

На правах рукописи

ЕСЬКОВ ВАЛЕРИЙ ВАЛЕРИЕВИЧ

**СТОХАСТИЧЕСКИЕ И ХАОТИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ
САМОРЕГУЛЯЦИИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ ОРГАНИЗМА**

03.03.01 – Физиология (медицинские науки)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени доктора
медицинских наук

Самара – 2019

Работа выполнена в Бюджетном учреждении высшего образования «Сургутский государственный университет» и в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Научный консультант: **ПЯТИН ВАСИЛИЙ ФЕДОРОВИЧ**

доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой физиологии с курсом безопасности жизнедеятельности и медицины катастроф Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Официальные оппоненты: **МИРОШНИЧЕНКО ИГОРЬ ВАСИЛЬЕВИЧ**

доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой нормальной физиологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

ИНЮШКИН АЛЕКСЕЙ НИКОЛАЕВИЧ

доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой физиологии человека и животных Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева".

ЯКУНИН ВАЛЕРИЙ ЕФИМОВИЧ

доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры теоретической и прикладной психологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тольяттинский государственный университет».

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный медицинский университет имени В.И. Разумовского» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Саратов.

Защита состоится _____ 2019 г. в ___ часов на заседании диссертационного совета Д 208.085.03 при Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (443079, г. Самара, пр. К. Маркса, 165 Б).

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России, 443001, г. Самара, ул. Арцыбушевская 171.

Автореферат разослан _____ 2019 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Бабанов Сергей Анатольевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Состояние гомеостаза, само понятие гомеостатических систем является ключевым в физиологии и медицине в целом. С момента появления работ С. Bernard (1864) и на протяжении более 150 лет производятся попытки дать точное определение гомеостатического состояния биосистем. При этом достигнуты выдающиеся результаты в изучении гомеостатического регулирования различных сложных систем, в первую очередь функциональных систем организма человека – ФСО по определению П.К. Анохина. Однако, несмотря на глобальность этой проблемы и существенные достижения, точного, в биомедицинском смысле, определения гомеостаза на сегодняшний день не существует. Отсутствуют адекватные модели гомеостатических систем (Зилов В.Г., Хадарцев А.А., Еськов В.М., Филатова О.Е., 1993-2016), в частности, ФСО человека.

Ещё в 30-х годах один из лидеров физиологии XX-го века W.V. Cannon чётко выделял главный смысл проблемы гомеостаза – неустойчивость параметров гомеостатических систем. Российский физиолог П.К. Анохин, основоположник теории ФСО человека, также признавал эту неопределённость гомеостатического регулирования ФСО, деликатно обозначив её как полезный эффект для организма. Однако, строго (количественно) эта полезность и эта неустойчивость параметров ФСО и до настоящего времени не определены. Сложность разрешения этой проблемы заключается в необходимости выхода за пределы современного детерминистского и стохастического подходов и перехода к новому пониманию гомеостатического регулирования, как статистически неустойчивого состояния параметров организма (как переменных $x_i(t)$). В физиологии систем регуляции функций, в первую очередь регуляции сердечно-сосудистой системы (ССС) человека, в этом случае мы уходим и от детерминистской устойчивости параметров состояния организма человека x_i , и от стохастической устойчивости (где должны сохраняться статистические функции распределения $f(x)$ параметров организма x_i).

Впервые об этом высказались два выдающихся учёных XX-го века - российский (советский) биомеханик, физиолог и психолог Н.А. Бернштейн, который высказал гипотезу о “повторении без повторений” в биомеханике и психологии (1947), и W. Weaver (1948), предложивший общую классификацию всех систем в природе в виде систем 1-го типа – детерминистских систем, систем 2-го типа – стохастических систем и систем 3-го типа (СТТ) – сложных живых систем – organized complexity. Последующие усилия Н. Haken по созданию синергетики выделили особым образом проблему саморегуляции (самоорганизации) в гомеостатических системах. Однако, все трое учёных, выделяя роль хаоса (Бернштейн и Weaver) и самоорганизации (Haken) в динамике поведения сложных биосистем, не предложили объединение этих двух процессов в единое целое, что могло бы позволить построить определённые концептуальные модели саморегуляции физиологических функций и гомеостаза в целом. Хаос и самоорганизация в физиологии и медицине сейчас изучаются раздельно (как два разных состояния).

Период 2-й половины 20-го и начала 21-го веков благодаря работам I.R. Prigogine и J.A. Wheeler в естествознании в целом и в физиологии (по определению физиолога - нобелевского лауреата A.W. Hill, 1956), в частности, ознаменовался двумя фундаментальными попытками построения новой теории сложных биосистем (*complexity* по определению I.R. Prigogine и эмерджентных систем по определению J.A. Wheeler). Одновременно и работы основоположника синергетики Н. Haken (Штутгарт, 1969г.) только усилили значимость глобальной неопределенно-

сти гомеостатических систем (сложных биосистем) и подвели все современное естествознание и физиологию, в частности, к необходимости пересмотра существующих концепций и подходов в описании систем регуляции различных физиологических функций организма человека и животных.

Основоположник термодинамики неравновесных (физиологических) систем I.R. Prigogine был твердо уверен (и он это пытался доказать), что эпоха детерминизма в изучении сложных биосистем закончилась и наступает эра стохастичности и динамического хаоса. Однако за последние 25-30 лет усилиями коллективов Сургутской, Тульской и 1-го МГУ им. Пирогова научных школ в области биофизики сложных систем и физиологии ФСО (Еськов В.М., Филатова О.Е. 1988-2018гг., Хадарцев А.А., Зилов В.Г., Фудин Н.А. 1997-2018гг, Пятин В.Ф. и др. 1989-2018 гг.) получен новый существенный материал, который доказывает: на смену стохастичности и динамического хаоса приходит новое понимание специфики статических и динамических характеристик в описании механизмов организации физиологических функций организма человека.

Как оказалось, неопределенность параметров x_i регуляторных физиологических систем (гомеостатических систем) не укладывается в понятия стохастических систем и динамического хаоса уже по своей особой динамике поведения любых компонент x_i вектора состояния этих систем $x=x(t)=(x_1, x_2, \dots, x_m)^T$ в m -мерном фазовом пространстве состояний (ФПС). Центральным звеном в изучении механизмов саморегуляции и возникающей неопределенности таких физиологических (например, ФСО) систем является изучение понятия гомеостаза и эволюции самого этого гомеостаза. Можно ли описывать параметры любых ФСО человека в рамках стохастических моделей или моделей динамического хаоса? Что понимать под эволюцией ФСО в ФПС? Каковы должны быть механизмы саморегуляции у этих физиологических систем (гомеостатических систем), которые не имеют произвольного повторения ни начального состояния $x(t_0)$, ни любых траекторий $x(t)$, ни конечного состояния вектора системы $x(t_k)$? Все эти вопросы образуют глобальную проблему определения, измерения и описания механизмов регуляции и эволюции ФСО в фазовом пространстве состояний с позиций нового подхода и нового понимания уникальности сложных саморегулирующихся физиологических систем (гомеостатических систем), к которым в первую очередь относятся ФСО (по П.К. Анохину) в виде нервно-мышечной системы (НМС) и сердечно-сосудистой системы (ССС) – важнейших ФСО организма человека.

Создание новых подходов в теории регуляции ФСО в конце XX-го и начале XXI-го веков (Еськов В.М., Филатова О.Е., Хадарцев А.А., Пятин В.Ф. 1989-2018 г.г.), позволило существенно продвинуть наши представления о ФСО и роли самоорганизации-хаоса в поведении разных физиологических функций организма человека – гомеостатических систем. В первую очередь речь идет о различных регуляторных системах в биомеханике (в организации произвольных и непроизвольных движений), в работе различных ФСО (в настоящем исследовании особое внимание уделяется именно работе НМС и ССС) и работе нейросетей мозга (НСМ). Последняя проблема (работа НСМ) является проблемой номер один в физиологии регуляторных функций организма человека, но сейчас она решается в рамках детерминизма и стохастичности, путем анализа получаемых выборок x_i (кардиоинтервалов – КИ, биопотенциалов мышц – ЭМГ или активности мозга в виде электроэнцефалограмм – ЭЭГ). Однако, уже становится возможным ее решение с

позиций новых подходов и новых понятий в физиологии НМС и ССС, других функций организма.

ФСО и НСМ человека – это наиболее организованные, но и наиболее хаотичные в своих динамиках системы и их изучение с новых позиций самоорганизующегося хаоса представляет особый научный интерес и значение не только для физиологии, но и для всей медицины и биологии. Настоящая работа представляет ряд новых теоретических и экспериментальных аргументов в пользу особых механизмов регуляции физиологических функций организма человека, которые автор собирал (изучал, анализировал) начиная с 2001-го года, что и представлено в различных публикациях за этот период (18 лет). Актуальность этих исследований определяется, в первую очередь, экспериментальным доказательством наличия особого хаоса и самоорганизации в работе нейросетей мозга и ими управляемых ФСО, как гомеостатических физиологических систем. Это позволяет объяснять новые механизмы регуляции этих физиологических функций на основе расчета матриц парных сравнений выборок x_i , расчета квазиаттракторов и компартментно-кластерных моделей эволюции гомеостатических систем (на примере НСМ и ССС) в фазовых пространствах состояний.

Создание новых подходов в описании хаотических механизмов регуляции ФСО (со стороны НСМ) и нового понимания их регуляции определило актуальность настоящих исследований, которые были выполнены при поддержке Самарской и Сургутской научных школ в области теории самоорганизации и управления физиологических функций организма человека (на примере НМС и ССС). При этом главное внимание уделяется изучению механизмов саморегуляции на уровне нейросетей мозга, которые исходно задают первоначальный хаос в регуляции ФСО с позиций новой теории гомеостатической регуляции ФСО.

Целью настоящего исследования является установление новых закономерностей в динамике поведения параметров нейросетей мозга и функциональных систем организма человека, находящихся в гомеостатических состояниях, и представление на их основе новых механизмов саморегуляции в нервно-мышечной и сердечно-сосудистой системах человека, находящегося в различных физиологических состояниях (в условиях саногенеза).

Достижение цели базируется на решении следующих **задач**:

1. Выполнить сравнительный анализ работ Н.А. Бернштейна, W. Weaver, W.B. Cannon и П.К. Анохина с основными положениями новой теории саморегуляции функциональных систем организма.

2. На примере нервно-мышечной системы, как базовой функциональной системы организма человека, установить границы применения детерминистского и стохастического подходов в описании механизмов саморегуляции нервно-мышечной системы.

3. Выявить возможности применения новой теории регуляции функциональных систем организма в изучении механизмов регуляции нервно-мышечной системы, находящейся в различных функциональных состояниях.

4. Выявить закономерности и механизмы статистической неустойчивости параметров сердечно-сосудистой системы, как важнейшей функциональных систем организма, обеспечивающей гомеостаз организма человека.

5. Установить законы возрастных изменений параметров сердечно-сосудистой системы в рамках неопределенности 1-го типа и нового понятия регуляции функциональных систем организма в параметрах квазиаттракторов для кардиоинтер-

валов и в шестимерном фазовом пространстве параметров x_i сердечно-сосудистой системы, а также разработать критерии оценки степени синергизма в сердечно-сосудистой системе с позиций компартиментно-кластерного подхода.

6. Изучить механизмы самоорганизации в нейросетях мозга, как верхней иерархической системы регуляции функциональных систем организма испытуемых (в различных физиологических условиях), которые определяют общую динамику хаоса гомеостатических систем (функциональных систем организма).

7. Разработать и апробировать новые принципы работы нейросетей мозга, как возможные механизмы эвристической деятельности мозга, и на их основе получить новое качество работы их моделей – искусственных нейросетей (нейро-ЭВМ), которые обеспечивают в клинике решение задачи идентификации наиболее важных диагностических признаков (что сейчас отсутствует не только в медицине, но и во всем естествознании). Новые принципы работы мозга должны открыть и новые возможности в персонифицированной медицине будущего.

Научная новизна исследований.

1. Представления Н.А. Бернштейна («повторение без повторений»), W. Weaver о реальности систем третьего типа, W.B. Cannon о роли самоорганизации в функционировании любой живой системы и теория функциональных систем организма по П.К. Анохину вплотную подвели физиологическую науку к осознанию всеобщности хаоса в динамике поведения любой регуляторной физиологической системы. Однако, наши предшественники не идентифицировали роль (и глобальность) хаоса в организации регуляции функциональных систем организма. Проблема регуляции функциональных систем организма оставалась открытой вплоть до создания новой теории регуляции функциональных систем организма и экспериментально-теоретического обоснования особого хаоса гомеостатических систем в физиологии нервно-мышечной системы и регуляции сердечно-сосудистой системы.

2. Впервые предложено новое описание статистической неустойчивости параметров нервно-мышечной системы (для произвольных и непроизвольных движений), которое количественно описывается матрицами парных сравнений выборок треморограмм (ТМГ) и теппинграмм (ТПГ). Это обеспечивает идентификацию произвольных (ТПГ) движений (оценку роли сознания в организации движений) и непроизвольных движений (ТМГ), а также раскрывает особые механизмы в регуляции биоэлектрической активности мышц, на примере электромиограмм (ЭМГ).

3. Предложено новое описание механизмов саморегуляции нервно-мышечной системы на основе расчета параметров квазиаттракторов, которое позволяет идентифицировать статику и эволюцию функциональных систем организма. Фактически, предложены модели для описания статистической неустойчивости параметров произвольных (ТПГ) и непроизвольных движений (ТМГ). Это раскрывает новые (хаотические) механизмы самоорганизации в регуляции произвольных и непроизвольных движений.

4. Доказано, что кардиоинтервалы (как и другие параметры сердечно-сосудистой системы) не могут быть описаны статистическими функциями распределения $f(x)$, их спектральными плотностями сигнала (СПС) и автокорреляционным анализом (в частности, автокорреляциями $A(t)$) из-за непрерывного и хаотического изменения самих $f(x)$, их СПС, $A(t)$, т.е. статистических характеристик. Все эти величины и функции (включая и автокорреляции $A(t)$) непрерывно и хаотически изменяются, что и характеризует особые свойства регуляции функцио-

нальных систем организма, которые проявляются в непрерывной хаотической самоорганизации параметров сердечно-сосудистой системы (статистические функции x_i на каждом интервале времени Δt_j изменяется хаотически).

5. Используя новый подход в изучении механизмов саморегуляции функциональных систем организма, становится возможным описание механизмов регуляции физиологических функций организма, обеспечивающих гомеостаз, и прогнозирование динамики их поведения. Создается новый подход в физиологии функциональных систем организма, который не базируется на динамическом хаосе (концепция I.R. Prigogine, J.A. Wheeler, M. Gell-Mann), а является принципиально новым подходом в изучении механизмов регуляции функциональных систем организма (на примере нервно-мышечной и сердечно-сосудистой систем).

6. Возрастные изменения параметров сердечно-сосудистой системы имеют определенную закономерность в изменении объемов квазиаттракторов (например, в виде закона Ферхюльста-Пирла с насыщением, что широко распространено в физиологии). Это перебрасывает мостик между детерминистским подходом (функциональным анализом) и новой теорией хаоса-самоорганизации, которая объясняет особые механизмы регуляции физиологических функций организма в виде непрерывной и хаотической настройки и самоорганизации параметров функциональных систем организма.

7. Вводится понятие неопределенностей 1-го и 2-го типов, которые лежат в основе работы нейросетей мозга и их моделей (искусственных нейронных сетей) в виде принципа непрерывного хаоса параметров нейросетей мозга и многочисленных ревербераций ($N \geq 1000$). Введение этих принципов в работу искусственных нейросетей обеспечило новое качество, что моделирует эвристическую работу мозга талантливого врача в режиме диагностики с неопределенностью диагностических признаков x_i .

8. На уровне нейросетей мозга представлены механизмы самоорганизации, которые описывают эвристическую работу мозга в виде идентификации главных диагностических признаков x_i^* при проведении лечебных мероприятий, возрастных изменениях, а также в условиях стресс-воздействий на испытуемых (физиологический стресс) и т.д.. Это открывает новые возможности в развитии индивидуализированной медицины и создает новые предпосылки для развития всей медицины на базе нового понимания работы мозга (НСМ) и эволюции функциональных систем организма.

Научно-практическая значимость.

1. Отход в изучении и описании живых (гомеостатических) систем от традиционных методов и моделей в виде функционального анализа или статистических функций распределения $f(x)$ позволяет создавать новое понимание в рамках особых механизмов саморегуляции физиологических функций человека. Эти механизмы реально описывают статику вектора состояния физиологической системы (как неизменность параметров квазиаттракторов) или изменения систем регуляции ФСО (как эволюция ФСО в ФПС).

2. На базе новых понятий (квазиаттракторы), моделей в виде матриц парных сравнений выборок и нейрокомпьютинга в режиме многих итераций с хаосом начальных параметров W_{i0} становится реальной оценка тремора (как якобы произвольного движения) и теппинга (как произвольного движения). Реально треморограммы и теппинграммы различаются долями стохастичности (величиной k числа «одинаковых» пар сравнений выборок) в моделях этих движений, но это (оба

процесса) хаотические процессы с самоорганизацией в пределах квазиаттракторов. Для тремора $k_1 \leq 5\%$, а для теппинга $k_2 < 17\%$ и эти различия реально представляют результат управления со стороны сознания (ВНД и ЦНС) фактически хаотическими процессами тремора и теппинга (у этих двух движений доля применимости стохастики менее 20%). Расчет матриц и квазиаттракторов ТМГ, ТПГ и ЭМГ позволяет оценивать не только произвольность движения, но и оценивать функциональный статус испытуемого, тем самым мы устраняем неопределенность 2-го типа в физиологии.

3. В рамках расчета матриц парных сравнений выборок x_i и параметров квазиаттракторов для параметров x_i сейчас становится возможным идентифицировать долю стохастики в общей хаотической динамике ЭЭГ, КИ и ЭМГ. Такие модели (в виде матриц и КА) позволяют оценивать реакцию испытуемых на фотостимуляцию, что представляет новые механизмы саморегуляции биоэлектрической активности мозга в физиологии и психологии.

4. В целом, расчет матриц и КА обеспечивает четкую идентификацию систем регуляции ФСО человека (состояние ССС и НМС), а также психический статус испытуемых. Использование статистических методов дает низкую эффективность в оценке неизменности системы регуляции ФСО или наоборот, их существенных изменений при якобы одинаковом состоянии с позиций детерминистского и стохастического подходов (неопределенность 2-го типа и неопределенность 1-го типа). В этой связи возникают проблемы регуляции ФСО по отклонению (что общепринято) и предлагаются другие механизмы самоорганизации и регуляции ФСО.

5. Используя критерий расчета эволюции систем регуляции ФСО в ФПС, сейчас становится возможным оценивать возрастную динамику ССС (в возрастной физиологии) и оценивать влияние физических нагрузок и стресс-воздействий в физиологии и психофизиологии.

6. В рамках изучения особых механизмов самоорганизации ФСО, сейчас становится возможным рассматривать и процессы эволюции ФСО (например, в возрастной эволюции). В частности, предложены в рамках детерминистского подхода модели эволюции ССС с возрастом и параметров ТМГ при развитии болезни Паркинсона. Эти модели позволяют раскрыть механизмы старения человека на Севере РФ и механизмы развития патологического тремора, позволяют изучить динамику поведения ССС человека, находящегося в условиях Севера РФ, что является существенным вкладом в физиологию человека на Севере РФ.

7. Предложена и внедрена в физиологию модель нейросетевых идентификаторов, когда возникает неопределенность 1-го типа (классификация в рамках новой теории регуляции ФСО). В этом случае статистические выборки совпадают, а нейро-ЭВМ в режиме бинарной классификации их (выборки) различает и выделяет параметры порядка (решается задача системного синтеза) после N итераций нейро-ЭВМ ($N \geq 1000$) в режиме хаотического (равномерного распределения) задания начальных весов W_{i0} динамических признаков x_i всего вектора состояния $x(t)$ в ФПС. Именно такие хаотические режимы настройки искусственной нейросети объединяют и механизмы хаотической работы нейросетей мозга (хаос в динамике ЭЭГ). Введение двух принципов работы нейросетей мозга в работу искусственных нейросетей (реверберации или паттерны и хаос начальных состояний нейро-ЭВМ) резко повысило возможности последних. Фактически, они моделируют эвристическую работу мозга (идентифицируют главные диагностические признаки x_i^*).

8. Внедрение новых представлений о СТТ (ФСО) и методов идентификации эволюции функциональных систем организма должно существенно изменить структуру исследований сложных биосистем (гомеостатических систем) в физиологии, медицине, психофизиологии. Это открывает и новые перспективы в области физиологии как науки, которая по определению нобелевского лауреата A.V. Hill (нервно-мышечная физиология) должна обеспечивать строгое (как в физике) описание живых систем. Для описания живых систем потребовались новые модели (в рамках новой теории регуляции ФСО), которые имеют в основе инверсию понятия покоя и движения, новые понятия неопределенности 1-го и 2-го типов и новое понятие эволюции функциональных систем организма в фазовом пространстве состояний. В этой новой теории ФСО, живых систем, отсутствуют понятия статистической устойчивости получаемых подряд выборок x_i , флуктуаций (нет устойчивого среднего), а генерация биоэлектрической активности мышц и нейросетей мозга происходит не по законам стохастики и детерминизма. В рамках новой теории регуляции ФСО сейчас мы приближаемся к познанию базовых принципов гомеостатической работы мозга человека.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Гипотеза Н.А. Бернштейна о «повторении без повторений» и эффект Еськова-Зинченко в биомеханике нашли количественное подтверждение в виде матриц парных сравнений выборок не только в биомеханике, но и в электрофизиологии и физиологии ССС. Это проявляется в статистической неустойчивости выборок любых параметров $x_i(t)$ всего вектора состояния $x=x(t)=(x_1, x_2, \dots, x_n)^T$ в фазовом пространстве состояний, что изменяет представление о регуляции ФСО.

2. Введен 2-й тип неопределенности в физиологии функциональных систем организма человека (для координат x_i (параметров ФСО)) как фазовых координат $x_1=x_i(t)$ и $x_2=dx_1/dt$. Квазиаттракторы устраняют неопределенность 2-го типа (непрерывные изменения статистических функций распределения $f(x)$), а неопределенность 1-го типа (когда статистика не выявляет различий между выборками компонент вектора состояния физиологической системы), устраняется за счет двух принципов работы НСМ и их моделей – искусственных нейросетей.

3. Для раскрытия неопределенности 1-го типа в изучении ССС предложен алгоритм работы искусственных нейронных сетей (ИНС) в режиме многократных итераций решения задачи бинарной классификации при условии хаотической выборки начальных весов W_{i0} признаков x_i из интервала $W_{i0} \in (0,1)$ на каждой j -й итерации ($j \geq 1000$). Высказывается гипотеза о сходных механизмах в работе нейросетей мозга, что доказывают параметры ЭЭГ в рамках статистической неустойчивости (для подряд получаемых выборок ЭЭГ). Эти два принципа в работе ИНС решают проблему выбора главных клинических признаков в медицине (параметров порядка).

4. Разработаны и предложены гибридные модели (композиция функционального анализа и расчёта параметров квазиаттракторов), которые описывают эволюцию систем регуляции функциональных систем организма на примере кардиореспираторной системы человека на Севере РФ. Это раскрывает механизмы старения в геронтологии и различия в этих механизмах для аборигенов и пришлого населения Югры.

5. Предложено новое (объективное) описание ФСО человека, находящегося в различных физических и физиологических условиях, в частности, в условиях се-

вера РФ (при резких перепадах температуры и давления (метеопараметров) окружающей среды, при работе в ночную смену).

6. Новые количественные критерии эволюции параметров кардиореспираторной системы в фазовом пространстве состояний обеспечивают описание динамики функциональных систем организма человека при физических нагрузках и стресс-воздействиях на физиологические функции испытуемых. Это открывает новые перспективы в развитии индивидуализированной медицины, даёт в руки работников практического здравоохранения новые количественные методы оценки главных параметров организма больных, находящихся в условиях проведения лечебных мероприятий. Тем самым мы предлагаем механизмы и модели эвристической деятельности мозга, которая возможна при реверберациях и хаосе НСМ.

Декларация личного участия автора заключается в получении первичных материалов при обследовании испытуемых в условиях производства, в получении данных испытаний в лабораторных условиях и анализе экспериментальных данных. С непосредственным участием автора разработаны и запатентованы новые способы, алгоритмы и программы для ЭВМ, с помощью которых исследованы закономерности изменения параметров квазиаттракторов поведения вектора состояния организма испытуемых (с диагнозом острое нарушение мозгового кровообращения), а также в проведении количественной оценки степени синергизма в физиологической системе (на примере поведения ССС здоровых людей) в условиях действия неблагоприятных факторов среды обитания (в физиологии человека на Севере РФ).

Апробация работы. Материалы диссертации докладывались на целом ряде конференций и симпозиумов, в том числе: международном симпозиуме “Эколого-физиологические проблемы адаптации” (Москва, Россия, 2003), международной конференции “International conference on modeling and simulation” (Валлодолид, Испания, 2004), международной конференции “Progress in Neuroscience for Medicine and Psychology” (Судак, Украина, 2008), международной конференции “Conference of the Eastern Mediterranean Region of the International Biometric Society” (Стамбул, Турция, 2009), VI-ой международной научной конференции «Системный анализ в медицине» (Благовещенск, Россия, 2012), V-ом Съезде биофизиков России (Ростов-на-Дону, Россия, 2015), IV-ой Всероссийской конференции «Нелинейная динамика в когнитивных исследованиях» (Нижний Новгород, Россия, 2015), 12-ом международном междисциплинарном конгрессе «Нейронаука для медицины и психологии» (Судак, Россия, 2016), 11-ой международной школе «Хаотические автоколебания и образование структур» (Саратов, Россия, 2016), VII-ой международной научной конференции “International Nonlinear Science Conference” (Зальцбург, Австрия, 2017), XIII-ом международном междисциплинарном конгрессе (Судак, Россия, 2017), XXIII съезде Физиологического общества им. И. П. Павлова (Воронеж, 2017).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 125 работ, в том числе: 1 научное открытие, 3 патента на изобретения, 8 свидетельств о государственной регистрации программы для ЭВМ, 2 учебно-методических пособия, 9 монографий (в соавторстве и личная), 10 статей в журналах, индексируемых в международной базе цитирования “Web of Science”, 6 статей в журналах, опубликованных в индексируемой международной базе цитирования “Scopus”, 38 статей в изданиях, рекомендованных ВАК для соискания ученой степени доктора медицинских наук

и 49 статей и докладов в различных научных журналах, материалах отечественных и международных конференций.

Структура и объём диссертации. Диссертационная работа содержит 275 страниц машинописного текста. Она выполнена в традиционном стиле и состоит из введения, главы 1 о возникновении и развитии понятия гомеостаза в биологии, медицине и физиологии, главы 2 об объектах и методах исследования, главы 3 о динамике изменения параметров треморограмм (ТМГ), теппинграмм (ТПГ) и параметров ССС с позиций новой теории регуляции ФСО, главы 4 о хаотической динамике изменения биопотенциалов мозга и мышц с позиций теории хаоса-самоорганизации, главы 5 о понятии эволюции систем третьего типа в фазовом пространстве состояний, главы 6 о новых принципах организации НСМ и нейросетевых идентификаторов как моделей хаотической работы нейросетей мозга человека, выводов, заключения, списка литературы и приложения. Работа содержит 55 таблиц, 38 рисунков и 20 формул. Список используемой литературы включает в себя 301 источник, в том числе 90 на иностранном языке.

Краткое содержание работы. В первой главе (**1. Возникновение и развитие понятия гомеостаза в биологии, медицине и физиологии**) рассматриваются работы предшественников построения новой теории гомеостаза, а именно: W.V. Cannon, H.A. Бернштейна, W. Weaver, H. Naken, П.К. Анохина. Все эти исследователи обращали внимание на особенности динамики поведения живых систем. Ими неоднократно подчеркивалось, что живые системы (*organized complexity*, системы третьего типа – СТТ по W. Weaver) имеют особые свойства, главное из которых – непрерывное и хаотическое изменение состояние любой сложной биосистемы. П.К. Анохин такую изменчивость определил, как положительный эффект для организма и тем самым он приблизился (вместе с H. Naken) к пониманию квазиаттрактора, который в новой теории регуляции ФСО имеет ключевое значение.

Однако, эти четверо предшественников в изучении физиологических систем регуляции функций организма человека не выходили за рамки современной детерминистской и стохастической науки (ДСН), ее функционального анализа и стохастических моделей в описании ФСО. До настоящего времени в современной науке имеется твердое убеждение в том, что сложные биосистемы (*complexity* по I.R. Prigogine и эмерджентные системы по J.A. Wheeler) могут описываться динамическим хаосом. Эти убеждения оказались ошибочными, что было доказано в работах А.А. Хадарцева, О.Е. Филатовой и В.М. Еськова с соавторами (1993-2018 гг.). Для сложных регуляторных функциональных систем (гомеостатических систем) необходимы другие понятия покоя (стационарных режимов) и движения (эволюции ФСО), которые сейчас разрабатываются в компартиментно-кластерной теории биосистем (ККТБ) и нового понимания регуляции ФСО.

В основе новых подходов (новых понятий и моделей) в физиологии лежит аналог принципа неопределенности Гейзенберга (из квантовой механики в его новом понимании и его применении к сложным физиологическим системам) и новые представления о покое (устойчивости гомеостатических систем) и движении, как эволюции ФСО. В рамках новой теории регуляции ФСО становится понятной детерминистская ($dx/dt \neq 0$ непрерывно) и стохастическая неустойчивость всех компонент x_i любого вектора состояния регуляторных физиологических систем $x = x(t) = (x_1, x_2, \dots, x_m)^T$, который совершает непрерывное и хаотическое движение в ФПС. В этом случае для любой гомеостатической системы имеем $dx/dt \neq 0$ и реги-

стрируются хаотически изменяющиеся статистические функции распределения $f(x)$ для подряд получаемых выборок параметров x_i , описывающих физиологические функции организма человека. При этом организм человека находится в физиологически стационарном состоянии. Это показывает статистическую неустойчивость (у нас это треморограммы – ТМГ, электромиограммы – ЭМГ, в 3-й и 4-й главах) гомеостатических физиологических систем (complexity по I.R. Prigogine и систем третьего типа по W. Weaver).

Сейчас можно уверенно говорить, что уже заложены основы реального “Конца определенности” в физиологии, о котором неоднократно говорил в своих работах нобелевский лауреат I.R. Prigogine (1997 г.). Неопределенность СТТ сводится к хаосу (неопределенности) статистических функций $f(x)$, их спектральных плотностей сигнала – СПС, автокорреляций – $A(t)$ и других характеристик в стохастике, т.е. к неопределенности самой стохастике. Новая теория регуляции ФСО дает развитие и идеям Н.Накен в синергетике путем точного количественного описания явления самоорганизации (ключевое понятие в синергетике) и явления особого хаоса СТТ. В новой теории хаос и самоорганизация выступают как две стороны одной медали, демонстрируя непрерывное взаимодействие. Роль управления со стороны ЦНС и ВНД (сознания человека) сводится тогда к изменению весов хаоса и стохастике (самоорганизации) в регуляции и управлении ФСО (на примере ССС), которые обеспечивают гомеостаз. Это лежит и в основе механизма работы ФСО и мозга с позиций нового понимания регуляции ФСО. Настоящая работа – одна из первых на пути создания и развития нового направления в физиологии ФСО человека (на примере ССС и НМС).

Глава 2 «Объект и методы исследования», представляет дизайн исследования, который включает количество испытуемых в первом блоке ТМГ и ТПГ, во втором блоке с ЭМГ и ЭЭГ, в третьем блоке изучение эволюции ФСО в ФПС, и в четвертом блоке изучение хаоса в НСМ и в искусственных нейросетях – ИНС. Все это базируется на новых методах расчета матриц парных сравнений выборок, расчета квазиаттракторов (КА) и их эволюции в ФПС. Отдельно представлены данные применения ИНС в клинике и в физиологии ССС (см. рис. 1 – дизайн исследования).

Глава 3 «Динамика параметров изменения треморограмм (ТМГ), теппинграмм (ТПГ) и параметров ССС с позиций новой теории регуляции ФСО» и содержит три параграфа. В первом даны расчеты матриц парных сравнений выборок ТМГ и ТПГ, т.е. изучались произвольные и непроизвольные движения (теппинг и тремор). Изучена роль хаоса в организации работы нервно-мышечной системы (НМС) человека в целом. Именно в этой области физиологии ФСО и были найдены фундаментальные закономерности, которые легли в основу эффекта Еськова-Зинченко в области новой теории регуляции ФСО. Эти закономерности основаны на хаосе статистических функций распределения $f(x)$, их СПС, $A(t)$. В качестве примера (из более чем двух тысяч построенных матриц парных сравнений выборок ТМГ и ТПГ) мы представляем табл.1 и табл. 2, в которых число пар совпадений выборок $k_{тр}=4$ и $k_{теп}=13$. Эти примеры показывают отличие произвольных движений (теппинг) от непроизвольных (тремор) с позиции стохастике и новой теории особого гомеостатического регулирования физиологических функций организма человека (когда непрерывно и хаотически изменяются выборки ТМГ и ТПГ).

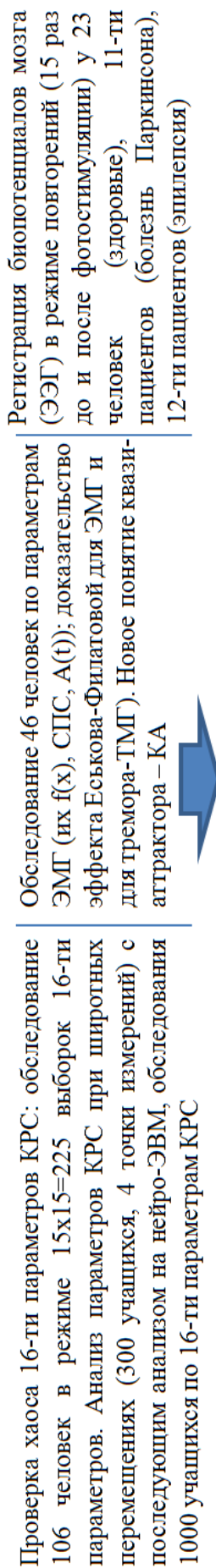
Предшественники новой теории регуляции функциональных систем организма (ФСО): W.B. Cannon, П.К.Анохин, Н.А.Бернштейн, W.Weaver.



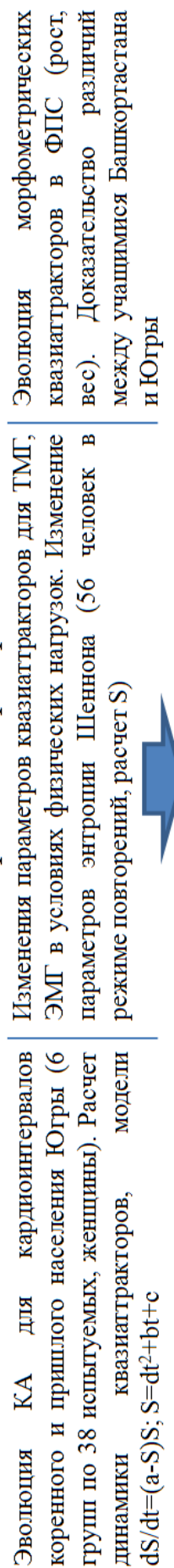
Доказательство хаоса и самоорганизации в нервно-мышечной системе – эффект Еськова-Зинченко



Проверка эффекта Еськова-Зинченко на других гомеостатичных физиологических системах регуляций ФСО (общие принципы регуляции функциональных систем организма)



Итог исследования – переход от гомеостатики к эволюции ФСО и НСМ
Понятие эволюции, методы и реальные примеры эволюции ФСО в ФПС



Нейросети мозга, их модели – искусственные нейронные сети

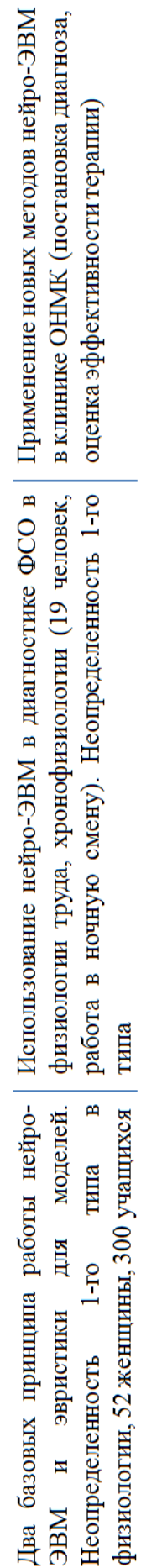


Рис. 1. Дизайн исследования.

Матрица парного сравнения 15-ти треморограмм одного испытуемого ГДВ при повторных экспериментах ($k=4$), по критерию Вилкоксона (для непараметрического распределения)

	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	0.00	0.00	0.00
2	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00	0.00	0.01	0.00
3	0.00	0.00		0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	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
5	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.01	0.00	0.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	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
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.88		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00
12	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
13	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
14	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00
15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Действительно, сама проблема произвольности (или непроизвольности) в физиологии НМС и биомеханике (начиная от работ И.М. Сеченова, Ч. Шеррингтона и И.П. Павлова) затрагивает фундаментальные вопросы физиологии. Может ли человек вообще сознательно и точно чем-то управлять (начиная от управления своим телом, движениями конечности (у нас это тремор и теппинг) и заканчивая регуляцией ФСО)? Одновременно это и глобальная проблема в физиологии спорта, биомеханике, где точность играет особую роль. В рамках новой теории регуляции ФСО постулируются 5 принципов организации и функционирования

Матрица парного сравнения 15-ти теппинграмм одного испытуемого ГДВ при повторных экспериментах ($k=13$), по критерию Вилкоксона (для непараметрического распределения)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0.28	0.00	0.33	0.00	0.88	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00
2	0.28		0.31	0.00	0.00	0.00	0.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07
3	0.00	0.31		0.00	0.00	0.00	0.32	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22
4	0.33	0.00	0.00		0.09	0.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00	0.09		0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
6	0.88	0.00	0.00	0.84	0.03		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.03	0.00
7	0.01	0.52	0.32	0.00	0.00	0.00		0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34
8	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.76	0.00	0.00
12	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.26	0.00
13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.76	0.00		0.00	0.00
14	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	0.00		0.00
15	0.00	0.07	0.22	0.00	0.00	0.00	0.34	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

гомеостатических систем, которые утверждают невозможность предсказания будущего для этих систем (даже в условиях сознательного управления). Тогда, до

какой степени стохастики (или хаоса) мы можем управлять своим движением с позиций современной физиологии или новой теории регуляции ФСО? Где граница детерминизма и стохастики применительно к НМС и ССС?

Ответы на эти вопросы весьма сложные, если учесть реальный хаос параметров x_i для ТМГ и ТПГ для одного индивидуума, находящегося в одном (неизменном) гомеостазе. Как показали наши исследования, многократные повторы измерения одного и того же типа движения демонстрируют некоторые статистические закономерности, но они необычны для современной физиологии НМС. Например, выполнялись многочисленные опыты по регистрации 15-ти выборок ТМГ у одного испытуемого, находящегося в одном гомеостазе, что и представлено в табл. 1.

Обследована таким образом группа из 12-ти человек и для каждого испытуемого регистрировались 15-ть серий таких повторов (по 15 выборок ТМГ в каждой серии). Для 15-ти серий опытов у каждого испытуемого строились по 15 матриц парных сравнений выборок (по 15-ть выборок в каждой серии). ТМГ регистрировали специально разработанным и запатентованным комплексом. Для каждой серии выборок ТМГ (период квантования 10 мск., т.е. в выборке было 500 точек – дискретных положений пальца испытуемого в пространстве) в матрице парных сравнений (см. табл. 1) находилось число k пар совпадений выборок ТМГ. Как пример для одного испытуемого без нагрузки на конечность и с нагрузкой в $3H$ на рис. 2 представлены распределения чисел k в 15-ти матрицах (здесь Z - число одинаковых k в 15-ти сериях). Эта закономерность имеет статистический характер, но получить подряд две выборки одинаковые (чтобы их можно было отнести к одной генеральной совокупности, т.е. $f_j(x_i)=f_{j+1}(x_i)$) – это задача крайне сложная (вероятность такого события $P \leq 0,02$ для ТМГ и для ТПГ $P \leq 0,05$).

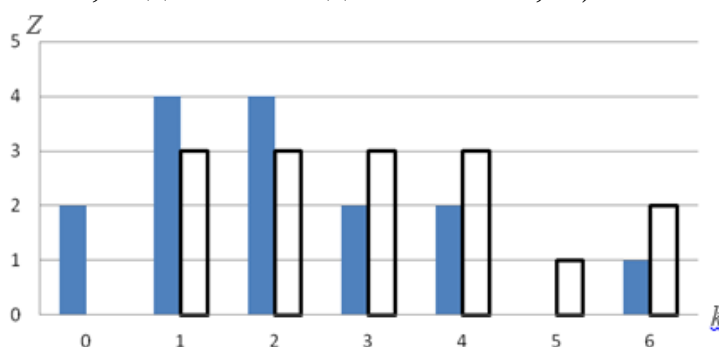


Рис. 2. Число Z (по вертикали) пар (k) совпадений выборок (по горизонтали) для всех 15-ти матриц парного сравнения ТМГ (с нагрузкой $3H$ – темный столбик, без нагрузки – белый столбик) одного испытуемого, в неизменном гомеостазе (использовался критерий Вилкоксона, $p < 0.05$) число серий $N=15$

Неповторяемость регистрируемых выборок любых параметров $x(t)$ мы наблюдали для двух главных ФСО (по П.К. Анохину): для ССС и НМС. И если для НМС (в виде тремора и теппинга) мы имеем эффект Еськова-Зинченко в виде хаотически изменяющихся статистических функций $f(x)$, СПС, $A(t)$, то для ССС (см. табл.3 и рис. 3, 4) мы наблюдаем уже другую картину. Она имеет сходную динамику, но другие закономерности в динамике системы регуляции, что и было представлено в параграфе 3.2. Для НМС мы наблюдаем строгое различие параметров квазиаттракторов треморограмм и теппинграмм для человека, находящегося в одном гомеостазе. Это подтверждает расчет матриц парных сравнений выборок и расчет параметров КА (см. рис. 2).

При этом установлено, что различные внешние физические воздействия (нагрузки, например) приводят к изменению параметров КА. Одновременно измене-

ние психического состояния испытуемых тоже приводит к существенному изменению параметров КА. В параграфе 3.3 представлены доказательства возможности применения расчета параметров КА для КИ в оценке состояния ССС.

Таблица 3

Матрица сравнения 15-ти выборок кардиоинтервалов одного испытуемого в неизменном гомеостазе (парное сравнение по Вилкоксоу, $p \leq 0.05$, число совпадений $k_3=18$)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0.00	0.00	0.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.98	1.00
2	0.00		0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.74	0.00	0.00	0.19	0.38	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00		0.42	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.91	0.00	0.42		0.00	0.78	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03	0.00	0.13	0.00
5	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.43	0.00	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	0.00	0.07	0.00	0.78	0.00		0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00
7	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.04		0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.99	0.00
8	0.00	0.74	0.00	0.00	0.43	0.00	0.02		0.59	0.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.59		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45	0.00	0.00	0.63	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.06
11	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.51	0.00	0.00	0.00
12	0.00	0.38	0.00	0.03	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.51		0.00	0.00	0.00
13	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
14	0.98	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00
15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	

Результаты расчетов изменения параметров матриц парных сравнений выборок (см. табл. 3 и рис. 4 для 15-ти серий измерения КИ) и расчета квазиаттракторов (КА) для ССС тоже показали чувствительность методов новой теории регуляции ФСО в оценке физических воздействий на системы регуляции ССС. Различия между площадью КА до и после воздействий существенны и доступны даже для статистического сравнения. Для примера представим рис. 3 для КИ, СПС и автокорреляции $A(t)$. На рисунке 4 даны числа k совпадений выборок КИ в 15-ти сериях испытаний (всего 225 выборок КИ у каждого человека). Существенно, что часто группа разных испытуемых (15 человек) может показать большую долю стохастики (k группы), чем один человек при 15-ти повторях (в неизменном гомеостазе, т.е. k группы $>$ k одного). Это регистрируется как эффект Еськова-Филатовой в физиологии ССС и этот факт существенно изменяет наши представления о ФСО и возможности стохастики в изучении ССС.

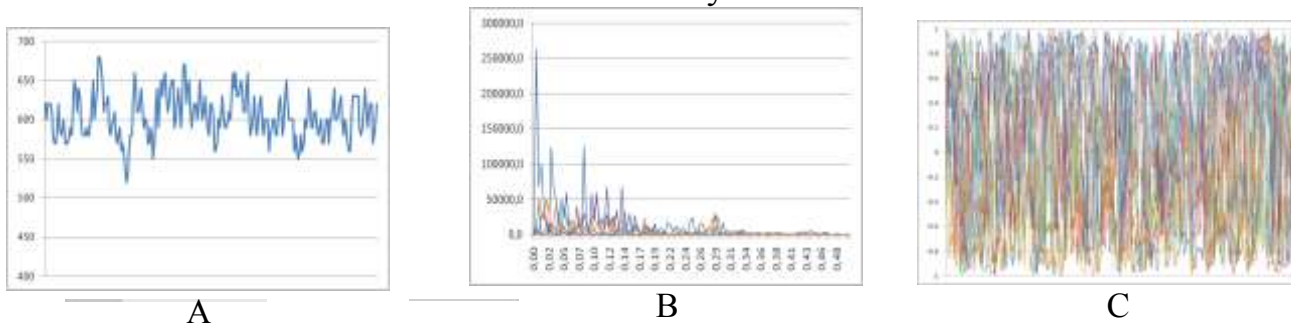


Рис. 3. Кардиоинтервалы (КИ) и их статистические характеристики: 2-А – пример кардиоинтервалов; 2-В – суперпозиция 15-ти спектральных плотностей сигнала (СПС) для 15-ти отрезков кардиоинтервалов; 2-С – суперпозиция 15-ти автокорреляций $A(t)$ одного испытуемого.

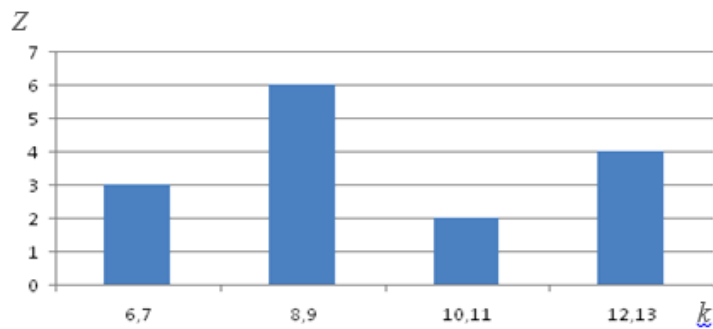


Рис. 4. Гистограмма распределений z числа пар совпадений выборок k для 15-ти серий измерений кардиоинтервалов у испытуемого БДВ (по 15 выборок кардиоинтервалов в каждой из 15-ти серий), где z – число одинаковых k в матрицах.

Установлено, что при изменении состояния ФСО (в условиях нагрузки – 30 приседаний) параметры квазиаттракторов демонстрируют устойчивую зависимость для нетренированных испытуемых и спортсменов. Оказалось, что расчет параметров КА для КИ дает четкие различия между тренированными (у них площади S и объемы V для КА почти не изменились, было $\langle S_1^T \rangle = 0,152 \cdot 10^6$ (y.e.), стало $\langle S_2^T \rangle = 0,157 \cdot 10^6$ (y.e.)) и испытуемыми без физической подготовки в условиях тестовых физических нагрузок (у этих студентов S_2 и V_2 возросли с $\langle S_1 \rangle = 0,072 \cdot 10^6$ (y.e.) до $\langle S_2 \rangle = 0,099 \cdot 10^6$ (y.e.)).

В главе 4 «Хаотическая динамика изменения биопотенциалов мозга и мышц с позиции теории хаоса и самоорганизации» рассмотрены границы применимости стохастики в электрофизиологии при изучении гомеостатических биосистем, на примере биопотенциалов мышц (электромиограмм – ЭМГ) и электроэнцефалограмм – ЭЭГ. Выполнен сравнительный анализ поведения КА выборок ЭМГ группы из 15-ти человек и одного и того же человека при 15-ти повторах. Оказалось (см. табл.4), что площади S для КА различаются существенно.

Таблица 4

Значение площадей квазиаттракторов (S) выборок электромиограмм группы из 15 девушек и одной и той же девушки при слабом ($F_1=50Н$) и сильном ($F_2=100Н$) напряжении мышцы

	Разные испытуемые		Один испытуемый (повторения)	
	$S_1 \cdot 10^4$ (y.e.), 50 Н	$S_2 \cdot 10^4$ (y.e.), 100 Н	$S_1 \cdot 10^4$ (y.e.), 50	$S_2 \cdot 10^4$ (y.e.), 100 Н
1	2,68	10,62	2,65	10,73
2	2,98	20,39	2,43	11,49
3	4,21	10,12	3,58	13,97
4	7,78	14,99	2,76	11,17
5	1,54	10,29	3,22	11,97
6	2,31	12,30	1,88	10,11
7	4,28	10,57	2,98	15,26
8	3,91	29,85	2,43	19,13
9	1,64	7,26	1,69	10,00
10	1,78	8,16	1,69	6,89
11	4,18	18,92	2,12	11,69
12	1,80	16,29	1,52	10,14
13	2,86	6,17	1,89	10,47
14	2,63	9,36	2,03	11,36
15	4,51	8,42	3,09	8,60
$\langle S \rangle$	3,27	12,91	2,39	11,53
	Критерий Вилкоксона, уровень значимости $p < ,01$		Т-критерий, уровень значимости $p < ,001$	

Аналогичные результаты получены для матриц парных сравнений выборок ЭМГ в разных гомеостатических состояниях (при $F_1=50\text{Н}$ и $F_2=100\text{Н}$) одного испытуемого (при 15-ти повторях). В условиях статической нагрузки и без нагрузки (у нетренированных испытуемых) значения чисел совпадения выборок ($k_{50}=7$ и $k_{100}=17$) различаются существенно (как площади КА). При этом эти числа k (как и для ТМГ) невелики, т.е. хаос статистических функций распределения $f(x_i)$ для ЭМГ преобладает над стохастикой (доля стохастики $k \approx 5\%$).

Например, были получены (табл. 4) для электромиограмм одного испытуемого и группы разных испытуемых в условиях слабого ($F_1=50\text{Н}$) и усиленного ($F_2=100\text{Н}$) напряжения мышц различные значения КА при многократных ($N=225$ выборок ЭМГ) повторях регистрации ЭМГ. На рис. 5 и рис. 6 представлены два характерных примера гистограмм этих 15-ти серий экспериментов по проверке эффекта Еськова-Зинченко для одного испытуемого при двух разных усилиях (50Н и 100Н) со значениями z (z – число одинаковых выборок k) для ЭМГ. Характерно, что для матриц парных сравнений выборок ЭМГ (у одного и того же человека) мы при 225 повторях регистрации выборок ЭМГ получаем определенную статистическую закономерность (см. рис. 5 и 6).

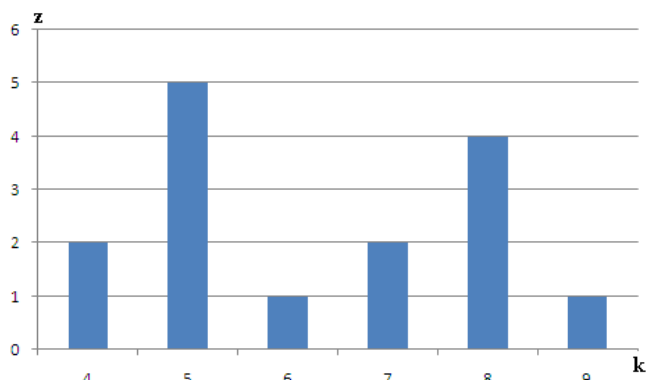


Рис. 5. Гистограмма распределений z числа пар совпадений выборок k для 15-ти серий измерений электромиограмм у испытуемого ГДВ (по 15 выборок треморограмм в каждой из 15-ти серий при слабом напряжении мышцы $F_1=50\text{Н}$), где z – число одинаковых k в матрицах.

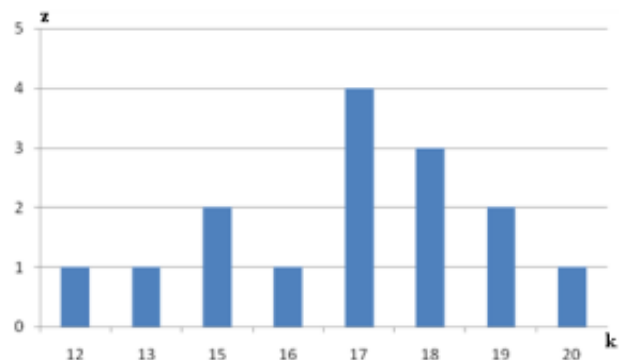


Рис. 6. Гистограмма распределений z числа пар совпадений выборок k для 15-ти серий измерений электромиограмм у испытуемого ГДВ (по 15 выборок треморограмм в каждой из 15-ти серий при сильном напряжении мышцы $F_2=100\text{Н}$), где z – число одинаковых k в матрицах.

Подобные закономерности (значимые изменения площадей КА при переходе из одного состояния ФСО в другое) мы зафиксировали и для электроэнцефалограмм (ЭЭГ). При этом квазиаттракторы изменяются весьма существенно (от $S_1^N=3494$ у.е. до $S_2^N=2841$ у.е. у здорового испытуемого при фотостимуляции (см.рис. 7).

Подробно рассмотрена хаотическая динамика изменения биопотенциалов мозга и мышц с позиций новой теории регуляции ФСО. Эксперименты демонстрируют хаос стохастических функций распределения $f(x)$). На рис. 7 показан пример фазовых портретов ЭЭГ испытуемого до и после фотостимуляции (здоровый испытуемый). А расчеты площадей S для КА выборок ЭЭГ в период релаксации (S_1) и при фотостимуляции (S_2) зрительного анализатора демонстрирует уменьшение S_2 относительно S_1 ($S_1^N=3494$ у.е. и при фотостимуляции $S_2^N=2841$ у.е.) для здорового испытуемого, что инвертируется у больного эпилепсией.

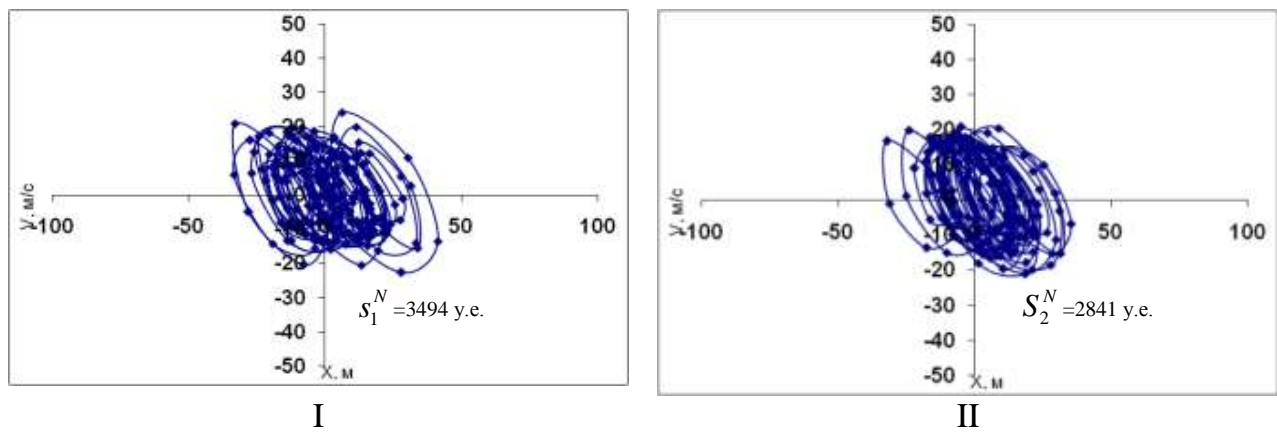


Рис. 7. Фазовые траектории выборок электроэнцефалограмм и их квазиаттракторов (в виде площади $s_1^N = 3494$ у.е. и $S_2^N = 2841$ у.е.) для одного и того же здорового человека: I – в период релаксации; II – в период фотостимуляции с частотой 10 Гц.

Глава 5 «Понятие эволюции систем третьего типа в фазовом пространстве состояний» содержит рассмотрение простейших двухкластерных моделей в физиологии в аспекте решения оптимизационных задач и основные положения компартментно-кластерной теории (ККТБ) для ФСО в целом. Компартментно-кластерный подход (ККП) и в целом системный анализ и синтез все более активно внедряется в физиологию. В рамках ККП мы можем построить теорию идентификации степени синергизма в ФСО (у нас это ССС) или описать хаотическую динамику тремора, теппинга, кардиоинтервалов, ЭЭГ и ЭМГ, что сейчас отсутствует в физиологии.

Для реального моделирования иерархической ССС, состоящей из двух кластеров, использовались двухкластерные модели, где второй кластер представляет собой m_2 – компартментную эффекторную систему, а первый m_1 – компартментную управляющую (головной мозг, ЦНС) нейронную сеть. Допускается в общем случае одинаковая структурная организация внутрикластерных связей с числом фазовых состояний в общем случае $m_1 \neq m_2$ (хотя в реальном нашем исследовании мы сейчас рассмотрели именно $m_1 = m_2 = 3$). Число компартментов 3 характерно для любых регуляторных систем – ФСО, которые имеет афференты ($x_1(t)$), центральное звено ($x_2(t)$) и эффекторную часть (выход $x_3(t)$). Согласно ККП получаем, что для такого двухкластерного (с тремя компартментами в каждом кластере) случая справедлива модель в виде двух систем дифференциальных уравнений: для x_1 ($m_1=3$) и двух функций выхода $y_1(t)$ и $y_2(t)$.

Здесь мы также считаем, что отсутствует тормозное влияние при передаче возбуждения с первого кластера (верхний иерархический уровень, уровень активности мозга, сосудодвигательного центра) на второй, соподчиненный ему кластер (спинальный уровень). Этот кластер ССС представлен системой регуляции работы самого сердца, а для НМС – мышцами с афферентами и эфферентами.

Разработан алгоритм идентификации степени синергизма (впервые с конца 19-го века, когда Ч. Шеррингтон декларировал синергизм для реципрокных взаимоотношений мышц) в ССС и НМС. Основной задачей этого алгоритма является нахождение параметров модели, выраженной в терминах состояний, на основании соотношения вход-выход системы, где размерность фазового пространства в виде частоты сердечных сокращений – ЧСС, артериального давления (АД) и диастолического (ДД) давления была бы минимальной. При методах внешних воздействий

на ФСО (у нас были разные опыты с ССС), которые мы применяем в наших исследованиях, выход системы $y(t)$ является ответом на внешнее воздействие.

Разработана процедура идентификации линейной модели ССС, основанной на методе минимальной реализации (ММР). Она состоит из двух шагов: 1) выбор оптимальных амплитудных и частотных характеристик воздействия; 2) диагностика линейного или квазилинейного состояния исследуемой ССС.

При идентификации матрицы A на практике почти всегда содержится некоторое число элементов с довольно большими (по модулю) величинами, но отрицательными знаками, т.е. $a_{ij} < 0$. Однако, после преобразований и получения матрицы Q отрицательные $|a_{ij}| \approx 0$, т.е. если и есть в СТТ такие связи, то они принимают небольшие значения и в ряде случаев ими можно пренебречь, т.е. можно считать биосистему почти полностью синергичной. В ряде случаев получить окончательную неотрицательную матрицу невозможно, и тогда мы говорим о частичном синергизме (имеются некоторые $a_{ij} < 0$). Можно найти минимальное число отрицательных обратных связей в моделях СТТ, оценить их число и величину. Для этой оценки нами вводится параметр асинергичности (точнее χ представляется коэффициентом асинергии, но характеризует синергизм в целом) реальной ФСО в виде:

$$\chi = k(\sum a_{ij} (< 0)) \cdot (\max a_{ij} (< 0)) \quad (1)$$

где, k – число отрицательных обратных связей в модели ФСО, $\sum a_{ij} (< 0)$ – суммарная величина отрицательных обратных связей в моделях ФСО, $\max a_{ij} < 0$, наибольший (взятый по модулю) из отрицательных элементов (связи между компартментами) Q . Чем больше χ , тем более значителен асинергизм в изучаемых ФСО.

В реальных экспериментах с 2-мя группами испытуемых получены 4-е графика зависимости ЧСС от времени t при нагрузке (30 приседаний за 30 сек.). Результирующий график для первой группы испытуемых (молодежь в возрасте 14-16 лет) в условиях перепада температуры окружающей среды (внешняя температура $t_1 = -10^\circ\text{C}$) представлен на рисунке 8.

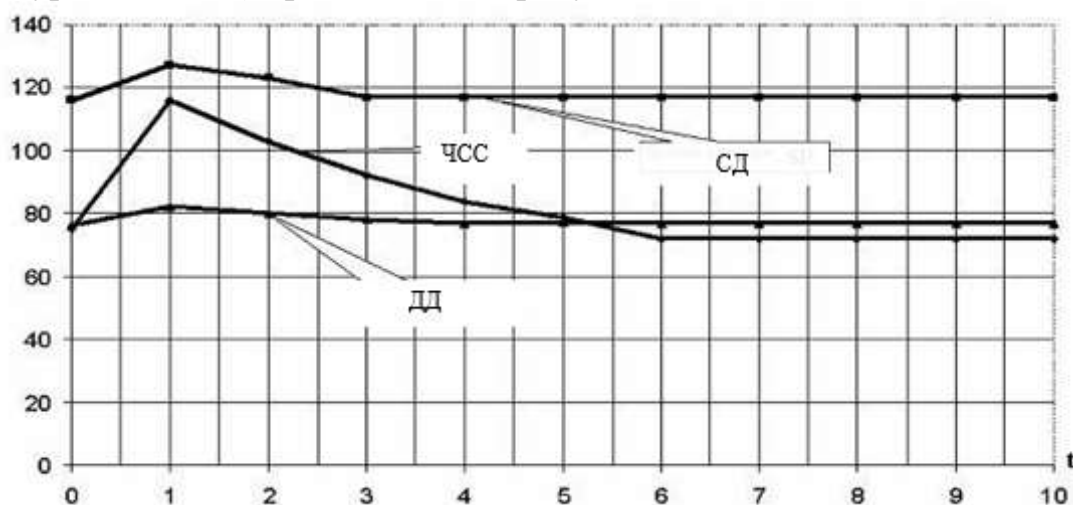


Рис. 8. Зависимость частоты сердечных сокращений (ЧСС) и артериального давления (отдельно систолического (САД) и диастолического (ДАД) давлений) от физической нагрузки (момент времени $t=1$) у испытуемых (группа 14-15 лет) при -10°C (по оси абсцисс – время в минутах).

Исследовалась динамика 3-х величин (частота сердечных сокращений – ЧСС, систолическое – СД и диастолическое – ДД давления) до похолодания и после падения температуры воздуха t °С, когда ССС испытуемых теряла полный синергизм (после падения $t_2 = -25^\circ\text{C}$ за 10 часов).

Используя разработанные методы и программы были рассчитаны модели систем регуляции ССС у жителей Югры в условиях перепада температур. Для рис. 8 матрица A_1 такой модели имеет четвертый порядок ($m=4$) и может быть записана в следующем виде (2):

$$A_1^1 = \begin{bmatrix} 0.89 & 0.00 & 0.00 & 0.00 \\ 1.00 & -4.46 & -24.46 & 0.00 \\ 0.00 & 1.00 & 5.18 & 0.79 \\ 0.00 & 0.00 & 1.00 & -1.26 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Расчеты на ЭВМ с использованием нами разработанной программы на базе ММР и программы идентификации степени синергизма показали, что у этой матрицы собственные значения λ_i имеют перронов корень $\lambda^* = 1,2$, а сами инварианты имеют вид (3):

$$1.20 + i*0.00; 0.86 + i*0.00; -0.85 + i*0.94; -0.85 - i*0.94. \quad (3)$$

Согласно теореме Фробениуса-Перрона имеется возможность приведения матрицы A_1 к окончательно неотрицательному виду Q (этот алгоритм запатентован). Это значит, что для этой группы испытуемых возможен полный синергизм в системе регуляции ССС (до похолодания). Точность всех моделей приближена к 5% погрешности.

Итоговое значение (рис. 8) коэффициента асинергизма $\chi_1 = 2,832$ (значение невелико), оно показывает очень небольшой вклад негативных (отрицательных) связей в общую организацию системы ССС в этой группе испытуемых. Для всех случаев рассчитаны матрицы A , которые представляют модели динамики поведения ЧСС в условиях резкого понижения температуры воздуха (за несколько часов t° упала на 15C°). В младшей и старшей возрастной группе при этом мы наблюдали потерю синергизма в ССС.

Использование ММР позволило установить существенные различия в собственных значениях матрицы A в условиях резкого перепада температур (от -10°C до -25°C). Эти различия весьма выражены для старшей возрастной группы (жителей Югры). Существенно, что реакции ССС в ответ на резкое похолодание весьма отличаются для 1-й и 2-й групп, что сказалось и на величинах перронова корня моделей. Одновременно, после резкого понижения температуры, в моделях системы регуляции функций ССС может изменяться степень синергизма (увеличивается асинергизм) в работе регуляторных систем ССС. Таким образом, расчет коэффициентов асинергизма χ дает объективную информацию о процессах адаптации к изменяющимся факторам среды и о состоянии СС человека, проживающего в условиях Севера РФ. Люди среднего возраста более тяжело переносят перепады температуры, а потери степени синергизма в их системах регуляции ССС могут быть оценены количественно сравнительно с молодежной группой. Все это составило особый блок новой теории регуляции ФСО, в которой можно точно определять степень синергизма (асинергизма) в ССС.

Далее производилось изучение возможностей моделирования хаотической динамики статистических функций $f(x)$ для ССС и НМС в рамках ККТБ. Имитационное моделирование двухкластерной трёхкомпарментной системы управления

кардио-респираторной системой и нервно-мышечной системой производилось с использованием теории графов и осуществлялось в среде моделирования “*SimulinkMatLab*”. Для исследования и моделирования выходных сигналов от ССС и НМС применялись методы новой теории регуляции ФСО. Модели позволяют описывать разнообразные динамические режимы функционирования НМС при постуральном треморе или при регистрации электромиограмм от хаотических режимов до квазипериодических и далее – стационарных режимов. Аналогично это касалось и ССС. Изменяя параметры модели и интенсивность драйва, мы можем получить характеристики переменных x_i с хаотической динамикой поведения всего вектора состояния системы, что соответствует нормальному функционированию нервно-мышечной системы человека и ССС в различных физиологических условиях испытуемого.

Матрица парного сравнения выборок (модельных ЭМГ и ТМГ) при узких вариациях коэффициента диссипации Δb_1 представлена в таблице 6. Для случая широких интервалов изменения только одного параметра Δb_1 мы получили $k \leq 5$ и это моделирует тремор или динамику ЭМГ. Подобные матрицы (табл. 5) описывают или теппинг, или динамику КИ, когда имеется более жесткое управление по b (узкие интервалы вариации Δb_1 в таблице 5). Тем самым мы доказываем, что регуляция работы ССС (оценивая по КИ) происходит более жестко (при малых Δb_1), чем ТМГ и она (регуляция) подобна влиянию сознания на организацию движений.

В итоге мы можем отобразить число совпадений пар выборок согласно расчетам матриц парных сравнений на графике (см. рис. 9), где по оси x – интервалы вариаций коэффициента диссипации b_1 , а по оси y – число совпадений (k). Мы имеем некоторую монотонно убывающую функцию k от b_1 , т.е. $k=k(b_1)$, см. рис. 9, это раскрывает истинный механизм регуляции ФСО.

Таблица 5

Матрица парного сравнения значений выборок модельного теппинга для коэффициента диссипации b_1 при малых изменениях коэффициента диссипации (число пар совпадений выборок $k=22$), в диапазоне изменения b_1 от 1.55 до 1.64

$b_1, y.e.$	1,55	1,56	1,57	1,58	1,59	1,60	1,61	1,62	1,63	1,64
1,55	0	,25	,09	,01	,00	,00	,00	,23	,00	,05
1,56	,25	0	,43	,09	,04	,00	,00	,97	,00	,17
1,57	,09	,43	0	,96	,12	,01	,00	,34	,00	,64
1,58	,01	,09	,96	0	,53	,02	,00	,11	,00	,90
1,59	,00	,04	,12	,53	0	,50	,09	,02	,00	,49
1,60	,00	,00	,01	,02	,50	0	,25	,00	,03	,07
1,61	,00	,00	,00	,00	,09	,25	0	,00	,24	,00
1,62	,23	,97	,34	,11	,02	,00	,00	0	,00	,19
1,63	,00	,00	,00	,00	,00	,03	,24	,00	0	,00
1,64	,05	,17	,64	,90	,49	,07	,00	,19	,00	0

Таким образом, получается, что, изменяя интенсивность драйва (или величину диссипации b_1), мы получаем характеристики с различной хаотической динамикой поведения $x(t)$, что соответствует нормальному функционированию ССС или НМС человека. Невозможно предсказать значение биоэлектрической активности мышц или КИ для эффекторных органов в последующий момент времени. В целом ККП позволяет описывать разнообразные динамические режимы функциони-

рования НМС и ССС: от хаотических режимов до квазипериодических и далее – стационарных режимов, что характерно уже для болезни Паркинсона.

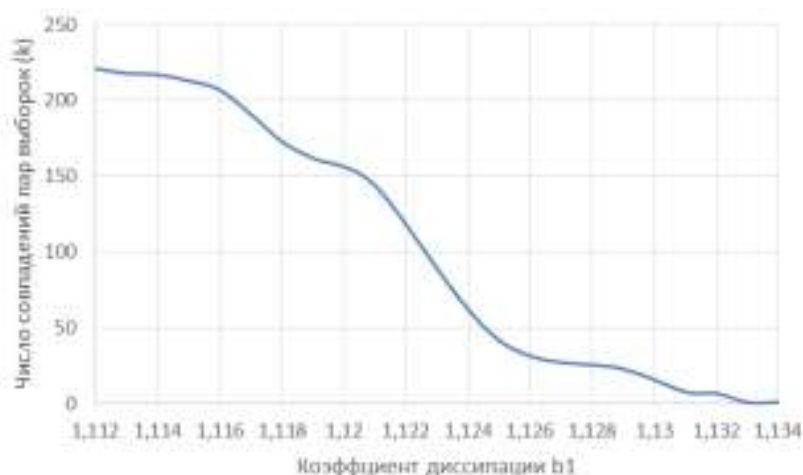


Рис. 9. Число совпадений пар выборок (k) как функция от вариаций коэффициентов диссипации Δb_1 (расчета матриц парных сравнений выборок модельных ТМГ и изменения вариации коэффициента диссипации Δb_1).

Появление неустойчивой периодичности (с вариацией частот) в характеристиках НМС (как и в любой реальной биосистеме – обычный постуральный тремор) соответствует патологическому явлению, например, болезни Паркинсона.

Далее рассмотрены основные критерии ненулевой скорости движения центра квазиаттрактора и критерии существенного или несущественного изменения объема квазиаттрактора V_G . Сразу отметим, что этот объем КА мы находим как произведение вариационных размахов Δx_i по каждой координате x_i , т.е. $\Delta x_i = x_{i\max} - x_{i\min}$. В целом, объем V_G будем определять из (4):

$$V_G = \prod_{i=1}^m \Delta x_i, \quad (4)$$

а координаты центра квазиаттрактора x_i^c находятся из уравнения (5):

$$x_i^c = (x_{i\max} + x_{i\min})/2. \quad (5)$$

На основании понятия квазиаттрактора, можно ввести критерий существенных или несущественных различий в параметрах изменения положения центра квазиаттрактора и объемов многомерных КА. Точку отсчета для существенных изменений объемов мы будем определять как двукратное изменение объема КА биосистемы, если мы сравниваем объем КА до воздействия (до изменений) – V_G^1 и объем КА после воздействия (изменения) – V_G^2 .

Таким образом, объем V_G^2 может уменьшиться в 2 раза (и менее) или увеличиться в 2 раза (и более) по отношению к исходному V_G^1 и мы будем говорить о значимых изменениях в состоянии биосистемы по параметрам изменения объемов квазиаттракторов. Такие существенные изменения мы наблюдаем в геронтологии (возрастные изменения КА для кардиоинтервалов), что представлено на рис. 10 для 3-х возрастных групп женщин – ханты (для КИ).

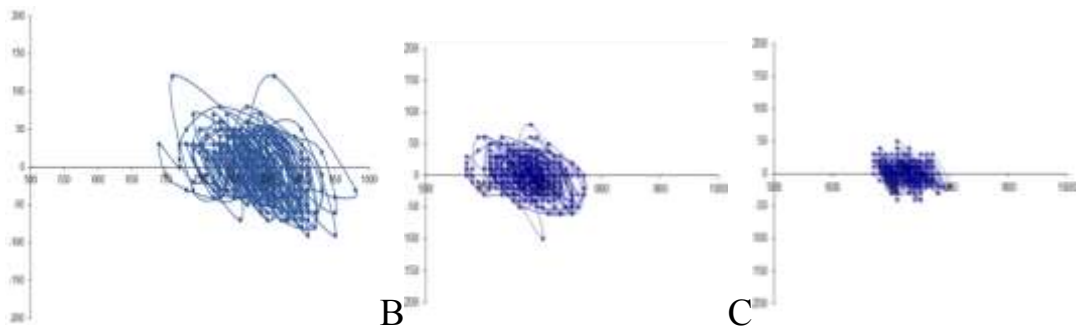


Рис. 10. Три характерных квазиаттрактора (для 3-х возрастных групп: 23 г. – А; 45 лет – В; 59 лет – С) на фазовой плоскости (фазовая плоскость для координат сердечнососудистой системы в виде кардиоинтервалов x_1 и $x_2=dx_1/dt$)

Были рассмотрены (см. рис. 10) изменения площадей КА для КИ трех возрастных групп женщин (ханты и приезжие), при этом изменяются и координаты центров и кинематика КА. По первому кластеру параметров (ССС) мы имели общую размерность $m=15$, но рассматривались ФПС уменьшенных размерностей (например, $m=6$). С физиологической точки зрения мы выбрали важнейшие диагностические признаки (компоненты) вектора состояния $x(t)$. Отметим, что подобный подход мы сейчас активно используем в медицине (уже изучено более 11 видов патологий), в физиологии спорта (при тренировках спортсменов, при занятиях физкультурой обычных групп, не спортсменов), при изучении биомеханических систем (тремор, теппинг), в электрофизиологии (исследовались электромиограммы и нейрограммы) и целом ряде других исследований (экология человека и т.д.). В целом, число сравниваемых групп превышает сотни, а число измерений достигло ста тысяч, если учесть не только физиологию, биологию, но и многочисленные медицинские измерения.

В рамках новой теории регуляции ФСО доказано, что реальные и модельные данные возрастных изменений площадей КА для кардиоинтервалов у женщин пришлого населения (см. рис. 11) описывается уравнением $S=0,12t^2-11,17t+327,26$ (t – возраст в годах, S – площадь КА), а для рис. 12 (женщины-ханты) мы имеем уравнение Ферхюльста–Пирла $dS/dt=(a-bS)S$. Были вычислены параметры a и b с учётом реальных значений площадей S для КА (см. рис.12).

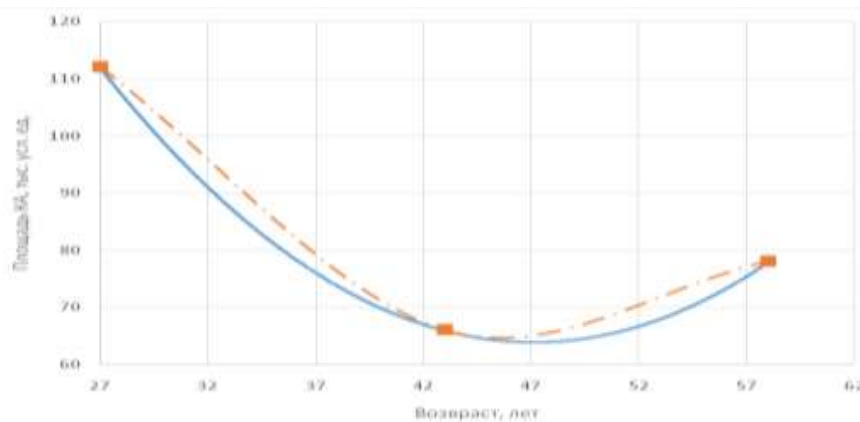


Рис. 11. Реальные и модельные данные возрастных изменений S для квазиаттракторов кардиоинтервалов для приезжих женщин. Здесь: сплошная линия – модельные данные, штрих-пунктирная – реальные данные.

Подчеркнем, что это первая попытка формализовать хаотическую возрастную динамику КА с помощью детерминистского подхода. На рис. 11 показан график

динамики КА с возрастом для пришлого населения. Старение аборигенов происходит в рамках естественных и закономерных процессов – монотонного падения площади S КА для КИ с возрастом, что представлено на рис.12.

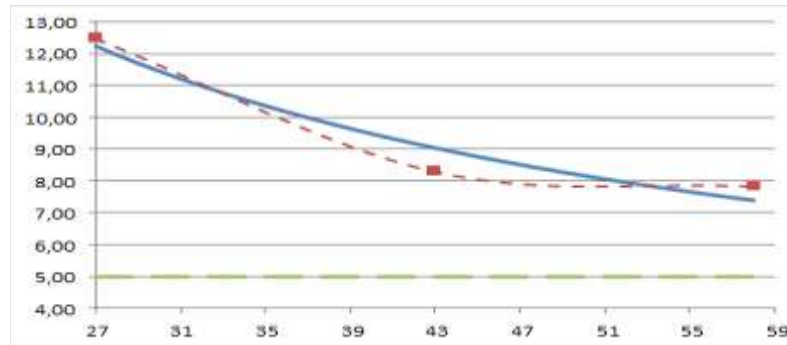


Рис. 12. Реальные и модельные данные возрастных изменений S для квазиаттракторов кардиоинтервалов женщин ханты.

Здесь: сплошная линия – модельные данные, штрих-пунктирная – реальные данные, штрих – асимптота $y_a=a/b=5,4$ тыс. усл. ед. для долгожительницы Р.Е.А. 102 года. ЭВМ рассчитала: $a=0,0000284$, $b=0,0000526$ для женщин ханты.

Динамика реальных и модельных данных возрастных изменений параметров x_0 СИМ женщин ханты описывается тоже уравнением Ферхюльста-Пирла $dx/dt=(a-bx)x$, где $a_1=0,000305$, $b_1=0,0000254$, но при условии что $x(t_0) < a/b$ (логистическая кривая). Одновременно, динамика реальных и модельных данных возрастных изменений параметров СИМ женщин пришлого населения, тоже описывается уравнением Ферхюльста-Пирла $dx/dt=(a-bx)x$, где $a_2=0,002801$, $b_2=0,0000233$. Очевидно, что параметры a для этих двух групп различаются существенно, но различия для параметра b менее выражены ($b_1=0,0000254$ и $b_2=0,0000233$). Величины b показывают степень диссипации возрастных признаков (они сходны для обеих групп).

В рамках новой теории регуляции ФСО нами исследовалось также движение квазиаттракторов в ФПС вектора состояния организма учащихся по морфометрическим параметрам (учащиеся севера (Югра) и средней полосы РФ). В этих примерах брали двумерный случай, когда $x_1=H$ – рост и $x_2=M$ – масса тела (см. рис. 13.А и В).

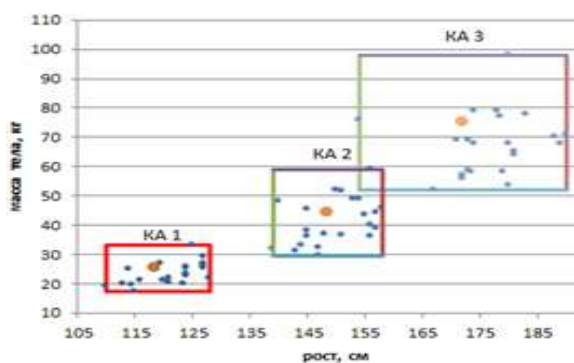


Рис.13.А. Квазиаттракторы антропометрических параметров мальчиков, учащихся Югры, в различные возрастные периоды (6, 11, 16 лет)

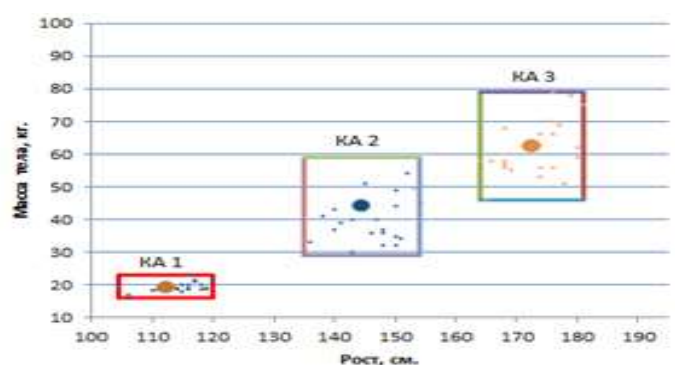


Рис.13.В. Квазиаттракторы антропометрических параметров мальчиков, учащихся республики Башкортостан, в различные возрастные периоды (6, 11, 16 лет)

Из этих рисунков видно, что мальчики средней полосы РФ демонстрируют нормальное развитие (все квазиаттракторы разделены!), что нельзя сказать про рис. 13-А (пересечение КА2 и КА3). Это говорит о разной реакции организма на

различные экологические условия (которые в ХМАО-Югре тоже показывают геоэстатический хаос в разные сезоны года).

В главе 6 «Новые принципы организации НСМ и нейросетевых идентификаторов как моделей хаотической работы нейросетей мозга человека» рассматривалось применение нейросетевых технологий в идентификации параметров порядка, т.е. нахождении главных диагностических признаков x_i^* в медицине (это, фактически, эвристическая деятельность врача). Это связано с определёнными трудностями, которые присущи работе любых искусственных нейросетей, которые подобны работе мозга человека. Главная сложность базируется на невозможности однозначного повторения любого состояния мозга, его нейронных систем. Действительно, если при каждой j -й итерации хаотически задавать начальные значения W_{i0} весов признаков x_i из области равномерного распределения на отрезке $(0, 1)$, то после настройки нейросети мы будем получать уникальные и неповторимые значения весов признаков x_i . На графике это можно представить в виде ординат (столбцы на рисунке 14), а по горизонтальной оси откладывается j -й номер итерации ($j=1, 2, \dots, n$).

Наборы этих ординат для всех $n=50$ итераций образуют выборку по каждой координате x_i всего $x(t)$ (это выборка весов признаков x_i). Каждый такой набор из 50-ти столбцов w_{ij} (величин весовых признаков) образует хаотическую динамику для каждого признака x_i (координаты x_i всего $x(t)$), а общая картина для всех x_i представлена на рисунке 14 в виде 11-ти различных диаграмм (т.е. $m=1, \dots, 11$). Они различаются между x_i и x_j , а при повторениях итераций по $n=50$ мы будем получать каждый раз разные функции распределения $f(x)$.

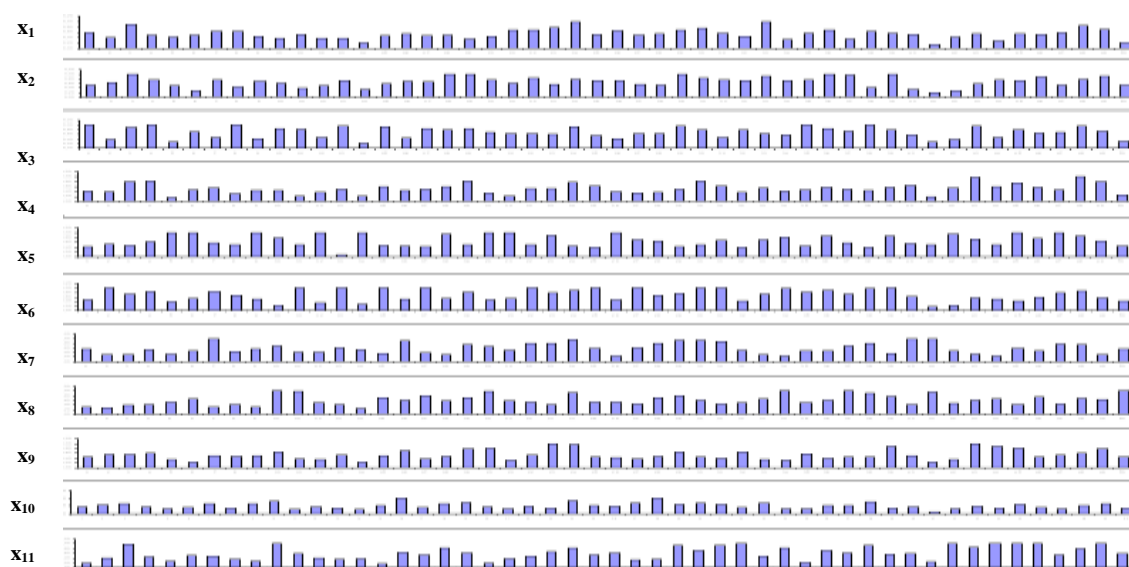


Рис. 14. Диаграмма распределения весовых коэффициентов w_{ij} каждого из параметров (x_i) для каждого j -того обучения (метод градиентного спуска) искусственной нейронной сети ($j=1, \dots, 50$). Здесь: x_1 – NN – значение кардиоинтервалов в выборке, мс; x_2 – SpO₂ – концентрация оксигемоглобина в крови, %; x_3 – SIM – индекс активности симпатического отдела вегетативной нервной системы, в условных единицах; x_4 – PAR – индекс активности парасимпатического отдела вегетативной нервной системы, в условных единицах; x_5 – SDNN – стандартное отклонение измеряемых кардиоинтервалов, мс; x_6 – HRV – отношение общего числа кардиоинтервалов к количеству интервалов с наиболее часто встречающейся длительностью (амплитуде моды), %; x_7 – IB – индекс напряжения (по Р.М. Баевскому); x_8 – VLF – спектральная мощность очень низких частот, мс²; x_9 – LF – спектральная мощность низких частот, мс²; x_{10} – HF – спектральная мощность высоких частот, мс²; x_{11} – LF/HF – отношение низкочастотной составляющей к высокочастотной.

В качестве примера реализации таких процедур мы получили результаты ранжирования весовых значений $\langle w_i \rangle$ признаков x_i для решения задачи разделения (бинарной классификации) группы испытуемых из 19-ти человек, которые прошли обследование по параметрам *сердечно-сосудистой системы* (ССС) до работы в ночную смену и после такой работы (сходные данные были получены и для психофизиологических параметров человека). Речь идет об экологической физиологии человека (нарушение суточной ритмики и работе в ночную смену) – хронофизиологии.

Подобную картину описала группа учёных Стенфорда при анализе выполнения движений при якобы произвольном (целевом) движении (reaching), но они не представили модели этих систем и процессов, нет теории поведения таких систем в рамках физиологии ФСО.

В целом, нейро-ЭВМ в режиме многократных ревербераций (это 1-й принцип реальной работы НСМ) и в режиме хаотического задания начального состояния W_{io} весов признаков x_i реально имитирует работу нейросетей мозга человека и раскрывает механизмы неустойчивости в регуляции физиологических функций организма человека. При этом модель НСМ (т.е. искусственная нейронная сеть с этими 2-мя принципами) представляет эвристическую деятельность мозга врача, когда из большого числа признаков x_i врач сосредотачивается на нескольких x_i^* и по ним ставит правильный диагноз. Сейчас – это искусство врача, но в рамках новой теории регуляции ФСО мы переводим эвристику в формализованную процедуру (выбор главных диагностических признаков x_i , по которым больной отличается от здорового человека). В работе таким образом оценивается эффект оздоровления (на Юге РФ) для группы мальчиков. В основе этих механизмов лежит хаос биопотенциалов мозга (ЭЭГ), он усиливается на уровне эффекторов (ЭМГ, ТМГ, ТПГ и работы сердца в режиме статистической неустойчивости).

ВЫВОДЫ

1. Усилия W.B. Cannon, H.A. Бернштейна, W. Weaver, I.R. Prigogine, П.К. Анохина по описанию сложных биосистем (гомеостатических систем) в рамках традиционных детерминистско-стохастических моделей и теории динамического хаоса не привели к успеху в описании *систем регуляции физиологических функций организма человека* из-за отсутствия у таких гомеостатических систем стационарных режимов ($dx/dt \neq 0$) и отсутствия статистической устойчивости регистрируемых выборок $x_i (f_j(x_i) \neq f_{j+1}(x_i))$ как для ТМГ и ТПГ, так и для ССС, нейросетей мозга и других регуляторных физиологических систем.

2. Для нервно-мышечной системы и кардио-респираторной системы (как главных ФСО) экспериментально доказана неустойчивость статистических функций распределения $f(x)$, и различных статистических характеристик (СПС, автокорреляций). Любая выборка параметров нервно-мышечной системы и кардио-респираторной системы имеет уникальный (произвольно неповторимый) характер. Вероятность p статистического совпадения двух подряд полученных выборок x_i , (т.е. что бы $f_j(x_i) = f_{j+1}(x_i)$ для любых j -й и $j+1$ -й выборок), имеет крайне малую величину, например, $p < 0,02$, что требует построения матриц парных сравнений выборок ТМГ, ТПГ, КИ и др. x_i при многократных повторах измерений этих параметров x_i у одного и того же испытуемого (в неизменном гомеостазе).

3. Вводится понятие неопределенности 2-го типа (для гомеостатических систем). Для тремора, теппинга, кардиоинтервалов, ЭЭГ и ЭМГ доказана реальность неопределенности 2-го типа – статистической неустойчивости получаемых под-

ряд выборок (у одного человека, в одном, неизменном гомеостазе). Это выводит параметры ФСО из области стохастики и требует новых методов анализа и синтеза параметров x_i ФСО в физиологии. Предлагается новый механизм регуляций ФСО, который основан на хаосе выборок x_i (в режиме многократных повторений). Сама регуляция проявляется в ограничении размеров квазиаттракторов x_i , а не в сохранении статистических функций распределения выборок x_i (в неизменном гомеостазе). Более того, при сравнении выборок ТМГ или КИ 15-ти разных испытуемых и 15-ти выборок одного и того же испытуемого (в неизменном гомеостазе) часто оказывается, что 15 разных людей более статистически похожи между собой, чем один человек на самого себя (это получило название эффекта Еськова-Филатовой). Это окончательно подрывает возможности статистики в персонифицированной медицине.

4. В рамках двухкластерных трёхкомпарментных моделей ССС выполнено количественное моделирование динамики поведения параметров кардиореспираторной системы в режиме неопределённостей 2-го типа. Разработана процедура идентификации степени синергизма в динамике ССС, которая апробирована в условиях резкого перепада температуры воздуха (в физиологии человека).

5. Предложены гибридные модели возрастных изменений (эволюций) параметров ССС, что перебрасывает мостик между детерминистским подходом и новой теорией гомеостатического регулирования. Возрастная эволюция кардиореспираторной системы проявляется в норме (у приезжих жителей ХМАО-Югры) в виде изменений размеров S квазиаттракторов по закону $S=S(t)=at^2+at+c$. Для аборигенов мы имеем модели с насыщением ($dS/dt=(a-bS)S$), что соответствует нормальному физиологическому старению. Разработаны критерии эволюции ФСО (изменений параметров ФСО), которые описывают индивидуальные и групповые изменения параметров ССС системы в аспекте возрастных изменений (в геронтологии) и при суточных десинхронозах. Характерно, что традиционные статистические методы не показывают эффективность диагностики возрастных и суточных изменений из-за неопределённостей 1-го и 2-го типов в динамике изменения параметров ССС. Наблюдается инверсия понятий: то, что в стохастике может быть неизменностью ФСО (покоем), в новой теории регуляции ФСО является движением (изменением x_i) и наоборот, непрерывное изменение выборок (их $f(x_i)$) для гомеостатической системы является стационарным режимом в рамках новой теории регуляции ФСО. В целом, предложена новая концепция регуляции ФСО и ее применение в медицине.

6. Одновременно с неопределённостью 2-го типа регистрируется и неопределённость 1-го типа, когда для физиологически разных выборок (разных стационарных состояний сравниваемых систем или для одной системы, но в разных стационарных состояниях) регистрируются одинаковые статистические функции $f(x_i)$. При этом параметры квазиаттракторов существенно различаются, а искусственные нейросети демонстрируют различие между двумя сравниваемыми выборками вектора $x=x(t)=(x_1, x_2, \dots, x_n)^T$, т.е. показывают разные состояния G_1 и G_2 ($G_1 \neq G_2$). В рамках двух физиологических принципов (непрерывные реверберации и хаос параметров НСМ) разработан механизм эвристической деятельности мозга по идентификации параметров порядка (наиболее важных диагностических признаков x_i^* – системного синтеза). В этом случае предложена модель НСМ, которая использует нейроэмуляторы в режиме бинарной классификации при многократных хаотических итерациях этой процедуры (число итераций $N > 1000$).

7. В исследованиях с работающими в ночную смену и по оценке оздоровительных мероприятий группы мальчиков г. Сургута, показана успешность применения ИНС для решения задач идентификации важнейших физиологических параметров ФСО человека. Работа ИНС представляет реальную модель работы нейросетей мозга, когда каждый новый цикл генерирует неповторимую выборку W_i весов признаков (этот факт впервые экспериментально доказан в работе). С позиций разрабатываемой новой теории регуляции ФСО процесс гомеостатического регулирования физиологических функций можно представлять, как неизменяемость параметров квазиаттракторов и матриц парных сравнений выборок, неизменяемости весовых коэффициентов W_i диагностических признаков x_i системы. Наоборот, эволюция – это движение квазиаттракторов в фазовом пространстве состояний по критериям, которые разработаны в рамках новой теории регуляции ФСО или как изменение весовых коэффициентов W_i при использовании нейроэмуляторов в оценке динамики вектора $x(t)$ при изменениях ФСО организма испытуемых. В последнем случае возможно изменение параметров порядка (главных диагностических признаков x_i^*).

8. Работа искусственных нейронных сетей раскрывает механизмы работы нейросетей мозга, когда мы имеем «повторение без повторений» (Н.А. Бернштейн) на уровне ЦНС. Далее, этот хаос дополняется хаосом управляемых ЦНС ФСО (у нас НМС и ССС), но этот хаос параметров ФСО ограничен размерами квазиаттракторов. Сейчас мы говорим, что неизменность ФСО – это особый хаос параметров x_i ФСО, но в пределах ограниченных объемов квазиаттракторов. Это и есть неопределенность 2-го типа, которая существенно изменяет наши представления о регуляции ФСО и НСМ.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Поскольку параметры сердечно-сосудистой и нервно-мышечной систем демонстрируют неопределенность 2-го типа (статистическая неустойчивость выборок x_i), то предлагается рассчитывать матрицы парных сравнений выборок (что довольно громоздко) или параметры квазиаттракторов для оценки состояния сердечно-сосудистой и нервно-мышечной систем.

2. Для раскрытия неопределенностей 1-го типа в физиологии предлагается использовать искусственные нейронные сети в режиме многократных ($N > 1000$) итераций процедуры разделения групп выборок диагностических признаков, что одновременно и решает задачу системного синтеза (нахождения главных признаков). Для физиологии человека на Севере это пока единственный способ нахождения главных диагностических признаков x_i для разных состояний функциональных систем организма.

3. Разработанные новые методы работы искусственных нейронных сетей в режиме ревербераций и хаоса параметров W_{io} целесообразно применять в физиологии и медицине при идентификации реальных различий в параметрах сердечно-сосудистой и нервно-мышечной систем. Разработанные методы необходимо использовать для выявления степени информационной значимости регистрируемых физиологических признаков x_i с учетом эндемических особенностей (влияние экологических факторов среды, условий жизни и работы), при реальной диагностике различий между больным и здоровым человеком, что позволяет минимизировать число наблюдаемых диагностических признаков, выделить наиболее существенные из этих признаков, которые характерны для данной местности, и правильно поставить диагноз.

4. Расчет коэффициента асинергизма целесообразно использовать в физиологии и исследованиях при изучении действия экофакторов на организм жителей северных регионов Российской Федерации.

СПИСОК ОСНОВНЫХ ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Научные открытия:

1. Еськов В.М., Филатова О.Е., Еськов В.В., Хадарцева К.А. Закономерность изменения параметров реальных аттракторов состояния биоорганизмов под действием внешних факторов и внутренних изменений. Диплом на открытие №370 // Научные открытия. Сборник кратких описаний. Вып.6, М.: 2009. – С. 21-23.

Патенты, изобретения:

1. Еськов В.В. Многоканальное устройство для регистрации треморограмм / Свидетельство на полезную модель № 18625. Москва, 2001.
2. 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 № 2432895(13) С1 /14 от 10.11.2011.
3. Еськов В.М., Еськов В.В., Филатова О.Е. Способ корректировки лечебного или лечебно-оздоровительного воздействия на пациента // Патент № 2433788 (13) С2 от 20.11.2011.

Свидетельства о государственной регистрации программ ЭВМ:

1. Еськов В.М., Кулаев С.В., Папшев В.А., Пашнин А.С., Еськов В.В. Программа расчета степени синергизма в биологических динамических системах с хаотической организацией. Свидетельство об официальной регистрации программы на ЭВМ № 2005612885 РОСПАТЕНТ. – Москва, 2005.
2. Еськов В.М., Устименко А.А., Ануфриев А.С., Еськов В.В., Третьяков С.А. Кластерный анализ вектора состояния биосистем // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2009614364 от 22 июня 2009 г.
3. Еськов В.М., Брагинский М.Я., Еськов В.В., Майстренко Е.В., Филатов М.А. Идентификация параметров порядка (наиболее значимых диагностических признаков) методов расчета матриц состояний / Свидетельство об официальной регистрации программы на ЭВМ №2010613309 от 19 марта 2010 г., РОСПАТЕНТ. – Москва, 2010.
4. Еськов В.М., Брагинский М.Я., Еськов В.В., Козлова В.В., Филатов М.А. Программа медицинской диагностики по расстоянию между фактической точкой вектора состояния организма человека и ближайшими центрами квазиаттракторов / Свидетельство об официальной регистрации программы на ЭВМ №2010613543 от 1 апреля 2010 г., РОСПАТЕНТ. – Москва, 2010.
5. Еськов В.М., Гавриленко Т.В., Еськов В.В., Добрынин Ю.В., Балтикова А.А. Программа для идентификации наиболее важных диагностических признаков путем последовательного исключения всех компонент вектора состояния системы // Свидетельство об официальной регистрации программы на ЭВМ №2013611828 от 6 февраля 2013 г., РОСПАТЕНТ. – Москва, 2013.
6. Еськов, В. М., Гавриленко, Т. В., Еськов, В. В., Филатова, О. Е., Даянова, Д.Д. Программа идентификации важнейших диагностических признаков (параметров порядка) с помощью нейроэмуляторов (программа ЭВМ) // Свидетельство об официальной регистрации программы на ЭВМ № 2014663077 от 15 декабря 2014 г., РОСПАТЕНТ. – Москва, 2014.
7. Еськов, В. М., Гавриленко, Т. В., Еськов, В. В., Филатова, О. Е., Даянова, Д.Д. Программа расчёта персонифицированных матриц межаттракторных расстояний

при внутригрупповом анализе (программа ЭВМ) // Свидетельство об официальной регистрации программы на ЭВМ № 2014663080 от 15 декабря 2014 г., РОСПАТЕНТ. – Москва, 2014.

8. Еськов В.М., Гавриленко Т.В., Еськов В.В., Русак С.Н., Вохмина Ю.В. Программа расчёта персонифицированных матриц межаттракторных расстояний при межгрупповом анализе // Свидетельство об официальной регистрации программы на ЭВМ № 2014612535 от 15 мая 2014 г., РОСПАТЕНТ. – Москва, 2014.

Монографии:

1. Еськов В.В., Пашнин А.С., Филатова О.Е. Использование компартментно-кластерного подхода для идентификации синергизма и устойчивости функциональных систем организма человека (и животных в эксперименте) / 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. – Самара: ООО «Офорт» (гриф РАН), 2008. – С. 7-19.
2. Еськов В.М., Еськов В.В., Вечканов И.Н. Инфекционные заболевания в аспекте системного анализа и синтеза / Системный анализ, управление и обработка информации в биологии и медицине. Часть VIII. Общая теория систем в клинической кибернетике // Под ред. В.М. Еськова. А.А. Хадарцева. – Самара: ООО «Офорт» (гриф РАН), 2009. – С. 45-58.
3. Еськов В.В., Пашнин А.С. Алгоритмы измерения матриц межаттракторных расстояний в фазовых пространствах состояний / Системный анализ, управление и обработка информации в биологии и медицине. Часть IX. Биоинформатика в изучении физиологических функций жителей Югры / Под ред. В.М. Еськова, А.А. Хадарцева, Самара: Изд-во ООО «Офорт» (гриф РАН), 2011. – С. 25-38.
4. Гиновкер А.Г., Еськов В.М., Еськов В.В. Новые технологии в медицине и здравоохранении / Самара: Изд-во ООО «Офорт» (гриф РАН), 2014, 306 с.
5. 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.
6. Башкатова Ю.В., Еськов В.В., Соколова А.А. Энтропийный подход в оценке параметров ссс человека на севере / Системный анализ, управление и обработка информации в биологии и медицине. Часть XII / Под. ред. Еськова В.М., Хадарцева А.А. Тула: Изд-во ТулГУ, 2015. – С. 134-162.
7. Еськов В.М., Еськов В.В., Филатов М.А. Философия complexity: гомеостаз и эволюция / Под ред. Хадарцева А.А., Еськова В.М.: Изд-во ТулГУ, 2016, 370 с.
8. Еськов В.В. Математическое моделирование гомеостаза и эволюции complexity. – Тула: Издательство ТулГУ, 2016. – 372 с.
9. Еськов В.В., Пятин В.Ф., Филатова Д.Ю., Башкатова Ю.В. Хаос параметров гомеостаза сердечно-сосудистой системы человека. – Самара: ООО «Порто-принт», 2018. – 322 с.

Учебно–методические пособия:

1. Еськов В.В., Попов Ю.М., Козлова В.В., Филатов М.А. Физические и биофизические методы в изучении биологических и экологических систем (курс лабораторно-практических работ) // Учебное пособие для аспирантов и магистров биологического и экологического направлений подготовки, Самара. – Изд-во ПВГУС, ООО «Порто-принт», 2017. – 134 с.
2. Филатов М.А., Еськов В.В., Попов Ю.М. Биофизические основы радиационной безопасности // Учебное пособие предназначено для аспирантов (специальность

03.02.08 - Экология и 03.01.02 - Биофизика) и бакалавров (специальность БЖД) Самара. – Изд-во ПВГУС, ООО «Порто-принт», 2017. – 132 с.

Статьи в журналах из международной базы цитирования “Web of Science”:

1. Еськов В.М., Папшев В.А., Еськов В.В., Жарков Д.А. Измерение биомеханических параметров тремора конечностей человека // Измерительная техника. – 2003. – № 1. – С. 61-66.
2. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Еськов В.В., Филатова О.Е. Особенности измерений и моделирования биосистем в фазовых пространствах состояний // Измерительная техника – 2010. – №12. – С.53-57.
3. Еськов В. М., Еськов В. В., Брагинский М. А., Пашнин А. С. Определение степени синергизма кардиореспираторной системы человека в условиях физических воздействий // Измерительная техника. – 2011. – Т.11, №7. – С. 61-65.
4. 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.
5. 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.
6. Еськов В.М., Еськов В.В., Вохмина Ю.В., Гавриленко Т.В. Эволюция хаотической динамики коллективных мод как способ описания поведения живых систем // Вестник Московского университета. Серия 3: Физика. Астрономия. – 2016. – № 2. – С. 3-15.
7. Зилов В.Г., Еськов В.М., Хадарцев А.А., Еськов В.В. Экспериментальное подтверждение эффекта «Повторение без повторения» Н.А. Бернштейна // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2017. – № 1. – С. 4–9.
8. Зилов В.Г., Хадарцев А.А., Еськов В.В., Еськов В.М. Экспериментальные исследования статистической устойчивости выборок кардиоинтервалов // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2017. – №8. – С. 136-139.
9. Еськов В.М., Еськов В.В., Вохмина Ю.В., Горбунов Д.В., Иляшенко Л.К. Энтропия Шеннона в изучении стационарных режимов и эволюции complexity // Вестник Московского университета. Серия 3: Физика. Астрономия. – 2017. – № 3. – С. 90-98.
10. Зилов В.Г., Хадарцев А.А., Иляшенко Л.К., Еськов В.В., Миненко И.А. Экспериментальные исследования хаотической динамики биопотенциалов мышц при различных статических нагрузках // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2018. – № 4. – С. 400-403.

Статьи в журналах из международной базы цитирования “Scopus”:

1. Гараева Г.Р., Еськов В.М., Еськов В.В., Гудков А.Б., Филатова О.Е., Химикина О.И. Хаотическая динамика кардиоинтервалов трёх возрастных групп представителей коренного населения Югры // Экология человека. – 2015. – № 09. – С. 50-55.
2. Еськов В.М., Еськов В.В., Филатова О.Е., Хадарцев А.А., Синенко Д.В. Нейрокомпьютерная идентификация параметров порядка в геронтологии // Успехи геронтологии. – 2015. – Т. 28, №3. – С. 435-440.
3. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Еськов В.В., Вохмина Ю.В. Хаотическая динамика кардиоинтервалов трёх возрастных групп представителей коренного и пришлого населения Югры // Успехи геронтологии. – 2016. – Т. 29, №1. – С. 44-51.
4. Еськов В.М., Еськов В.В., Гавриленко Т.В., Вохмина Ю.В. Формализация эффекта «Повторение без повторения» Н.А. Бернштейна // Биофизика. – 2017. – Т. 62, № 1. – С. 168-176.

5. Еськов В.М., Филатова О.Е., Еськов В.В., Гавриленко Т.В. Эволюция понятия гомеостаза: детерминизм, стохастика, хаос-самоорганизация // Биофизика. – 2017. – Т. 62, № 5. – С. 984-997.
6. Еськов В.В., Филатова О.Е., Гавриленко Т.В., Горбунов Д.В. Хаотическая динамика параметров нервно-мышечной системы и проблема эволюции complexity // Биофизика. – 2017. – Т. 62. – № 6. – С. 1167-1173.
7. Еськов В.В., Еськов В.М., Пятин В.Ф., Иляшенко Л.К. Эвристическая работа мозга и искусственные нейронные сети // Биофизика. – 2019. – Т. 64. – № 2. – С. 388-395.

Основные статьи, опубликованные в периодических научных изданиях, рекомендованных ВАК при соискании ученой степени доктора наук:

1. Еськов В.М., Еськов В.В., Филатова О.Е. Диагностика фазотона мозга путем изучения характерных частот в треморограммах человека с помощью вычислительного комплекса // Вестник новых медицинских технологий. – 2001. № 4. – С.15-18.
2. Еськов В.М., Еськов В.В., Компаратментный подход в исследованиях регуляторных процессов в сердечно-сосудистой системе (ССС) жителей Севера // Вестник новых медицинских технологий. – 2002. – № 3 – С. 40-46.
3. Еськов В.М., Папшев В.А., Еськов В.В. Измерение биомеханических параметров произвольных движений человека // Вестник новых медицинских технологий. – 2002. – № 1. – С. 27.
4. Ануфриев А.С., Еськов В.В., Коваленко М.Ю., Попов Ю.М., Устименко А.А. Методы идентификации степени синергизма в биологических системах // Вестник новых медицинских технологий. – 2007. – Т. XIV, №1. – С. 6-9.
5. Еськов В.В., Жибаркина О.В., Живогляд Р.Н., Насирова А.Р. Состояние функций женского организма в норме и при патологии по параметрам квазиаттрактора // Современные наукоемкие технологии. – 2010. – №12. – С. 33-34
6. 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. – XVII, №1. – С. 17-19.
7. 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. XVII, №3. – С.106-110.
8. Берестовой К.Н., Гришаева Ю.Е., Еськов В.В., Степанова Д.И. Анализ сезонной variability сердечного ритма пациентов НУЗ «Отделенческая больница на станции Сургут ОАО «РЖД РФ» в m-мерном фазовом пространстве состояний // Информатика и системы управления. – 2010. – № 2 (24). – С. 109-112.
9. Еськов В.М., Еськов В.В., Пашнин А.С. Алгоритмы измерения матриц межаттракторных расстояний в фазовых пространствах состояний // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2010. – Т. 9, №3. – С. 599-603.
10. Еськов В.М., 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.
11. Коваленко Л.В., Козупица Г.С., Еськов В.В., Степанова Д.И. Оценка эффективности проведения физиотерапевтических мероприятий методами многомерных фазовых пространств // Вестник новых медицинских технологий. – 2012. – Т. XVIII, № 2. – С. 423-424.
12. 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. 128-135.
13. Еськов В.В., Горбунов Д.В., Григоренко В.В., Шадрин Г.А. Анализ миограмм с позиций стохастики и теории хаоса-самоорганизации // Вестник новых медицинских технологий. – 2015 – Т. 22, №2. – С. 32-38.
 14. Вохмина Ю.В., Еськов В.В., Горбунов Д.В., Шадрин Г.А. Хаотическая динамика параметров электроэнцефалограмм // Вестник новых медицинских технологий. – 2015. – Т. 22, №2. – С. 38-43.
 15. Еськов В.В. Экспериментальное подтверждение статистической неустойчивости выборок кардиоинтервалов, основы хаотической регуляции параметров КРС // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2016. Т. 10, №4. Публикация 1-3. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2016-4/1-3.pdf> (дата обращения 20.12.2016) DOI: 12737/23738.
 16. Еськов В.В. Проблема моделирования и прогнозирования сложных биосистем (complexity) // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2016. Т. 10, №4. Публикация 1-5. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2016-4/1-5.pdf> (дата обращения 21.12.2016) DOI: 12737/23740
 17. Зинченко Ю.П., Еськов В.М., Еськов В.В. Понятие эволюции Гленсдорфа-Пригожина и проблема гомеостатического регулирования в психофизиологии // Вестник Московского университета. Серия 14: Психология. – 2016. – № 1. – С. 3-24.
 18. Еськов В.В. Хаос и самоорганизация в работе нейросетей мозга // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2017. №1. Публикация 1-8. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2017-1/1-8.pdf> (дата обращения: 21.03.2017). DOI: 12737/25234.
 19. Еськов В.В. Математическое моделирование неэргодичных гомеостатических систем // Вестник новых медицинских технологий. – 2017. – Т. 24, № 3. – С. 33-39. DOI: 10.12737/article_59c49db14e5153.41167665.
 20. Еськов В.В. Хаотическая динамика систем третьего типа – *complexity* // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2017. №3. Публикация 1-3. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2017-3/1-3.pdf> (дата обращения: 18.09.2017). DOI: 10.12737/article_59c4b240bddaa8.13118952.
 21. Еськов В.В. Эволюция систем третьего типа в фазовом пространстве состояний // Вестник кибернетики. – 2017. – №3. – С. 53-58.
 22. Еськов В.В. Возможности термодинамического подхода в электромиографии // Вестник кибернетики. – 2017. – №4. – С. 36-47.
 23. Еськов В.В., Пятин В.Ф., Ключ Л.Г., Миллер А.В. Гомеостатичность нейросетей мозга // Вестник новых медицинских технологий. – 2018. – № 1. – С. 102-113.
 24. Пятин В.Ф., Еськов В.В., Алиев Н.Ш., Воробьева Л.А. Хаос параметров гомеостаза функциональных систем организма человека // Вестник новых медицинских технологий. – 2018. – № 1. – С. 143-153.
 25. Еськов В.В., Пятин В.Ф., Еськов В.М. Стохастические и хаотические подходы в изучении возрастной динамики кардиоинтервалов у человека // Дневник казанской медицинской школы. – 2019. – Т. 23. – № 1. – С. 139-144.

Некоторые статьи в других журналах, научных сборниках (всего 67 публикаций):

1. Еськов В.М., Еськов В.В., Филатова О.Е. Адаптационные реакции сердечно-сосудистой системы жителей ХМАО на резкие перепады температур в зимнее

- время // Материалы XI Международного симпозиума “Эколога – физиологические проблемы адаптации”. – М.: Изд-во РУДН. – 2003. – С. 187-188.
2. Eskov V.M., Filatova O.E., Eskov V.V. Existence of synergetic properties of neuron network regulating the pulse rate // Proceedings of international conference on modeling and simulation. – Valladolid, Spain. – 2004. – Pp. 57-58.
 3. Еськов В.М., Живогляд Р.Н., Еськов В.В., Чантурия С.М., Шипилова Т.Н. Гирудотерапия в восстановительной медицине с позиций теории фазатона мозга // От экспериментальной Биологии к Превентивной и Интегративной Медицине: Международный Междисциплинарный Симпозиум, Судак, Крым, Украина, 17-28 сентября 2007г. – С.43-44.
 4. Eskov V.M., Dudina I.P., Eskov V.V., Klimov O.V., Nazin A.G., Pshentsova I.L., Filatov M.A. New software in puples organism analyses according to synergetic approaching // Information Technologies in Science, Education, Telecommunication and Business (IT+S&E’08) – 2008. – P. 420-422.
 5. Eskov V.M., Eskov V.V., Anufriev A.S. A new method of stationary interval identification of human organism state vector behavior // proceedings of 5th conference of the Eastern Mediterranean Region of the International Biometric Society. – Istanbul, Turkey. – 2009. – P. 140.
 6. Добрынин Ю.В., Еськов В.В., Козлова В.В., Майстренко Е.В. Системный анализ влияния комплекса реабилитационных мероприятий на параметры организма больных, перенесших инсульт // Материалы XI-й международной конференции «Современные технологии восстановительной медицины. Профессиональное долголетие и качество жизни» (г. Сочи) – 2010. – С.83-84.
 7. 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 - V.5, №10 – P. 602-607
 8. Eskov V.M., Khadartsev A.A., Eskov V.V., Filatova O.E., Filatova D.U. Chaotic approach in biomedicine: Individualized medical treatment // J. Biomedical Science and Engineering – 2013. – VI. 6, – Pp. 847-853.
 9. Eskov, V. M., Eskov V.V., Gavrilenko, T.V., Pashnin, A.S. Chaotic and periodical tremor as a normal or pathological state of human body // Abstracts to the 6th International Nonlinear Science Conference, Radboud University, Nijmegen, Netherlands. – 2014. – Pp.11-12
 10. Eskov V.V., Eskov, V. M., Gavrilenko, T.V., Vochmina, J.V. Chaotic dynamics of brain neuron networks // Abstracts to the 6th International Nonlinear Science Conference, Radboud University, Nijmegen, Netherlands. – 2014. – P.12.
 11. Еськов В.В., Полухин В.В., Джумагалиева Л.Б., Кравченко Е.Н. Неопределённость параметров функциональных систем П.К. Анохина // Экология и природопользование в Югре: мат-лы Всероссийской научно-практической конференции. – Сургут, 2014. – С. 116-118.
 12. Еськов В.В., Ворошилова О.М., Игуменов Д.С., Шиляева О.С. Ограничения в использовании нейроэмуляторов при анализе кардиоинтервалов // Медленные колебательные процессы в организме человека. Теоретические и прикладные аспекты нелинейной динамики в физиологии и медицине: сборник научных трудов VII Всероссийского симпозиума и V Школы-семинара с международным участием; НИИ КРГПЗ. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2015. – С.62-71.
 13. Еськов В.В., Гавриленко Т.В., Вохмина Ю.В., Зимин М.И. «Параметры квазиаттракторов при анализе нелинейных процессов в генерации биопотенциалов» // Труды IV Всероссийской конференции Нелинейная динамика в когнитивных исследованиях (г. Нижний Новгород). – 2015. – С. 95-97.

14. Еськов В.В., Семерез О.Б., Блинов А.В., Эльман К.А. «Использование нейроэмуляторов в разрешении неопределенности 1-го типа при анализе кардиоинтервалов» // Труды IV Всероссийской конференции Нелинейная динамика в когнитивных исследованиях (г. Нижний Новгород). – 2015. – С. 91-94.
15. Еськов В.М., Еськов В.В., Вохмина Ю.В., Филатова Д.Ю. «Физика гомеостатических систем – биофизика сложных биосистем – complexity» // V Съезд биофизиков России. Материалы докладов: в 2 т – Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета. – 2015. – Т. 2. – С. 311.
16. Еськов В.М., Филатова О.Е., Хадарцев А.А., Еськов В.В. «Возможности нейрокомпьютинга в оценке неопределённости 1-го типа» // V Съезд биофизиков России. Материалы докладов: в 2 т – Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета. – 2015. – Т. 1. – С. 356.
17. Eskov V.M., Eskov V.V., Vochmina U.V., Filatova D.U. The analog of Heisenberg uncertainty principle in biology and psychology for description of complex homeostatic systems //7th International Nonlinear Science Conference, Salzburg, Austria, 6th to 8th April, 2017. – 2017. – Pp.32.
18. Eskov V.M., Eskov V.V. The homeostasis and evolution of complex biosystems and thermodynamics of no equilibrium systems of I.R. Prigogine //7th International Nonlinear Science Conference, Salzburg, Austria, 6th to 8th April, 2017. – 2017. – Pp.34.
19. Еськов В.В., Вохмина Ю.В., Берестин Д.К., Горбунов Д.В. Прикладные аспекты физиологии // Материалы XXIII съезда Физиологического общества имени И.П. Павлова. – Воронеж: Издательство «ИСТОКИ». – 2017. – С. 2501-2502.
20. Еськов В.В., Горбунов Д.В., Ключ Л.Г., Булатов И.Б. Хаотическая динамика параметров электроэнцефалограмм // Труды V Всероссийской конференции Нелинейная динамика в когнитивных исследованиях (г. Н. Новгород). – 2017. – С.94-96.
21. Еськов В.В., Пятин В.Ф., Берестин Д.К., Григорьева С.В., Щипицин К.П. Матрицы парных сравнений выборок треморограмм испытуемых при воздействии локального холодового стресса // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2018. – № 2. – С.
22. Еськов В.В., Пятин В.Ф., Воробьева Л.А., Куропаткина М.Г., Сазонова Н.Н. Стохастический парадокс Еськова-Филатовой в теории *complexity* // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2018. – № 2. – С.

Список используемых сокращений

<p>ДСП (ДСН) – детерминистский и стохастический подход (наука)</p> <p>КА – квазиаттрактор</p> <p>КИ – кардиоинтервалы</p> <p>ККП – компартментно-кластерный подход</p> <p>ККТБ – компартментно-кластерная теория биосистем</p> <p>ММР – метод минимальной реализации</p> <p>НМС – нервно-мышечная система</p> <p>НЭВМ – нейро-ЭВМ, нейроэмулятор</p>	<p>СПС – спектральная плотность сигнала</p> <p>ССС – сердечно-сосудистая система</p> <p>СТТ – системы третьего типа</p> <p>ТМГ – треморограмма</p> <p>ТПГ – теппинграмма</p> <p>ФПС – фазовое пространство состояний</p> <p>ФСО – функциональная система организма</p> <p>ЭМГ – электромиограмма</p> <p>ЭЭГ – электроэнцефалограмма</p>
--	---