,32	69,48±5,96	0,0152
<i>INB</i>	67,6±10,43	95,47±32,21	0,5377	38,33±6,84	30,14±5,22	0,0158
<i>SpO₂</i>	97,73±0,16	97,93±0,14	0,0759	97,87±0,16	97,97±0,14	0,6603

Примечание: *n* – количество обследуемых; *SIM*, у.е. – индекс активности симпатического звена ВНС; *PAR*, у.е. – индекс активности парасимпатического звена ВНС; *HR*, уд/мин – частота сердечных сокращений; *SDNN*, мс – стандартное отклонение полного массива кардиоинтервалов; *INB* у.е. – индекс напряжения регуляторных систем по Р.М. Баевскому; *SpO₂*, % – уровень насыщения гемоглобина крови кислородом; *p* – достоверность значимых различий, по критерию Вилкоксона ($p > 0,05$).

Обратная картина у тренированных испытуемых. Происходит незначительное уменьшение показателей *SIM* и *HR* и значительное уменьшение показателя напряжения *INB*, т.е. нагрузка у тренированных оказывает стабилизирующее действие. Возбуждение парасимпатического отдела нервной системы приводит к уменьшению частоты возбуждения и частоты сердечных сокращений у тренированных лиц. Под воздействием дозированной физической нагрузки парасимпатическая часть нервной системы начинает доминировать, что оказывает влияние на блуждающий нерв – нерв, который управляет ритмом сердца. Несмотря на снижение ЧСС в покое у тренированных лиц остается неизменной или снижается незначительно. При определении показателей сердечного ритма у хорошо тренированных испытуемых установлено преобладание активности парасимпатической нервной системы до и после дозированной физической нагрузки, что свидетельствует о высоком уровне адаптации и эко-

номичности деятельности основных функциональных систем их организма. Статистические показатели анализа ВСР у тренированных испытуемых свидетельствуют об избирательной реактивности динамики функционального состояния и поддержании сердечно-сосудистого гомеостаза за счет усиления активности парасимпатического контура регуляции в адаптационных реакциях организма.

В ходе исследований и статистической обработки данных были получены следующие сводные количественные характеристики результатов изменения спектральных показателей сердечно-сосудистой системы, представленных в табл. 53.

Таблица 53

Спектральные показатели регуляции сердечно-сосудистой системы со стороны вегетативной нервной системы ($n=30$)

Показатели	Нетренированные студенты			Тренированные студенты		
	До нагрузки	После нагрузки	p	До нагрузки	После нагрузки	p
VLF	2228±339	2393±348	0,781	6874±1447	7364±1195	0,159
LF	2683±363	2404±396	0,245	4629±823	5636±1284	0,214
HF	1529±241	1699±259	0,371	2668±408	3797±1076	0,120
Total	6441±806	6497±818	0,765	14171±2245	22904±6984	0,075
LF norm	63,7±2,6	58,9±2,7	0,117	61±2,5	61,7±3,1	0,967
Hf norm	36,3±2,6	41,1±2,7	0,117	39±2,5	38,3±3,1	0,967
LF/HF	2,5±0,4	1,7±0,2	0,099	1,9±0,2	2,3±0,4	0,975

Примечание: n – количество обследуемых; LF , $мс^2$ – мощность спектра низкочастотного компонента variability; HF , $мс^2$ – мощность спектра высокочастотного компонента variability; $Total\ power$, $мс^2$ – общая спектральная мощность; VLF , % – мощность спектра свернизкочастотного компонента variability; p – достоверность значимых различий, по критерию Вилкоксона ($p>0,05$)

Установлено, что у групп студентов тренированных и без физической подготовки отсутствуют полностью статистически значимые различия параметров VLF , LF , HF , $Total$, $LF\ norm$, $Hf\ norm$ и LF/HF до и после физической нагрузки ($p>0,05$), которые образовали семимерное фазовое пространство состояний всего ВСОЧ $x=x(t)$. При сравнении спектральных показателей регуля-

ции CCC со стороны вегетативной нервной системы у групп студентов тренированных и без физической подготовки до физической нагрузки – установлены статистически значимые различия параметров VLF ($p=0,0020$), HF ($p=0,0333$) и $Total$ ($p=0,0110$) по критерию Краскела-Уоллиса ($p<0,05$).

У студентов без физической подготовки происходило уменьшение показателей $LF\ norm$, увеличение $Hf\ norm$ и уменьшение LF/HF . Обратная картина у тренированных испытуемых: увеличение показателей $LF\ norm$ (с 61 у.е. до 61,7 у.е.), уменьшение $Hf\ norm$ (с 39 у.е. до 38,3 у.е.) и увеличения LF/HF (с 1,9 у.е. до 2,3 у.е.).

На основе методов системного анализа и синтеза, исследована динамика поведения параметров квазиаттракторов в семимерном фазовом пространстве спектральных показателей сердечно-сосудистой и вегетативной нервной систем у групп студентов тренированных и без физической подготовки, до и после физической динамической нагрузки (табл. 54).

Таблица 54

Параметры квазиаттракторов в 7-ми мерном фазовом пространстве спектральных показателей сердечно-сосудистой системы

Параметры квазиаттракторов (у.е.)	Нетренированные студенты (n=30)		Тренированные студенты (n=30)	
	До нагрузки	После нагрузки	До нагрузки	После нагрузки
V_G	$46,2 \times 10^{20}$	2270×10^{20}	$2,54 \times 10^{20}$	$0,97 \times 10^{20}$
Rx	13137,80	77110,14	4038,89	3242,24

Из данных табл. 54 следует, что у студентов без физической подготовки объем семимерного параллелепипеда V_G , ограничивающего КА, после выполненной динамической нагрузки увеличился в 49 раз. У тренированных испытуемых объем КА после выполненной динамической нагрузки уменьшился в 2,6 раза.

Изменения параметров *квазиаттракторов* ВСОЧ в семи-мерном ФПС более существенны, чем результаты статистической обработки их первичных данных.

Следующий этап исследований посвящен расчету матриц межаттракторных расстояний Z_{ij} групп студентов тренированных и без физической подготовки, что представлено в табл. 55.

При сравнении групп студентов тренированных и без физической подготовки до и после нагрузки величина межаттракторных расстояний у студентов без физической подготовки в 43 раза больше.

Анализ расстояний Z_{ij} между хаотическими центрами КА спектральных показателей сердечно-сосудистой и вегетативной нервной систем у исследуемых 2-х групп демонстрируют (табл. 55): до динамической нагрузки расстояние составил 19089 у.е., после выполненной нагрузки расстояние между хаотическими центрами увеличилось в 4,9 раз, и составило 92660 у.е.

Таблица 55

Матрица идентификации расстояний (Z_{ij} , у.е.) между хаотическими центрами квазиаттракторов спектральных показателей сердечно-сосудистой системы в 7-ми мерном фазовом пространстве

		Нетренированные студенты ($n=30$)		Тренированные студенты ($n=30$)	
		До нагрузки	После нагрузки	До нагрузки	После нагрузки
Нетренированные студенты	До нагрузки	0	77 091	19 089	20 684
	После нагрузки	77 091	0	91 171	92 660
Тренированные студенты	До нагрузки	19 089	91 171	0	1 755
	После нагрузки	20 684	92 660	1 755	0
Σ		116 864	260 922	112 015	115 099

Примечание: t – размерность ФПС, Σ – суммарный показатель межаттракторных расстояний (у.е.).

Расчет матриц межаттракторных расстояний Z_{ij} квазиаттракторов вектора состояния организма студентов без физической подготовки показал их увеличение после физической нагрузки, что показывает недостаточную сформированность у них адаптационных механизмов, а также существенное напряжение регуляторных процессов и степень рассогласования параметров ФСО.

Методом исключения отдельных признаков был выполнен *системный синтез*. Его результаты позволили выявить *параметры порядка* путем сравнения размеров КА до динамической нагрузки и после у нетренированных и тренированных испытуемых. Так, у нетренированных испытуемых среди интегральных и временных показателей таковым является показатель *ИНБ*, а у тренированных – показатель *SDNN*.

Следующий этап исследований посвящен расчету матриц межаттракторных расстояний Z_{ij} тренированных и нетренированных студентов, что представлено в табл. 56.

Таблица 56

Матрица идентификации расстояний (Z_{ij} , у.е.) между хаотическими центрами квазиаттракторов интегральных и временных показателей сердечно-сосудистой и вегетативной нервной системы организма нетренированных и тренированных студентов до и после динамической нагрузки в 6-ти мерном фазовом пространстве ($n=30$)

		Тренированные студенты		Сумма	Ср. знач.
		До нагрузки	После нагрузки		
Нетренированные студенты	До нагрузки	$Z_{11}=78,06$	$Z_{12}=100,49$	178,55	89,28
	После нагрузки	$Z_{21}=428,95$	$Z_{22}=449,66$	878,61	439,31
Сумма		507,01	550,15		
Ср.знач.		253,51	275,08		

Анализ расстояний Z_{ij} между хаотическими центрами КА интегральных показателей сердечно-сосудистой и вегетативной

нервной систем показал, что наименьшее расстояние отмечено при сравнении тренированных и нетренированных студентов до выполнения динамической нагрузки и составило 78,06 у. е. Величина межаттракторных расстояний после нагрузки у нетренированных и тренированных испытуемых больше, чем показатель до физической нагрузки этих испытуемых. После выполненной нагрузки расстояние между хаотическими центрами тренированных и нетренированных увеличилось в 5,8 раз, и составило 449,66 у. е.

При общем (суммарном) значении расстояний Z_{ij} между хаотическими центрами *квазиаттракторов* (при сложении всех элементов столбцов) наибольшие отличия были получены для группы нетренированных студентов после дозированной физической нагрузки (878,61 абсолютно и 439,31 усреднено). Наименьшие значения расстояний Z_{ij} между КА установлены у нетренированных студентов до физической нагрузки: 178,55– абсолютно и 89,28 – усреднено. В группе тренированных студентов наблюдается незначительное изменение (увеличение) значения расстояний Z_{ij} между хаотическими центрами *квазиаттракторов* после дозированной физической нагрузки.

Расчет матриц межаттракторных расстояний КА вектора состояния организма нетренированных студентов показал увеличение после физической нагрузки, что показывает недостаточную сформированность у них адаптационных механизмов, а также существенное напряжение регуляторных процессов и степень рассогласования параметров ФСО.

Параметры *квазиаттракторов* КИ у нетренированных и тренированных студентов до и после физической нагрузки представлены в табл. 57.

Из полученных данных, представленных в табл. 57, можно наблюдать резкое увеличение показателя площади КА *кардиоинтервалов* у нетренированных испытуемых после физической нагрузки ($0,099 \times 10^6$ у.е.).

Установлено, что дозированная физическая нагрузка вызывает значительное изменение размеров КА площади и объема у нетренированных и тренированных студентов. Но у нетренированных студентов эти различия более существенны (до и после дозированной физической нагрузки).

**Параметры квазиаттракторов кардиоинтервалов у
Не тренированных и тренированных студентов до и после
физической нагрузки ($n=30$)**

Параметры квазиаттракторов (у.е.)	Нетренированные студенты			Тренированные студенты		
	До нагрузки	После нагрузки	p	До нагрузки	После нагрузки	p
S	$0,07 \cdot 10^6$	$0,09 \cdot 10^6$	0,03	$0,15 \cdot 10^6$	$0,16 \cdot 10^6$	0,09
V	$70,35 \cdot 10^6$	$93,46 \cdot 10^6$	0,05	$196,35 \cdot 10^6$	$179,81 \cdot 10^6$	0,19

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

При использовании непараметрического дисперсионного анализа попарного сравнения средних рангов критерия Ньюмана-Кейлса были получены многочисленные таблицы, в которых представлены результаты сравнения средних рангов для двух групп (нетренированные и тренированные студенты до и после физической нагрузки). В качестве примера представлены результаты обработки данных значений нетренированных студентов до физической нагрузки в виде матрицы (15x15) кардиоинтервалов по критерию Ньюмана-Кейлса (табл. 58). В нашем случае 19 пар выборки не имели статистически достоверных различий у нетренированных студентов. В остальных парах выборки $p < 0,05$.

В выборке у нетренированных студентов после физической нагрузки было выявлено 21 пара ($p > 0,05$), а для группы тренированных студентов после физической нагрузки 12 пар выборок (табл. 59) соответственно не имели существенных различий. Такие сходные пары или все сравнения демонстрируют возможность их принадлежности к общей генеральной совокупности. После физической нагрузки у нетренированных студентов происходило увеличение пар (приближение к стохастике, переход к некоторому порядку). У тренированных испытуемых, наоборот, происходило сжатие (12 пар после физической нагрузки).

Таблица 58

**Матрица попарных сравнений кардиоинтервалов по критерию
Ньюмана-Кейлса нетренированных студентов до физической
нагрузки**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
2	0,00		1,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,93	0,00	0,06	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
3	0,00	1,00		0,06	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	0,01	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
4	0,00	0,01	0,06		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	1,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,14	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,18	1,00	0,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14		0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	0,00	0,93	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	1,00	0,01	0,98	0,00	0,00	0,00
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,06	0,00		0,00	0,00	0,00	0,39	1,00	0,00
10	0,00	0,06	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00		0,19	0,06	0,00	0,00	0,00
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,19		0,00	0,00	0,00	0,00
12	0,00	1,00	1,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,98	0,00	0,06	0,00		0,00	0,00	0,00
13	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00	0,39	0,00	0,00	0,00		1,00	0,00
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00		0,00
15	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

Таблица 59

**Матрица попарных сравнений кардиоинтервалов по критерию
Ньюмана-Кейлса тренированных студентов после физической
нагрузки**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
2	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,06	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,00		0,06	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,01
4	0,00	0,00	0,00		0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,01		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	1,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
8	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
9	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		1,00	0,00	0,00	0,00
12	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00		0,00	0,00	0,00
13	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
14	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00
15	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

Резюме

На дозированную физическую нагрузку организм реагирует мобилизацией функциональных резервных механизмов, сглаживающих и компенсирующих возможные нарушения гомеостаза. Организм тренированных испытуемых более устойчив к стрессорным факторам, создаваемым дозированной физической нагрузкой, чем организм нетренированных испытуемых, и более длительное время сохраняет состояние хорошей адаптации к физическим нагрузкам.

С позиции ТХС можно объективно проанализировать тренировку спортсмена и определить насколько правильно спортсмен выполнил тренировочное задание. На основе этого анализа можно исправить ошибки в тренировочном процессе, если они есть. 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 ФПС. Расчет параметров *квазиаттракторов* ССС показывает индивидуальное различие по всем диагностическим параметрам, что позволяет объективно оценивать динамику резервных возможностей организма и их прогностическую значимость.

При исследовании влияния динамической нагрузки на параметры ССС с помощью матриц межаттракторных расстояний установлено, что нагрузка вызывает увеличение расстояния между хаотическими центрами *квазиаттракторов* спектральных показателей ССС студентов без физической подготовки (77091 у.е.) и тренированных (1755 у.е.) студентов. Соотношение расстояний представляет количественную степень тренированности (или детренированности). Результаты исследования могут быть использованы как в медицинских исследованиях, так и в области спорта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Живые системы – системы *третьего типа* (СТТ) по *W. Weaver* (организованная сложность) имеют особую динамику поведения их вектора состояния $x = x(t) = (x_1, x_2, \dots, x_m)^T$ в m -мерном *фазовом пространстве состояний*. До настоящего времени многие пытались СТТ описывать терминами статистической функции распределения $f(x)$ или в рамках теории детерминированного хаоса Лоренца–Арнольда. В серии известных работ трёх нобелевских лауреатов (*I.R. Prigogine, J.A. Wheeler, M. Gell-Mann*) многократно подчёркивается возможность описания живых систем (*complexity* – *I.R. Prigogine*, эмерджентных систем – *J.A. Wheeler*, непредсказуемых – *M. Gell-Mann*) методами и моделями детерминированного хаоса. Однако действительность оказалось иной – сложные биосистемы весьма затруднительно описывать детерминистскими моделями (функциями) или статистическими функциями распределения $f(x)$.

В рамках разрабатываемой сейчас *теории хаоса – самоорганизации* получены многочисленные доказательства того, что СТТ–*complexity* (эмерджентные системы) не могут быть описаны моделями детерминированного хаоса или методами *теории вероятности и математической статистики*. Обусловлено это фактическим отсутствием стационарных режимов у СТТ (начальное состояние *complexity* $x(t_0)$ невозможно произвольно дважды повторить одновременно регистрируется неповторяемость функций распределения $f(x)$ и различных других статистических характеристик и динамик СТТ–*complexity*. Это характерно для всех *функциональных систем организма* по П.К. Анохину, для всех сложных биосистем – эмерджентных систем живой природы, которые мы обозначаем как гомеостатичные системы. Системы третьего типа (*complexity*) – не объект стохастики.

Почему СТТ не объект статистики и теории вероятности? Для 20000 испытуемых и более одного миллиона выборок их *кардиоинтервалов, электромиограмм, треморограмм* (ТМГ), *теппинграмм* (ТПГ), *электроэнцефалограмм* (ЭЭГ), биохимических параметров крови и т.д. нами были изучены матрицы пар-

ных сравнений. В результате были установлены некоторые закономерности: величины k могут характеризовать процесс (для ЭМГ, ТМГ, обычно $k < 6$, для КИ и ТПГ $k < 20$ и т.д.), но всегда k меньше 30, если нет патологий у испытуемых. При этом вероятность совпадения двух последовательно получаемых выборок ничтожно весьма мала ($p < 0,001$). Это означает, что у *гомеостаза* почти нет совпадений в параметрах состояния функций организма и все подряд получаемые выборки не демонстрируют «совпадения» их функций распределения. Всегда выборки x_i непрерывно изменяются и применение статистических методов к СТТ весьма условная процедура (из-за уникальности СТТ–*complexity*). Гомеостатические системы не могут детерминировать устойчивость функций распределения $f(x)$ для получаемых подряд выборок. Вероятности непрерывно изменяются.

Ограниченность хаотического подхода в изучении гомеостатических систем – СТТ. Существует огромное количество накопленного эмпирического материала, который показывает невозможность повторения дважды начального состояния $x(t_0)$ всего вектора $x(t)$. Если любой процесс, включая и начальное состояние процесса или системы $x(t_0)$, невозможно повторить два раза, то всегда число n испытаний (всех) будет $n=1$, а число m испытаний с наступлением события A в виде $m=1$ будет единичным, т.е. система будет уникальной. Про такие системы Р. Пенроуз говорил «Что означает «вычислимость», когда в качестве входных и выходных данных допускаются непрерывно изменяющиеся параметры?». Пригожин подчёркивал, что уникальные системы не являются объектом науки, для них всегда частота события $P^*(A)=m/n=1$. Это означает, что все попытки применения методов статистики и теории вероятности к описанию уникальных СТТ–*complexity* не дают объективную информацию. Любая попытка получения выборки x_i на фоне якобы повторяющихся испытаний, когда условно считают $n > 1$ и $m > 1$ а СТТ якобы подчиняется статистике, наталкивается на реальную уникальность параметров ФСО и других гомеостатических СТТ. Доказательство этому тривиально – достаточно подряд получить n выборок x_i для СТТ и рассчитать для этих n выборок их функции распределения $f_j(x_i)$, где $j=1,2,...,n$. Оказывается, что для гомеостаза, при непрерывном и последовательном съеме

информации и получении наборов выборок $\{x_{ij}\}$, где j – номер выборки, мы будем наблюдать разные $f(x)$.

Выдающиеся физики современности, три нобелевских лауреата: *J.A. Wheeler*, *I.R. Prigogine* и *M. Gell-Mann* в ряде своих публикаций пытались отнести живые системы (в нашей интерпретации это гомеостатические СТТ – *complexity*) к системам с детерминированным хаосом. *J.A. Wheeler* – прямо указывал на эмерджентные системы как хаотические системы, *I.R. Prigogine* – пытался построить термодинамику неравновесных систем именно для живых систем (признав их позже уникальными системами), *Gell-Mann* прямо указывал на детерминированный хаос в динамике поведения *complexity*, сложных биосистем. Сейчас становится очевидным, что СТТ – это уникальные системы (это и признавал *Prigogine*) и они не являются объектом теории хаоса Лоренца–Арнольда.

Во-первых, по причине невозможности дважды произвольно повторить их начальные параметры в виде $x(t_0)$. Более того, как мы указали выше, невозможно повторение двух ближайших выборок u для этих (СТТ), т.е. получить одинаковую их функцию распределения $f(x)$. Для $x_i(t)$ каждая выборка уникальна на каждом интервале времени Δt_i и очень редко две функции $f(x)$ могут совпадать. Одновременно и все другие статистические характеристики СТТ неповторимы: в виде *амплитудно-частотных характеристик, автокорреляционных функций $A(t)$* и т.д. Известно, что хаос определяется для систем, у которых задание начальных параметров $x(t_0)$ не определяет дальнейшую динамику $x(t)$ и конечное состояние $x(t_\kappa)$. У СТТ мы не можем задать повторяемые (воспроизводимые) начальные параметры системы в виде $x(t_0)$, т.к. они не воспроизводимы и уникальны. Однако и дальнейшая динамика СТТ–*complexity* имеет особенности. В частности, мы не имеем для СТТ свойства перемешивания, т.к. всегда будем получать неравномерные распределения, статистические функции которых непрерывно будут изменяться.

Таким образом, меры неоднородны для СТТ а их автокорреляционные функции $A(t)$ не стремятся к нулю при возрастании времени t (при $t \rightarrow \infty$). Одновременно и константы Ляпунова λ_i хаотически изменяют знак при переходе от одной выборки к

другой. Это всё доказывает, что для СТТ нет равномерных распределений, а статистические функции распределения $f(x)$ непрерывно изменяют значения своих характеристик (моды изменяются, центильная оценка хаотически меняется). У гомеостатических систем нет предполагаемой стохастической устойчивости. Статистические параметры и характеристики ($f(x)$, АЧХ, $A(t)$ и др.) непрерывно изменяются, а признаки детерминированного хаоса в виде свойства перемешивания, положительных констант Ляпунова, $A(t) \rightarrow 0$ при $t \rightarrow \infty$ тоже отсутствует. Более того, из-за неповторимости $x(t_0)$ мы не можем задавать начальные параметры модели в виде моделей функционального анализа. Учитывая такие свойства СТТ–*complexity* были предложены модели в виде *квазиаттракторов*.

Для двух параметров КА (его объема V_G и координат его центра x_{ic}) были введены критерии существенных или несущественных изменений СТТ в виде их моделей (КА). Оказалось, что для гомеостатических систем V_G и x_{ic} они существенно не изменяются, если СТТ находятся в гомеостазе. При существенных изменениях гомеостаза СТТ демонстрирует эволюцию КА в фазовом пространстве. В этом случае центр второго КА₂ выходит за пределы размеров 1-го КА, или вообще КА₂ покидает пределы КА₁ полностью. Разработаны критерии такой эволюции СТТ в ФПС, которые представлены изменением объема V_G или движением центра КА в ФПС.

Эволюция гомеостатических систем в многомерных *фазовых пространствах состояний* может быть описана различными дифференциальными уравнениями и это показывает тесную связь между традиционным детерминистским подходом и разрабатываемой сейчас теорией гомеостатических систем с хаотической динамикой внутри КА в виде ТХС. Очевидна целесообразность описания особого хаоса СТТ–*complexity* в терминах *квазиаттракторов* (и их параметров). В этом случае эволюция СТТ будет представлена изменением статического состояния СТТ в ФПС в пределах наблюдаемого КА, параметры которого начинают существенно изменяться приблизительно в рамках функциональных зависимостей.

В целом, живые системы являются гомеостатическими *системами третьего типа*, для которых затруднительно использо-

вать традиционные статистические методы описания. Тем более, что для их вектора состояния $x(t)$ мы имеем непрерывное изменение параметров ($dx/dt \neq 0$ и $x_i \neq \text{const}$ непрерывно). При этом и одновременно для экспериментальных выборок СТТ имеем непрерывное изменение функций распределения $f(x)$ а вероятность получения двух одинаковых выборок (при двух последовательных регистрациях выборок) крайне мала ($p < 0,01$).

Гомеостатические системы весьма сложно описывать детерминированном хаосом, т.к. их автокорреляционные функции не стремятся к нулю и не выполняется свойство перемешивания (константы Ляпунова могут изменять знак для получаемых выборок). В этом случае вводится понятие *квазиаттрактора*, который имеет аналог принципа неопределенности Гейзенберга в квантовой механике. Одновременно для СТТ—*complexity* вводится и принцип относительности движения $x(t)$ в ФПС, когда с позиций *детерминизма* и *стохастики* $x(t)$ движется, а в рамках параметров *квазиаттракторов* особых изменений (движения КА) нет и наоборот, выборки могут статистически не различаться а их *квазиаттракторы* демонстрируют различия.

Вводится понятие эволюции СТТ как движение КА в *фазовом пространстве состояний*. Разработаны критерии существенных изменений параметров КА в ФПС, что отличает движение СТТ от физического движения (изменения) для детерминистских и стохастических систем. Для СТТ В.С. Степиным разработана методология постнеклассики, которая дополняет *теорию хаоса-самоорганизации* базисом философии науки. Именно такой (гомеостатический) подход мы показали в настоящей монографии на примере регуляции ССС, *кардиоинтервалов* и других параметров КРС.

Основная используемая литература

1. Адайкин В.И., Брагинский М.Я., Еськов В.М., Русак С.Н., Хадарцев А.А., Филатова 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., Добрынина И.Ю., Добрынин Ю.В., Еськов В.М., Лазарев В.В. Использование методов теории хаоса и синергетики в современной клинической кибернетике // Сибирский медицинский журнал (Иркутск). – 2006. – Т. 66, № 8. – С. 38-41.
3. Адайкин В.И., Добрынина И.Ю., Еськов В.М., Логинов С.И. Системный компартментно-кластерный анализ и синтез в биомедицинских исследованиях параметров организма человека на Севере РФ // Вестник новых медицинских технологий. – 2006. – Т. 13, № 3. – С. 181-183.
4. 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.
5. Адайкин В.И., Берестин К.Н., Глушук А.А., Лазарев В.В., Полухин В.В., Русак С.Н., Филатова О.Е. Стохастические и хаотические подходы в оценке влияния метеофакторов на заболеваемость населения на примере ХМАО-Югры // Вестник новых медицинских технологий. 2008. Т. 15. № 2. С. 7-9.
6. Ануфриев А.С., Еськов В.М., Назин А.Г., Полухин В., Третьяков С.А., Хадарцева К.А. Медико-биологическая трактовка понятия стационарных режимов биологических динамических систем // Вестник новых медицинских технологий. – 2008. – Т. 15, № 1. – С. 29-32.
7. 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.
8. Бахчина А.В., Парин С.Б., Полевая С.А. Динамика вегетативной регуляции кардиоритма при стрессогенных когнитивных, эмоциональных и физических нагрузках // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2013. – № 4. – С. 22.
9. Башкатова Ю.В., Карпин В.А., Кошечев В.П., Яхно В.Г., Антонец В.Г. Параметры квазиаттракторов сердечно-сосудистой системы испытуемых в условиях дозированной физической нагрузки // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2014. – № 4. – С. 4-11.
10. Башкатова Ю.В., Карпин В.А., Еськов В.В., Филатова Д.Ю. Статистическая и хаотическая оценка параметров кардиоинтервалов в условиях физической нагрузки // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2015. – № 2. – С. 5-10.
11. Берестин Д.К., Игуменов Д.С., Рассадина Ю.В., Шилиева О.С. Стохастическая обработка результатов хаотической динамики биомеханиче-

ских параметров человека // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2015. – № 1. – С. 31-39.

12. Берестин Д.К., Черников Н.А., Шакирова Л.С., Романчук А.Л., Козлов А.С. Математические модели эволюции антропометрических параметров учащихся югры и республики Башкортостан // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2015. – № 2. – С. 86-96.

13. Борисова О.Н., Живогляд Р.Н., Хадарцева К.А., Юргель Е.Н., Хадарцев А.А., Наумова Э.М. Сочетанное применение коронатеры и гирудотерапии при рефлекторной стенокардии в пожилом возрасте // Вестник новых медицинских технологий. – 2012. – Т. 19, № 1. – С. 95-98.

14. Борсуков А.В., Осипова Н.Н. Адаптационные возможности центральной нервной системы в современной информационной среде: клинико-психологический аспект // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2014. – № 4. – С. 12-22.

15. Брагинский М.Я., Еськов В.М., Русак С.Н., Шипилова Т.Н. Влияние хаотической динамики метеофакторов на показатели кардио-респираторной системы человека в условиях Севера // Вестник новых медицинских технологий. – 2006. – Т. 13, № 1. – С. 168-170.

16. Брагинский М.Я., Балтикова А.А., Козлова В.В., Майстренко Е.В. Исследование функциональных систем организма студентов Югры в условиях мышечной нагрузки методом фазового пространства // Современные наукоемкие технологии. – 2010. – № 12. – С. 23-24.

17. Брагинский М.Я., Еськов В.М., Лазарев В.В., Русак С.Н. Методы измерений соотношений между хаосом и стохастикой в оценке влияния динамики метеофакторов Югры на организм человека // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2010. – Т. 9, № 1. – С. 195-199.

18. Буров И.В., Филатов М.А., Филатова Д.Ю., Голушков В.Н. Анализ параметров психофизиологических функций учащихся Югры с помощью методов многомерных фазовых пространств // Современные наукоемкие технологии. – 2010. – № 12. – С. 12-13.

19. Буров И.В., Филатов М.А., Поскина Т.Ю., Стрельцова Т.В. Динамика параметров психофизиологических функций человека в условиях транширотных перемещений // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2015. – № 1. – С. 95-102.

20. Бурыкин Ю.Г., Химикова О.И., Эльман К.А., Проворова О.В. Сравнительная характеристика параметров variability сердечного ритма школьников Югры // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2015. – № 2. – С. 11-20.

21. 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. 70-88.

22. Ведясова О.А., Еськов В.М., Филатова О.Е. Системный компартментно-кластерный анализ механизмов устойчивости дыхательной ритмики млеко-

питающих. Монография; Российская акад. наук, Науч. совет по проблемам биологической физики. Самара, 2005. – 198 с.

23. Ведясова О.А., Еськов В.М., Живогляд Р.Н., Зуевская Т.В., Попов Ю.М. Соотношение между детерминистскими и хаотическими подходами в моделировании синергизма и устойчивости работы дыхательного центра млекопитающих // Вестник новых медицинских технологий. – 2005. – Т. 12, № 2. – С. 23-24.

24. Вохмина Ю.В., Еськов В.М., Гавриленко Т.В., Филатова О.Е. Изменение параметров порядка на основе нейросетевых технологий // Измерительная техника. – 2015. – № 4. – С. 65-68.

25. Вохмина Ю.В., Гавриленко Т.В., Зимин М.И., Балтикова А.А., Берестин Д.К. Модели сложных систем с позиций физики и теории хаоса-самоорганизации // Сложность. Разум. Постнекклассика. – 2013. – № 1. – С. 51-59.

26. Вохмина Ю.В., Бурыкин Ю.Г., Филатова Д.Ю., Шумилов С.П. Стохастические и хаотические оценки произвольных движений человека // Вестник новых медицинских технологий. – 2014. – Т. 21, № 2. – С. 10-15.

27. Вохмина Ю.В., Горбунов Д.В., Еськов В.В., Шадрин Г.А. Стохастическая и хаотическая оценка параметров энцефалограмм // Сложность. Разум. Постнекклассика. – 2015. – № 1. – С. 54-59.

28. Вохмина Ю.В., Григоренко В.В., Соколова А.А., Черников Н.А. Методы математической статистики в задачах анализа патологических состояний населения // Сложность. Разум. Постнекклассика. – 2015. – № 1. – С. 75-80.

29. 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. Постнекклассика. – 2012. – № 1. – С. 85-93.

30. Гавриленко Т.В., Хадарцев А.А., Дегтярев Д.А., Соколова А.А. Прогнозирование долгожительства у Российской народности ханты по хаотической динамике параметров сердечно-сосудистой системы // Сложность. Разум. Постнекклассика. – 2013. – № 3. – С. 5-12.

31. Гавриленко Т.В., Еськов В.М., Хадарцев А.А., Химикина О.И., Соколова А.А. Новые методы для геронтологии в прогнозах долгожительства коренного населения Югры // Успехи геронтологии. – 2014. – Т. 27, № 1. – С. 30-36.

32. Гавриленко Т.В., Вохмина Ю.В., Зимин М.И., Попов Ю.М. Математические основы глобальной неустойчивости биосистем // Сложность. Разум. Постнекклассика. – 2014. – № 1. – С. 54-58.

33. Гавриленко Т.В., Горбунов Д.В., Эльман К.А., Григоренко В.В. Возможности стохастики и теории хаоса в обработке миограмм // Сложность. Разум. Постнекклассика. – 2015. – № 1. – С. 48-53.

34. Газя Г.В., Болтаев А.В., Файзуллина И.Ф., Нигматуллин Д.И. Анализ параметров вектора состояния нейровегетативной системы работников завода по стабилизации газового конденсата, подверженных воздействию электро-

магнитного излучения промышленной частоты // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2015. – № 1. – С. 110-116.

35. 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.

36. Горбунов Д.В., Эльман К.А., Ястребов А.В., Гимадиев Б.Р. Энтропийный подход в оценке параметров кардиоинтервалов школьников при широтных перемещениях // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2015. – № 2. – С. 20-28.

37. Добрынина И.Ю., Еськов В.М., Живогляд Р.Н., Зуевская Т.В. Гирудотерапевтическое управление гомеостазом человека при гинекологических патологиях в условиях Севера РФ // Вестник новых медицинских технологий. – 2005. – Т. 12, № 2. – С. 25-27.

38. Добрынина И.Ю., Еськов В.М., Живогляд Р.Н., Чантурия С.М., Шипилова Т.Н. Системный кластерный анализ показателей функций организма женщин с опг-гестозом в условиях Севера РФ // Вестник новых медицинских технологий. – 2006. – Т. 13, № 4. – С. 61-62.

39. Добрынина И.Ю., Еськов В.М., Живогляд Р.Н., Чантурия С.М., Шипилова Т.Н. Особенности гестозов и нарушений углеводного обмена // Вестник новых медицинских технологий. – 2006. – Т. 13, № 3. – С. 14-16.

40. Добрынина И.Ю., Добрынин Ю.В., Еськов В.М., Коваленко Т.Н., Пиккулина С.Ю. Оптимизация применения препаратов небилет и сиофор («берлин-хеми») для лечения больных с артериальной гипертонией на фоне метаболического синдрома в амбулаторно-поликлинических условиях // Сибирский медицинский журнал (Иркутск). – 2006. – Т. 64, № 6. – С. 65-68.

41. 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.

42. Добрынина И.Ю., Добрынин Ю.В., Еськов В.М., Коваленко Т.Н. Системный анализ признаков дислипидемии, характеризующий биологические факторы адаптации у больных сахарным диабетом 2 типа с различными клиническими вариантами течения, постоянно проживающих в условиях Севера РФ // Вестник новых медицинских технологий. – 2006. – Т. 13, № 1. – С. 15-17.

43. Добрынина И.Ю., Дроздович Е.А., Еськов В.М. Оценка хаотичной динамики параметров вектора состояния организма человека с нарушениями углеводного обмена в аспекте теории адаптации // Вестник СурГУ. Медицина. - 2008. - № 1 (1). - С. 10-15.

44. 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.

45. Дудин Н.А., Еськов В.В., Сидоркина О.Н., Никитина Ю.В. Хаотическая динамика параметров гемостаза больных с критической ишемией

нижних конечностей // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2013. – № 2. – С. 3-12.

46. Джумагалиева Л.Б., Гудкова С.А., Еськов В.М., Хадарцев А.А. Философский подход в интерпретации стационарных режимов социальных систем // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2014. – № 1. – С. 37-48.

47. Еськов В.В., Живогляд Р.Н., Логинов С.И., Филатов М.А., Филатова О.Е. и др. Системный анализ, управление и обработка информации в биологии и медицине. Часть VII. Синергетический компартментно – кластерный анализ и синтез динамики поведения вектора состояния организма человека на Севере РФ в условиях саногенеза и патогенеза. // Под ред. В.М. Еськова. А.А. Хадарцева. – Самара: ООО «Офорт» (гриф РАН), 2008. – 161 с.

48. Еськов В.В., Еськов В.М., Карпин В.А., Филатов М.А. Синергетика как третья парадигма, или понятие парадигмы в философии и науке // Философия науки. – 2011. – № 4 (51). – С. 126-128.

49. 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.

50. Еськов В.В., Дудин Н.А., Бурькин Ю.Г., Филатова О.Е., Химиков А.В. Алгоритмы расчета параметров квазиаттракторов в оценке динамики вектора состояния организма хирургических больных // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2013. – № 3. – С. 65-77.

51. 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.

52. Еськов В.В., Рыбалка О.О., Синенко Д.В., Шевченко Н.Г. Биоинформационный анализ показателей функции внешнего дыхания у больных бронхиальной астмой с сопутствующим сахарным диабетом 2-го типа на фоне применения реабилитационных мероприятий // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2014. – № 2. – С. 29-33.

53. Еськов В.В., Джумагалиева Л.Б., Гудкова С.А., Филатова О.Е. Сложность в интерпретации И.Р. Пригожина и Г. Хакена отличается от сложности W.Weaver и теории хаоса-самоорганизации //Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2014. – № 3. – С. 46-55.

54. Еськов В.В., Гараева Г.Р., Синенко Д.В., Ворошилова А.М. Стохастика и хаос в оценке параметров порядка в восстановительной медицине // Сложность. Разум. Постнеклассика. – № 4. – 2014. – С. 87-100.

55. Еськов В.В., Гараева Г.Р., Эльман К.А., Горбунов Д.В., Третьяков С.А. Физиотерапия при гипертонической болезни с позиций хаотической динамики параметров ссс у пациентов // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. - 2014. - № 1. - С. 12.

56. Еськов В.В., Гараева Г.Р., Еськов В.М., Хадарцев А.А. Теория и практика восстановительной медицины (теория хаоса-самоорганизации в оценке эффективности методов восстановительной медицины) // Тула, 2015. – 160 с.

57. Еськов В.В., Журавлева А.А., Гудкова С.А., Филатова Д.Ю. Понятие complexity W. Weaver отличается от представлений современных учёных // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2015. – № 1. – С. 13-22.
58. Еськов В.В., Гараева Г.Р., Сагадеева С.Г., Синенко Д.В., Шакирова Л.С. Оценка эффективности кинезотерапии с позиции стохастики и хаоса // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2015. – № 1. – С. 89-95.
59. Еськов В.В., Гараева Г.Р., Синенко Д.В., Филатова Д.Ю., Третьяков С.А. Кинематические характеристики движения квазиаттракторов в оценке лечебных эффектов кинезотерапии // Вестник новых медицинских технологий. 2015. Т. 22. № 1. С. 128-136.
60. Еськов В.М., Филатова О.Е. Роль тормозных процессов в генерации дыхательной ритмики // Нейрофизиология. – 1993. – Т. 1. – № 6. – С. 421.
61. Еськов В.М. Введение в компартментную теорию респираторных нейронных сетей. М.: Наука, 1994. – 156 с.
62. Еськов В.М., Еськов В.В. Компартментный подход в исследованиях регуляторных процессов в сердечно-сосудистой системе жителей Севера // Вестник новых медицинских технологий. – 2002. – Т. IX, № 3. – С. 40.
63. Еськов В.М., Филатова О.Е. Проблема идентичности функциональных состояний нейросетевых систем // Биофизика. – 2003. – Т. 48, № 3. – С. 518-525.
64. Еськов В.М., Филатова О.Е., Карпин В.А., Папшев В.А. Экологические факторы Ханты-Мансийского автономного округа: Часть I. / Самара: ООО “Офорт”, 2004. (гриф РАН). – 168 с.
65. Еськов В.М. Экологические факторы Ханты-Мансийского автономного округа. Часть II Безопасность жизнедеятельности человека на севере РФ. / Самара: ООО “Офорт”, (гриф РАН), 2004. – 172 с.
66. Еськов В.М., Еськов В.В., Живогляд Р.Н., Попов Ю.М. Фазатон мозга в норме и при патологии // Вестник новых медицинских технологий. – 2004. – Т. 11, № 4. – С. 5-8.
67. Еськов В.М., Филатова О.Е., Фудин Н.А., Хадарцев А.А. Новые методы изучения интервалов устойчивости биологических динамических систем в рамках компартментно кластерного подхода // Вестник новых медицинских технологий. – 2004. – Т. 11., № 3. – С. 5-6.
68. 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.
69. Еськов В.М., Живогляд Р.Н., Папшев В.А., Попов Ю.М., Пашнин А.С. Системный анализ и компьютерная идентификация синергизма в биологических динамических системах // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2005. – Т. 4, № 1. – С. 108-111.
70. Еськов В.М., Живогляд Р.Н., Кулаев С.В., Папшев В.А. Использование нейрокомпьютеров в гинекологической практике // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2005. – Т. 4, № 1. – С. 74-77.

71. Еськов В.М. Методы измерения интервалов устойчивости биологических динамических систем и их сравнение с классическим математическим подходом в теории устойчивости динамических систем // Метрология. – 2005. – № 2. – С. 24-36.
72. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Филатова О.Е. Синергетика в клинической кибернетике. Часть I. Теоретические основы системного синтеза и исследований хаоса в биомедицинских системах (монография) / Под ред. А.И. Григорьева Самара: ООО “Офорт”, 2006. – 233 с.
73. Еськов В.М., Папшев В.А., Асташов С.В. Проблема точности измерений синергизма в биомеханических системах с позиций компартментно-кластерного подхода // Метрология. - 2006. - № 9. - С. 25-33.
74. Еськов В.М., Живогляд Р.Н., Хадарцев А.А., Чантурия С.М., Шипилова Т.Н. Идентификация параметров порядка при женских патологиях в аспекте системного синтеза // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2006. – Т. 5, № 3. – С. 630-633.
75. Еськов В.М., Зилов В.Г., Хадарцев А.А. Новые подходы в теоретической биологии и медицине на базе теории хаоса и синергетики // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2006. – Т. 5. – № 3. – С. 617-622.
76. Еськов В.М., Филатова О.Е., Третьяков С.А. Разработка новых методов идентификации параметров порядка - основная задача современного системного синтеза и синергетики в целом // Вестник новых медицинских технологий. – 2007. – Т. XIV. – № 1. – С. 193-196.
77. Еськов В.М., Майстренко В.И., Майстренко Е.В., Филатов М.А., Филатова Д.Ю. Исследование корреляции показателей функциональной асимметрии полушарий головного мозга с результатами учебной деятельности учащихся // Вестник новых медицинских технологий. – 2007. – Т. 14, № 3. – С. 205-207.
78. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Филатова О.Е. Синергетика в клинической кибернетике. Часть II. Особенности саногенеза и патогенеза в условиях Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. (монография) / Под ред. Григорьева А.И. Самара: ООО “Офорт”, 2007. – 292 с.
79. Еськов В.М., Логинов, Л.В., Коваленко 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., № 2. – С. 10-12.
80. Еськов В.М., Логинов С.И., Мальков М.Н., Филатова О.Е. Сравнительный анализ адаптивных реакций кардио-респираторной системы детей в весенний и летний периоды с позиции теории хаоса и синергетики // Вестник новых медицинских технологий. – 2007. – Т. XIV. – № 4. – С. 10-12.
81. Еськов В.М. Системные подходы в биологии и медицине (системный анализ, управление и обработка информации). / В.И. Стародубов [и др.]; под ред. А.А. Хадарцева, В.М. Еськова, А.А. Яшина, К.М. Козырева. – Тула: ООО РИФ «ИНФРА», 2008. – 372 с.

82. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Аушева Ф.И. и др. Системный анализ, управление и обработка информации в биологии и медицине. Под редакцией В. М. Еськова и А. А. Хадарцева. Самара, 2008. Том Часть VII Синергетический компартментно-кластерный анализ и синтез динамики поведения вектора состояния организма человека на Севере РФ в условиях саногенеза и патогенеза: Самара: Офорт, 2008. – 159 с.

83. Еськов В.М., Климов О. В., Филатова О. Е. Состояние функций организма учащихся Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. – Сургут, 2008. – 163 с.

84. Еськов В.М., Филатова О.Е., Филатов М.А., Химикова О.И. Системный анализ параметров сенсомоторных реакций учащихся - представителей пришлого и коренного населения Югры // Вестник новых медицинских технологий. - 2008. - Т. 15, № 4. - С. 206-208.

85. 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.

86. 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.

87. Еськов В.М., Королёв В.В., Полухин В.В., Пятин В.Ф., Широлапов И.В. Динамика параметров аттракторов движения вектора состояния организма пожилых женщин под действием двенадцатинедельной вибрационной физической нагрузки // Вестник новых медицинских технологий. - 2009. - Т. 16, № 3. - С. 66-69.

88. Еськов В.М., Андреевских М.А., Карпин В.А., Полухин В.В. Анализ параметров квазиаттракторов вектора состояния организма работников железнодорожного транспорта // Информатика и системы управления. - 2009. - № 4. - С. 47-49.

89. Еськов В.М., Адайкин В.И., Добрынин Ю.В., Полухин В.В., Хадарцева К.А. Насколько экономически эффективно внедрение методов теории хаоса и синергетики в здравоохранение // Вестник новых медицинских технологий. - 2009. - Т. 16, № 1. - С. 25-28.

90. Еськов В.М., Андреевских М.А., Мишина Е.А., Полухин В.В. Состояние функций работников железной дороги в условиях Севера РФ с позиций синергетики // Вестник новых медицинских технологий. - 2009. - Т. 16, № 1. - С. 29-30.

91. Еськов В.М., Еськов В.В., Филатова О.Е. Способ корректировки лечебного или лечебно-оздоровительного воздействия на пациента // патент на изобретение RUS 2433788 01.02.2010.

92. Еськов В.М., Еськов В.В., Козлова В.В., Филатов М.А. Способ корректировки лечебного или физкультурно-спортивного воздействия на организм человека в фазовом пространстве состояний с помощью матриц расстояний // патент на изобретение RUS 2432895 09.03.2010.

93. Еськов В.М., Брагинский М.Я., Козлова В.В., Майстренко Е.В. Диагностика физиологических функций женщин-пловцов Югры методом расчета матриц межкластерных расстояний // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2010. – Т. 9, № 3. – С. 500-504.

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

95. 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.

96. Еськов В.М., Филатов М.А., Добрынин Ю.В., Еськов В.В. Оценка эффективности лечебного воздействия на организм человека с помощью матриц расстояний // Информатика и системы управления. – 2010. – № 2. – С. 105-108.

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

98. Еськов В.М., Еськов В.В., Хадарцев А.А., Филатов М.А., Филатова Д.Ю. Метод системного синтеза на основе расчета межаттракторных расстояний в гипотезе равномерного и неравномерного распределения при изучении эффективности кинезотерапии // Вестник новых медицинских технологий. – 2010. – Т. 17, № 3. – С. 106-110.

99. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Еськов В.В., Филатова О.Е. Флуктуации и эволюции биосистем – их базовые свойства и характеристики при описании в рамках синергетической парадигмы // Вестник новых медицинских технологий. – 2010. – Т. 17, № 1. – С. 17-19.

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

101. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Еськов В.В., Филатова О.Е. Синергетические проблемы современной медицины // Синергетика природных, технических и социально-экономических систем. – 2010. – № VIII. – С. 19-24.

102. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Еськов В.В., Филатова О.Е. Синергетическая парадигма и компартментно-кластерный подход в изучении биосистем // Синергетика природных, технических и социально-экономических систем. – 2010. – № VIII. – С. 32-36.

103. Еськов В.М., Еськов В.В., Петровский Ф.И., Устименко А.А. Анализ матриц межаттракторных расстояний параметров физиологических функций больных в условиях кинезотерапии // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2010. – Т. 9. – № 3. – С. 687-691.

104. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Еськов В.В., Филатова О.Е. Изучение сложных медико-биологических систем с позиций синергетического подхода //

Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2010. – Т. 9. – № 4. – С. 787-791.

105. Еськов В.М., Еськов В.В., Хадарцев А.А., Филатов М.А., Филатова Д.Ю. Метод системного синтеза на основе расчета межаттракторных расстояний в гипотезе равномерного и неравномерного распределения при изучении эффективности кинезитерапии // Вестник новых медицинских технологий. – 2010. – Т. 17. – № 3. – С. 106-110.

106. Еськов В.М., Филатов М.А., Мишина Е.А., Филатова Д.Ю. Анализ психофизиологических функций человека управляющего сложными автоматизированными системами с помощью искусственных нейронных сетей // Ученые заметки ТОГУ. – 2010. – Т. 1, № 1. – С. 1-4.

107. Еськов В.М., Еськов В.В., Филатова О.Е., Филатов М.А. Корректировка лечебного или лечебно-оздоровительного воздействия с помощью фазовых пространств состояний // Информатика и системы управления. – 2010. – № 2. – С. 16-18.

108. Еськов В.М. Третья парадигма. – Самара: ООО «Офорт», 2011. – 249 с.

109. 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.

110. 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.

111. Еськов В.М. Системный анализ, управление и обработка информации в биологии и медицине. Часть X. Динамика поведения вектора состояния организма жителей Югры в условиях нормы и патологии. / Под ред В.М. Еськова, А.А. Хадарцева. – Самара: Изд-во ООО «Офорт» (гриф РАН). – 2012. – 186 с.

112. Еськов В.М., Попов Ю.М., Филатова О.Е. Третья парадигма и представления И.Р. Пригожина и Г. Хакена о сложности и особых свойствах биосистем // Вестник новых медицинских технологий. – 2012. – Т. 19, № 2. – С. 416-418.

113. Еськов В.М., Балтикова А.А., Буров И.В., Гавриленко Т.В., Пашнин А.С. Можно ли моделировать и измерять хаос в медицине? // Вестник новых медицинских технологий. – 2012. – Т. 19, № 2. – С. 412-414.

114. Еськов В.М., Буров И.В., Филатова О.Е., Хадарцев А.А. Основы биоинформационного анализа динамики микрохаотического поведения биосистем // Вестник новых медицинских технологий. – 2012. – Т. 19, № 1. – С. 15-18.

115. Еськов В.М., Буров И.В., Козлова В.В., Волкова И.Ю., Яруллина Л.Н. Оценка физиологических параметров человека в условиях влияния физических нагрузок методом расчета расстояний между центрами квазиаттракторов // Вестник новых медицинских технологий. – 2012. – Т. 19, № 1. – С. 13-15.

116. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Каменев Л.И. Новые биоинформационные подходы в развитии медицины с позиций третьей парадигмы (персонифицированная медицина - реализация законов третьей парадигмы в медицине) // Вестник новых медицинских технологий. – 2012. – Т. 19, № 3. – С. 25-28.
117. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Карпин В.А., Попов Ю.М. Горизонты будущего и Мануэль Кастеллс: реальности и иллюзии относительно информационной технологии, глобального капитализма и сетевого общества // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2012. – № 1. – С. 71-84.
118. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Филатова О.Е., Хадарцева К.А. Около-суточные ритмы показателей кардиореспираторной системы и биологического возраста человека // Терапевт. – 2012. – № 8. – С. 36-43.
119. 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.
120. Еськов В.М., Зимин М.И., Даниелян В.В., Гудкова С.А., Джумагаalieva Л.Б. Философия и науки о жизни. Детерминизм, стохастика и хаос (самоорганизация) в описании жизни. // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2013. – № 1. – С. 25-38.
121. Еськов В.М., Филатова О.Е., Попов Ю.М., Майстренко Е.В. Градация произвольности в физиологии и медицине – эффекты управления хаосом // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2013. – № 1. – С. 59-67.
122. Еськов В.М., Гавриленко Т.В., Дегтярев Д.А., Еськов В.В. Хаотическая динамика параметров кардио-респираторной системы человека при обширных термических воздействиях // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2013. – Т. 12. – № 1. – С. 21-25.
123. 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. 67-82.
124. Еськов В.М., Ушаков В.Ф., Ефимова О.В., Конрат О.Н. Матрицы межаттракторных расстояний в оценке эффективности лечения больных с микст - патологией постоянно проживающих в условиях Севера // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2013. – № 2. – С. 13-20.
125. Еськов В.М., Попов Ю.М., Вохмина Ю.В. Синергетика – завершающая стадия развития общей теории систем (ОТС) // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2013. – № 2. – С. 29-41.
126. Еськов В.М. Физика и теория хаоса – самоорганизации в изучении живого и эволюции разумной жизни // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2013. – № 2. – С. 77-95.
127. 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.

128. Еськов В.М., Еськов В.В., Ушаков В.Ф., Конрат О.Н. Метод многомерных фазовых пространств в оценке эффективности профилактики холододового бронхообструктивного синдрома // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2013. – № 3. – С. 21-29.
129. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Еськов В.В., Гавриленко Т.В., Филатов М.А. Complexity – особый тип биомедицинских и социальных систем // Вестник новых медицинских технологий. – 2013. – Т. 20, № 1. – С. 17-22.
130. Еськов В.М., Карпин В.А., Еськов В.В., Шувалова О.И. Методы многомерных фазовых пространств в оценке эффективности комплексного лечения артериальной гипертензии // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2013. – Т. 12, № 3. – С. 622-626.
131. Еськов В.М., Королев В.В., Хадарцев А.А., Фудин Н.А. Моделирование динамики движения вектора состояния организма человека в условиях импульсной гипергравитационной физической нагрузки // Вестник новых медицинских технологий. – 2013. – Т. 20, № 4. – С. 16-24.
132. Еськов В.М. Насколько близко И.Р. Пригожин, Н. Haken и С.П. Курдюмов подошли к пониманию неизбежности ТХС // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2014. – № 3. – С. 39-46.
133. 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.
134. Еськов В.М., Гавриленко Т.В., Вохмина Ю.В. и др. Измерение хаотической динамики двух видов теппинга как произвольных движений // Метрология. – 2014. – № 6. – С. 28-35.
135. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Еськов В.В., Филатов М.А. Моделирование когнитивной и эвристической деятельности мозга с помощью нейроэмуляторов // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2014. – № 1. – С. 62-70.
136. 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.
137. Еськов В.М., Еськов В.В., Филатова Д.Ю., Нехайчик С.В. Новый метод использования нейроэмуляторов в психофизиологии // Вестник новых медицинских технологий. – 2014. – Т. 21, № 3. – С. 7-12.
138. Еськов В.М., Филатова О.Е., Еськов В.В., Филатов М.А., Хадарцев К.А. Состояние функциональных систем организма человека по данным математического моделирования возрастных особенностей // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. – 2014. – № 1. – С. 2.
139. Еськов В.М. Третья глобальная парадигма в медицине, математике и философии // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2015. – № 1. – С. 6-12.
140. Еськов В.М., Еськов В.В., Гавриленко Т.В., Вохмина Ю.В. Нестационарная стационарность систем третьего типа и философия неустойчивости // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2015. – № 2. – С. 65-74.

141. Еськов В.М., Еськов В.В., Гавриленко Т.В., Вохмина Ю.В. Кинематика биосистем как эволюция: стационарные режимы и скорость движения сложных систем – complexity // Вестник Московского университета. Серия 3: Физика. Астрономия. – 2015. – № 2. – С. 62-73.
142. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Филатова О.Е., Хадарцева К.А. Вегетативная нервная система и функциональная асимметрия в геронтологии (обзор литературы) // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. – 2015. – № 1. – С. 3-5.
143. 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. – Т. 22, № 1. – С. 143-152.
144. Еськов В.М., Филатова О.Е., Проворова О.В., Химикова О.И. Нейроэмуляторы при идентификации параметров порядка в экологии человека // Экология человека. – 2015 - № 5 – С. 57-60.
145. Еськов В.М., Полухин В.В., Дерпак В.Ю., Пашнин А.С. Математическое моделирование произвольных движений в норме и при патологии // Сложность. Разум. Постнеклассика. - 2015. - № 2. - С. 75-86.
146. Живогляд Р.Н., Хадарцева К.А., Живаева Н.В., Сорокина Л.С. Хаотическая динамика параметров нейровегетативной системы жителей югры в норме и при патологии // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2014. – № 3. – С. 17-24.
147. Зимин М.И., Гавриленко Т.В., Берестин Д.К., Черников Н.А. Определение принадлежности объекта к хаотическим системам на основе метода структурной минимизации риска // Сложность. Разум. Постнеклассика. – № 4. – 2014. – С. 63-86.
148. Казютинский В.В. Концепция глобального эволюционизма в научной картине мира // О современном статусе идеи глобального эволюционизма. – М.: Институт философии АН СССР, 1986. – С.70.
149. Кальвин М. Химическая эволюция. – М.: Мир, 1971. – С. 240.
150. Карпин В.А. Актуальные проблемы северной магнитобиологии монография / В.А. Карпин, В.В. Полухин, Н.К. Кострюкова. Москва, 2012. – 148 с.
151. Карпин В.А., Филатова О.Е., Солтыс Т.В., Соколова А.А., Башкарова Ю.В., Гудков А.Б. Сравнительный анализ и синтез показателей сердечно-сосудистой системы у представителей арктического и высокогорного типов // Экология человека. – 2013. – № 7. – С. 3-9.
152. Карпин В.А., Филатов М.А. Самоорганизация как онтологическое основание биологической эволюции // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2013. – № 2. – С. 21-28.
153. Карпин В.А., Еськов В.В., Гудков А.В. Философско-методологические основания теории хронического патологического процесса в аспекте синергетической парадигмы // Сложность. Разум. Постнеклассика. - 2013. - № 3. - С. 46-54.

154. Карпин В.А. Синергетический сциентизм и социальная картина мира. // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2014. – № 1. – С. 34-41.
155. Карпин В.А., Гудкова С.А., Живогляд Р.Н., Козупица Г.С. Типы научной рациональности в аспекте трёх парадигм // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2015. – № 1. – С. 22-30.
156. Карпин В.А., Башкатова Ю.В., Коваленко Л.В., Филатова Д.Ю. Состояние сердечно-сосудистой системы тренированных и нетренированных студентов с позиции стохастики и теории хаоса // Теория и практика физической культуры. - 2015. - № 3. - С. 83-85.
157. Картер Б. Совпадение больших чисел и антропологический принцип в космологии // Космология: теория и наблюдения. – М., 1978. – С. 370.
158. Козлова В.В., Голушков В.Н., Ведясова О.А., Майстренко Е.В. Измерение расстояний между центрами квазиаттракторов вектора состояния организматренированных и нетренированных г. Самары и г. Сургута // Ученые заметки ТОГУ. – 2010. – Т. 1, № 1. – С. 27-30.
159. Козлова В.В., Берестин Д.К., Нехайчик С.М., Прасолова А.А. Использование нейро-эвм в оценке хаотической динамики параметров нервно-мышечной системы человека при различных акустических воздействиях // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2014. – № 2. – С. 13-28.
160. Козлова В.В., Пахомов А.А., Болотов С.Э., Глазова О.А. Анализ динамики параметров нервно-мышечной системы организма человека в условиях локального холодового воздействия в разные сезоны года в рамках теории хаоса-самоорганизации // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2014. – № 3. – С. 4-17.
161. Козлова В.В., Прасолова А.А., Пахомов А.А., Сорокина А.С. Стохастическая и хаотическая оценка динамики параметров сердечно-сосудистой системы человека при трансширотных перемещениях // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2015. – № 1. – С. 102-110.
162. Козлова В.В., Белощенко Д.В., Пахомов А.А., Умаров Б.К. Энтропийный подход в оценке сезонной динамики параметров нервно-мышечной системы человека при влиянии локального холодового воздействия // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2015. – № 2. – С. 38-47.
163. Козупица Г.С., Филатов М.А., Гудков А.В., Гудкова С.А., Джумагаalieва Л.Б. Наука, псевдонаука, ..., ненаука, лженаука, антинаука. Место синергетики в этой последовательности. // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2012. – №1. – С. 57-69.
164. Козупица Г.С., Даянова Д.Д., Бурыкин Ю.Г., Берестин Д.К. Компарментно-кластерное моделирование неопределённости в рамках детерминизма. Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2014. – № 2. – С. 68-80.
165. Комиссаров Г.Г., Рубцова Н.А. Цепные процессы в когнитивной динамике // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2014. – № 1. – С. 70-78.
166. Логинов С.И., Ветошников А.Ю., Кинтяхин А.С., Снигирев А.С. Биомеханическое исследование локомоторной активности человека с помощью датчиков регистрации движений с позиций теории хаоса и самоорганиза-

ции сложных систем // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2014. – № 1. – С. 4-13.

167. Майстренко Е.В., Еськов В.М., Майстренко В.И., Берестовая А.Ф. Сравнительный анализ параметров функциональной асимметрии полушарий и вегетативной нервной системы учащихся // Информатика и системы управления. – 2009. – № 4. – С. 63-65.

168. Нифонтова О.Л., Привалова А.Г., Власова С.В., Юсифов Ю.А. Биоинформационный анализ хаотической динамики положения электрической оси сердца учащихся Югры // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2013. – № 3. – С. 30-34.

169. Нуйдель И.В., Соколов М.Е., Яхно В.Г. Универсальная схема взаимодействия нейронных модулей для функционального моделирования процессов обработки информации // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2013. – № 4. – С. 33.

170. Пашнин А.С., Клюс И.В., Берестин Д.К., Умаров Э.Д. Компартментно-кластерная теория биосистем // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2013. – № 2. – С. 57-76.

171. Полухин В.В., Коваленко Е.В., Карпин В.А., Бурмасова А.В., Шувалова О.И. Опыт восстановительного лечения работников Сургутского отделения Свердловской железной дороги // Актуальные проблемы современной науки. – 2013. – № 3 (71). – С. 296-299.

172. Попов Ю.М., Берестин Д.К., Вохмина Ю.В., Хадарцева К.А. Возможность стохастической обработки параметров систем с хаотической динамикой // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2014. – № 2. – С. 59-67.

173. Пряхин В.Ф. Когнитивные исследования и глобальные проблемы современности. // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2013. – №4. – С. 35-44.

174. Ратушняк А.С., Запара Т.А., Проскура А.Л. Проблемы и перспективы когнитивных исследований и разработок // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2013. – № 4. – С. 11.

175. Розенберг Г.С. Размышления о принципах симметрии в экологии. // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2014. – № 3. – С. 32-41.

176. 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.

177. Русак С.Н., Козупица Г.С., Филатова О.Е., Еськов В.В., Шевченко Н.Г. Динамика статуса вегетативной нервной системы у учащихся младших классов в погодных условиях г. Сургута // Вестник новых медицинских технологий. – 2013. – Т. 20, № 4. – С. 92-95.

178. Русак С.Н., Козлова В.В., Семerez О.Б., Умаров Э.Д., Непран В.А. Параметры квазиаттракторов поведения вектора состояния нейро-вегетативной системы тренированных и нетренированных студентов Югры в условиях дозированных физических нагрузок // Вестник новых медицинских технологий. – 2013. – Т. 20, № 2. – С. 459-461.

179. Русак С.Н., Козупица Г.С., Буров И.Г., Митющенко Н.А. Хаотическая динамика метеофакторов в условиях азиатского Севера РФ (на примере ХМАО-Югры) // Сложность. Разум. Постнекклассика. – 2013. – № 3. – С. 13-20.
180. 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. Постнекклассика. – 2014. – № 3. – С. 24-28.
181. Степанова Д.И., Еськов В.В., Гришаева Ю.Е., Волкивская Е.Д. Синергетические методы восстановительной медицины // Синергетика природных, технических и социально-экономических систем. - 2011. - № 9. - С. 33-36.
182. Утробин В.А. Физико-математические интерпретации прогнозирующего восприятия и поведенческих свойств живых систем // Сложность. Разум. Постнекклассика. – 2013. – № 3. – С. 78-89.
183. Ушаков В.В., Синенко Д.В. Оптимизация программы диспансеризации и реабилитации больных в Югре методами теории хаоса-самоорганизации на примере заболеваний легких // Сложность. Разум. Постнекклассика. – 2014. – № 4. – С. 22-33.
184. Филатов М.А., Сорокина С.Ю., Филатова Д.Ю., Хисамова А.В. Системный анализ квазиаттракторов параметров вектора состояния психофизиологических функций человека на Севере // Информатика и системы управления. - 2009. - № 4. - С. 15-17.
185. Филатов М.А., Филатова Д.Ю., Химикова О.И., Романова Ю.В. Метод матриц межаттракторных расстояний в идентификации психофизиологических функций человека // Сложность. Разум. Постнекклассика. – 2012. – № 1. – С. 20-24.
186. Филатов М.А., Филатова Д.Ю., Химикова О.И., Романова Ю.В., Нехайчик С.В. Метод матриц межаттракторных расстояний в идентификации психофизиологических функций человека // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. - 2013. - № 1. - С. 16.
187. Филатов М.А., Филатова Д.Ю., Поскина Т.Ю., Стрельцова Т.В. Методы теории хаоса-самоорганизации в психофизиологии // Сложность. Разум. Постнекклассика. – 2014. – № 1. – С. 17-33.
188. Филатов М.А., Филатова Д.Ю., Сидоркина Д.А., Нехайчик С.М. Идентификация параметров порядка в психофизиологии // Сложность. Разум. Постнекклассика. – 2014. – № 2. – С. 4-13.
189. Филатов М.А., Стрельцова Т.В., Поскина Т.Ю., Сидоренко Д.А. Параметры когнитивных функций учащихся Югры // Сложность. Разум. Постнекклассика. – 2015. – № 2. – С. 28-38.
190. Филатова Д.Ю., Вохмина Ю.В., Гараева Г.Р., Синенко Д.В., Третьяков С.А. Неопределенность 1-го рода в восстановительной медицине // Вестник новых медицинских технологий. - 2015. - Т. 22, № 1. - С. 136-143.
191. Филатова О.Е., Химикова О.И., Филатов М.А., Волохова М.А. Системный анализ и синтез параметров вектора состояния анализаторов у школьников Югры // Информатика и системы управления. - 2009. - № 4. - С. 67-69.

192. Филатова О.Е., Хадарцев А.А., Гавриленко Т.В., Пашнин А.С. Концепт определённости: реквием по Warren Weaver (“Science and Complexity”) и И.Р. Пригожину (“The Die Is Not Cast”) // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2012. – № 1. – С. 6-19.
193. Филатова О.Е., Хадарцев А.А., Еськов В.В., Филатова Д.Ю. Неопределённость и непрогнозируемость - базовые свойства систем в биомедицине // Сложность. Разум. Постнеклассика. - 2013. - № 1. - С. 68-83.
194. Филатова О.Е., Проворова О.В., Волохова М.А. Оценка вегетативного статуса работников нефтегазодобывающей промышленности с позиции теории хаоса и самоорганизации // Экология человека. – 2014. – № 6. – С. 16-19.
195. Филатова О.Е., Ватамова С.Н., Третьяков С.А., Устименко А.А., Нифонтова О.Л. Термодинамический и хаотический подходы в оценке возрастной динамики сердечно-сосудистой системы женщин-ханты // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. - 2014. - № 1. - С. 14.
196. Филатова О.Е., Хадарцев А.А., Хадарцева К.А., Еськов В.В. Два типа подходов в развитии персонализированной медицины // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2015. – № 1. – С. 81-88.
197. Филатова О.Е., Соколова А.А., Проворова О.В., Родионов В.И. Хаотический анализ параметров сердечно-сосудистой системы аборигенов и пришлого женского населения Югры // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2015. – № 1. – С. 117-124.
198. Филатова О.Е., Соколова А.А., Проворова О.В., Волохова М.А. Возрастные изменения сердечно-сосудистой системы аборигенов и пришлого женского населения Севера РФ // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2015. – № 2. – С. 47-54.
199. Филатова О.Е., Хадарцева К.А., Соколова А.А. и др. Сердечно-сосудистая система аборигенов и пришлого населения севера РФ: модели и возрастная динамика // Вестник новых медицинских технологий– 2015 – Т. 22, №2 – С. 43-50.
200. Хадарцева К.А., Вохмина Ю.В., Джумагалиева Л.Б., Филатова О.Е. Философские аспекты понятия гомеостаза для биосистем: от организма человека к социумам и биосфере земли // Сложность. Разум. Постнеклассика. - 2014. - № 2. - С. 34-44.
201. Хадарцев А.А., Еськов В.М., Винокуров Б.Л., Морозов В.Н. и др. Восстановительная медицина: монография / Под ред. А.А. Хадарцева, С.Н. Гонтарева, В.М. Еськова. – Тула: Изд-во ТулГУ – Белгород: ЗАО «Белгородская областная типография», 2010. – Т. I. – 298 с.
202. Хадарцев А.А., Еськов В.М., Воронцова З.А. Дискурс и синергетика. // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2013. – № 1. – С. 4-12.
203. Хадарцев А.А., Филатова О.Е., Джумагалиева Л.Б., Гудкова С.А. Понятие трех глобальных парадигм в науке и социумах // Сложность. Разум. Постнеклассика. - 2013. - № 3. - С. 35-45.

204. Хадарцев А.А., Троицкий А.С., Аксенова Д.С. Физиологические основы восприятия золотого сечения в художественном творчестве с позиций синергетики // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2013. – № 1. – С. 39-50.
205. Хадарцев А.А., Еськов В.М., Ушаков В.Ф., Еськов В.В. Управление программой диспансеризации и реабилитации больных хронической обструктивной болезнью легких // Терапевт. - 2013. - № 7. - С. 4-15.
206. Хадарцев А.А., Еськов В.М. Внутренние болезни с позиции теории хаоса и самоорганизации систем // Терапевт. - 2015. - № 1. - С. 35-42.
207. Хадарцев А.А., Еськов В.М., Филатова О.Е., Хадарцева К.А. Пять принципов функционирования сложных систем, систем третьего типа // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. – 2015. – № 1. – С. 1-2.
208. Хакен Г. Синергетика. Иерархия неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах. М., 1985.
209. Хакен Г. Принципы работы головного мозга – М.: Изд-во PerSe. – 2001.– 352 с.
210. Хакен Г. Синергетика как мост между естественными и социальными науками (перевод Е.Н. Князевой) // В сб. Синергетическая парадигма. Человек и общество в условиях нестабильности. - Москва: Прогресс-Традиция, 2003. - С. 106-123.
211. Эбелинг В. Образование структур при необратимых процессах: введение в теорию диссипативных структур / Перевод с немецкого А.С. Доброславского под ред. проф. Ю.Л. Климонтовича.– М.: Изд-во «Мир», 1979.– 277 с.
212. Castells M. The Rise of the Network Society, The Information Age: Economy, Society and Culture. Vol. I. 2000. Cambridge, MA; Oxford, UK: Blackwell.
213. Castels M. End of Millennium, The Information Age: Economy, Society and Culture. 2000. Vol. III. Cambridge, MA; Oxford, UK: Blackwell.
214. Castels M. The Power of Identity, The Information Age: Economy, Society and Culture. 2004. Vol. II. Cambridge, MA; Oxford, UK: Blackwell.
215. Eskov V.M., Filatova O.E., Kozlov A.P., Papshev V.A. Measurement of variable parameters of biological objects in motion // Measurement Techniques.– 1996.– Vol.39.– № 4.– P.443–447.
216. Churchland M.M, Cunningham J.P., Kaufman M.T, Foster J. D., Nuyujukian P, Ryu S. I., Shenoy K. V. Neural population dynamics during reaching // Nature. – 2012. – Vol. 487. – P. 51-58.
217. Eskov V.M., Zaslavsky B.G. Periodical activity of the respiratory neuron network // Neural Network World. – 1993. – No.4. – P. 425-442.
218. Eskov V.M., Filatova O.E., Ivashenko V.P. Computer identification of compartmental neuron circuits // Measurement Techniques. – 1994. –Vol. 37, No. 8. – P. 967-971.

219. Eskov V.M., Filatova O.E. Computer diagnostics of the compartmentation of dynamic systems // *Measurement Techniques*. - 1994. - T. 37, № 1. - C. 114.
220. Eskov V.M. Hierarchical respiratory neuron networks // *Modelling, Measurement & Control*. - 1995. - Vol. 48, No. 2. - P. 47-63.
221. Eskov V.M. Models of hierarchical respiratory neuron networks // *Neurocomputing*. - 1996. - Vol. 11. - P. 203-226.
222. Eskov V.M. Compartmental theory of the respiratory neuron networks with a simple structure // *Neural Network World*. - 1998. - Vol. 8, No.3. - P. 353-364.
223. Eskov V.M., Filatova O.E. Compartmental approach to the modeling of neuron net works. The rolf of excitatory and inhibitory processes // *Biophysics*. - 1999. - Vol. 44, No. 3. - P. 518-525.
224. Eskov V.M., Filatova O.E. Problem of identity of functional states in neuronal networks // *Biophysics*. - 2003. - Vol. 48.- No. 3. - P. 497-505.
225. Eskov V.M., Papshev V.A., Eskov V.V., Zharkov D.A. Measuring biomedical parameters of human extremity tremor // *Measurement Techniques*. - 2003. - Vol. 46, No 1. - P. 93.
226. Eskov V.M., Papshev V.A., Klimov O.V., Zharkov D.A. Investigation of the synergetic property of biomechanical mamalia system with computing using // В сборнике: MS'2004 - International Conference on Modelling and Simulation sponsors: Belarusian Fund of Fundamental Research, Belarus, Belarusian State University, Belarus; editors: V. Krasnoproshin, J.G. Aluja. Minsk, - 2004. - C. 66-69.
227. Eskov V.M., Kulaev S.V., Popov Yu. M., Filatova O.E. Computer technologies in stability measurements on stationary states in dynamic biological systems// *Measurement Techniques*. - 2006. - Vol. 49, No. 1. - P. 59-65.
228. Eskov V.M., Eskov V.V., Filatova O.E. Characteristic features of measurements and modeling for biosystems in phase spaces of states // *Measurement Techniques (Medical and Biological Measurements)*. - 2010. - Vol. 53 (12). - P. 1404-1410.
229. Eskov V.M., Eskov V.V., Filatova O.E. Medical and Biological Measurements: Characteristic features of measurements and modeling for biosystems in phase spaces of states // *Measurement Techniques*. - 2011. - Vol. 53 (12). - P. 1404-1410.
230. 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 effort // *Measurement Techniques*. - 2011. - Vol.54, No.7. - P. 832-837.
231. Eskov V.M., Gavrilenko T.V., Kozlova V.V., Filatov M.A. Measurement of the dynamic parameters of microchaos in the be-havior of living biosystems // *Measurement Techniques*. - 2012. - Vol.55. - No. 9. - P.1096- 1101.
232. Eskov V.M., Eskov V.V., Filatova O.E., Filatov M.A. Two types of systems and three types of paradigms in systems philosophy and system science // *J. Biomedical Science and Engineering*. - 2012. - Vol.5, No. 10. - P. 602-607.

233. 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. 6, P. 847-853.
234. 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. – Vol.3, - P. 67-74.
235. 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. – Vol. 16, No. 2. – P. 107-115.
236. Eskov V.M., Eskov V.V., Gavrilenko T.V., Zimin M.I. Uncertainty in quantum mechanics and biophysics of complex systems // Moskow University Physics Bulletin 5. – 2014. – P. 41-46.
237. Filatova O.E. Identification of respiratory neuron networks with a simple structure // Neural Network World. - 1998. - T. 8, № 3. - C. 329-336.
238. Gell-Mann M Fundamental Sources of Unpredictability // Complexity. – 1997. – Vol. 3, No. 1. – P. 9-13.
239. Haken H. Principles of brain functioning: a synergetic approach to brain activity, behavior and cognition (Springer series in synergetics). Springer. – 1995. – P. 349.
240. Hill A.V. Why biophysics? // Science. – 1956. –Vol. 124, No. 3234. – P. 1233-1237.
241. Horgan J. The End Of Science: Facing The Limits Of Knowledge In The Twilight Of The Scientific Age. New York: Broadway Books. – 1996. – P. 322.
242. Penrose R. Newton, quantum theory and reality. In: Hawking, S.W. Israel, W.: 300 Years of Gravity. Cambridge University Press: Cambridge, 1987.
243. Prigogine I., Stengers I. La nouvelle alliance: Metamorphose de la science. P., 1981. P. 296.
244. Prigogine I The philosophy of instability // Futures. – 1989. – P. 396-400.
245. Prigogine I The Die Is Not Cast // Futures. Bulletin of the Word Futures Studies Federation. – 2000. – Vol. 25, No. 4. – P. 17-19.
246. Taleb N. The black swan: the impact of the highly improbable / Random House; New York, 2007. – P. 401.
247. Weaver. W. Science and Complexity // E:CO. – 2004. – Vol.6, No. 3 – P. 65-74.
248. Wheeler J.A. Information, physics, quantum: the search for links. In Feynman and Computation: Exploring the Limits of Computers, ed A.J.G. Hey, P. 309. Cambridge, MA: Perseus Books (1999).

Список сокращений

АЧХ – амплитудно-частотные характеристики
БПФ – быстрое преобразование Фурье
ВНС – вегетативная нервная система
ВСР – вариабельность сердечного ритма
ВСС – вектор состояния (сложной) системы
ВУВ – временные управляющие воздействия
ДСП – детерминистский или стохастический подход
ЗСПО – знаниевое, синергетическое, постиндустриальное общество
КА – квазиаттракторы
КВ – компенсационный выход
КЗТ – кинезотерапия
КИ – кардиоинтервалы
ККТБ – компартментно-кластерная теория биосистем
КРС – кардио-респираторная система
ОТС – общая теория систем
СПМ – спектральная площадь мощности
СР – стационарные режимы
ССС – сердечно-сосудистая система
СТТ – системы третьего типа
ТНС – термодинамика неравновесных систем
ТХС – теория хаоса-самоорганизации
ФПС – фазовое пространство состояний
ФСО – функциональные системы организма
ЧСС – частота сердечных сокращений

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Глава I	
ТРИ ПОДХОДА В ТЕОРИИ ФСО И ГОМЕОСТАЗА: КАРДИО-РЕСПИРАТОРНАЯ СИСТЕМА ЯВЛЯЕТСЯ ХАОТИЧЕСКОЙ РЕГУЛЯТОРНОЙ СИСТЕМОЙ	6
1. Эволюция понятия гомеостаза. От детерминизма к стохастике и хаосу-самоорганизации	6
2. Глобальная нестабильность кардио-респираторной системы – хаос в ФСО человека	48
Глава II	
ХАОТИЧЕСКАЯ ДИНАМИКА ПАРАМЕТРОВ ССС МУЖСКОГО И ЖЕНСКОГО НАСЕЛЕНИЯ	72
1. Статистический анализ обработки данных параметров вариабельности сердечного ритма женщин некоренного населения Югры	72
2. Статистический анализ обработки данных параметров вариабельности сердечного ритма мужского населения Югры	75
3. Статистический анализ межгрупповых различий по параметрам вариабельности сердечного ритма мужчин и женщин некоренного населения Югры	86
4. Результаты обработки данных параметров квазиаттрактора вариабельности сердечного ритма в m -мерном фазовом пространстве	89
Глава III	
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПАРАМЕТРОВ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ЖЕНСКОГО НАСЕЛЕНИЯ ЮГРЫ	93
Глава IV	
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПАРАМЕТРОВ ВАРИАбельНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА ШКОЛЬНИКОВ ЮГРЫ	119
1. Динамика изменения показателей кардио-респираторной системы учащихся младших классов в условиях Севера	119
2. Статистический подход в оценке ССС школьников	135
3. Хаотическая оценка параметров сердечно-сосудистой системы групп учащихся Югры в аспекте адаптации организма к условиям Севера	147

4. Суточная динамика параметров ССС учащихся – представителей коренного населения ХМАО	157
5. Показатели ССС учащихся младших классов (приезжее население)	163
Глава V	
ЭНТРОПИЙНЫЙ ПОДХОД В ОЦЕНКЕ ПАРАМЕТРОВ ССС ЧЕЛОВЕКА НА СЕВЕРЕ	170
1. Термодинамический подход в оценке параметров сердечнососудистой системы	172
2. Анализ кардиоинтервалов на основе термодинамического подхода оценки выборок кардиоинтервалов школьников при широтных перемещениях	175
3. Возрастные изменения параметров ССС на основе анализа энтропии шеннона	184
4. Энтропийная оценка хаотической динамики параметров сердечно-сосудистой системы при физической нагрузке	187
Глава VI	
ХАОТИЧЕСКАЯ ДИНАМИКА ПАРАМЕТРОВ КАРДИО-РЕСПИРАТОРНОЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗМА СТУДЕНТОВ В УСЛОВИЯХ ДОЗИРОВАННОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ	192
Заключение	204
Основная используемая литература	209

**СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И
ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ**

Часть XII

Под ред. Еськова В.М., Хадарцева А.А.

Монография