

ГОМЕОСТАЗ: ПРОБЛЕМЫ СТОХАСТИЧЕСКОГО И ХАОТИЧЕСКОГО ПОДХОДОВ В ЕГО ОПИСАНИИ

*Еськов В.М., Хадарцев А.А., Филатова О.Е., Филатов М.А.
БУ ВО ХМАО-Югры «Сургутский государственный университет»
РОССИЯ*

Резюме

Более 150 лет идет дискуссия о терминологии и моделях для описания этого особого состояния любого сложного организма. Констатируется, что стохастика и детерминированный хаос не могут предложить адекватные модели гомеостаза из-за невозможности произвольного повторения начальных параметров всех компонент $x_{i(0)}$ вектора состояния организма (параметров гомеостаза). Предлагается понятия неопределенности 1-го и 2-го типов для описания сложных биосистем и три метода идентификации стационарных режимов гомеостаза. Вводится понятие эволюции гомеостаза и модели кинематических характеристик такой эволюции. Представленные примеры из кардиологии, геронтологии и восстановительной медицины, которые иллюстрируют возможности нового подхода в медицине и экологии человека.

HOMEOSTASIS: PROBLEMS OF STATISTICAL AND CHAOTIC APPROACHES IN ITS DESCRIPTION

*Eskov V.M., Khadartsev A.A., Filatov O.E., Filatov M.A.
Surgut State University
RUSSIA*

Summary

For more than 150 years a debate going on about terminology and models to describe this special state of any complex organism. States that the stochastic and determined chaos cannot offer adequate model of homeostasis because of the inability of any repetition of the initial parameters of all components $x_i(0)$ of the state vector of organism (parameters of homeostasis). The concept of uncertainty of the 1st and 2nd types to describe complex biological systems and three methods of identification of stationary regimes homeostasis are proposed. The concept of evolution and homeostasis model of kinematic characteristics of this evolution is proposed. The examples in cardiology, gerontology and regenerative medicine illustrate the capabilities of the new approach in medicine and human ecology.

Введение

Предпосылки понимания гомеостаза как особого состояния внутренней среды живого организма, которое отличное от внешней среды, впервые начал вводить Клод Бернар (1813-1878). Основные положения своей теории он изложил в известной работе «Введение в экспериментальную медицину» (Bernard C. Introduction a la medicine Experimentale. Paris, 1952. original, 1864). В этой работе Бернар отмечал «Постоянство или стойкость внутренней среды, гармонический набор процессов, являются условием свободной жизни организма». Именно в этой работе человечество впервые вплотную подошло к понятиям «регуляция», «живые системы с особыми свойствами», которые в дальнейшем для специалистов в области общей теории систем (ОТС) и биофизиков, работающих в области неравновесных систем, послужили основой для развития многих новых направлений ОТС, кибернетики и синергетики. В конечной цели развития этих наук мы приходим и к третьей парадигме, которая в первую очередь обязана новому пониманию гомеостаза и стационарных режимов биосистем в целом [1,2].

Спустя 100-150 лет наука начала детализировать понятия внутренней среды (как глубокий, антиэнтропийный уход от традиционного термодинамического равновесия) и свободной (независимой от внешней среды) жизни организма. Отметим, что полная свобода в смысле проживания в любых условиях может получиться только у человека с его особым, постоянным (в смысле запоминания событий, памяти) состоянием этой самой внутренней среды и максимальной приспособляемостью к внешней среде (человек сейчас живёт даже в космосе!). После работ К. Бернара в первой половине 20-го века, Уолтер Бредфорд Кеннон (1871-1945), анализируя особенности висцеральных функций живого организма (на примере пищеварения) и ряда нейрогуморальных процессов вводит понятие саморегуляции физиологических процессов. В своей известной работе «Мудрость тела» (Cannon W. «The Wisdom of the Body». New York, 1963 (original, 1932)) он впервые вводит понятие «гомеостаза». Расширяя это понятие до общих кибернетических рубежей У.Р. Эшби (1903-1972) начал говорить о гомеостазе (как свойстве исходно человекомерных систем) для любых сложных систем, находящихся в динамическом равновесии (ДР). Однако само понятие равновесия (эквивалентность) для сложных биосистем остается без четкого определения [1-5], на что обращал внимание П.К.Анохин и Н.А.Берштейн.

1. Современная трактовка гомеостаза.

Расширяя понятие гомеостаза, мы приходим к синергетическим системам, которые обладают особыми свойствами и которые весь 20-й век в рамках ОТС (начиная от Л. фон Берталанфи) пытались изучать и описывать. В рамках такой хронологии, мы обязательно должны говорить и о теории функциональных систем организма (ФСО) человека, созданной П.К. Анохиным и разрабатываемой его научной школой. Однако, эта область знаний о предтечах синергетики – особая область, требующая отдельного большого разговора, т.к. сама синергетика неизбежно должна подойти к созданию третьей парадигмы и отойти в своём описании биосистем от детерминизма и стохастики и перейти к третьей парадигме, к теории хаоса-самоорганизации [3-10,19-22].

В ходе развития самого понятия гомеостаза всегда вне пределов обсуждения оставалась проблема особых свойств объектов, подобных организму человека, которые обладают особыми свойствами гомеостатических объектов. Забегая вперед, необходимо отметить, что до конца 20-го века к этим особым свойствам относили следующие свойства (в этом числе и в представлениях К. Бернара, У.Б. Кеннона, и У.Р. Эшби): гетерогенность таких сред, их способность к саморегуляции и некоторому развитию, наличие механизмов, которые устойчиво поддерживают различные градиенты (неоднородности по температуре, концентрации, давлению) в указанных внутренних средах (в свободной жизни организма). Более того, именно эта свобода (от термодинамического равновесия, общепринятого в физике) и возникла из-за устойчивого существования разных градиентов. И самым большим признаком свободы биосистем является градиент температуры. Как только организм зафиксировал свою внутреннюю температуру (36,6°C по Кеннону – это и есть мудрость тела), так с этого и началась свобода (в том числе и в работе мысли – нет переохлаждения или перегревания мозга – он работает нормально и всегда!). В этом аспекте мы говорим об эволюции понятия гомеостаза и об эволюции самого гомеостаза (переход от хладнокровных к теплокровным).

Проблема гомеостаза имеет экологические, физиологические, физические и другие аспекты, но в целом это проблема «человек и среда обитания». Главной особенностью подобных биосистем (организм отдельного человека или экосистема в Космосе) является постоянное мерцание (хаотическое движение вектора состояния биосистемы в фазовом пространстве состояний) и постоянная эволюция. Последнее проявляется в постоянном (возможно телеологическом) движении области фазового пространства, внутри которого движется вектор состояния системы (ВСС) в определенном

направлении. Если говорить о человеке, то траектория его ВСС в фазовом пространстве состояний представляет движение по синусоиде: в молодости наблюдается восхождение параметров этой области (квазиаттрактора – КА), а к старости – наблюдаем спад КА в фазовом пространстве состояний. Подобная эволюция (нарастание и спад) была описана в теории смены парадигм (Т. Куном) и в теории эволюции любой сложной системы, характеризуемой понятиями: возникновение, расцвет, спад, смерть (разрушение). При этом мы говорим об эволюции (до расцвета максимума (параметров) и инволюции (спаде биосистемы)) [10-13].

Для таких сложных, хаотических и самоорганизующихся систем их гомеостаз в рамках третьей парадигмы характеризуется основными свойствами: кластеризация и компартиментализация внутренних структур, мерцание ВСС в фазовом пространстве в пределах некоторого квазиаттрактора, эволюция этих КА в ФПС и, наконец, возможность хаотически изменять параметры КА в виде их объемов в совершенно разных пределах, выходящих за три сигмы, 10 сигм и более. Все это относится к пяти особым свойствам сложных (синергетических) систем, к которым в первую очередь относится организм человека в целом, их ФСО (которые мы рассматриваем как кластеры). Таким образом, современная трактовка гомеостаза в рамках третьей (синергетической) парадигмы, дает нам новое понимание этого термина (особого состояния complexity), которое в рамках ДСП раньше описывалось условиями для ВСС в виде $dx/dt = 0$ при $x_i = const$ или функциями распределения $f(x)$. При этом сам гомеостаз эволюционирует на больших интервалах времени Т (теплокровные) и в пределах жизни отдельного человека. Теперь мы можем говорить о некоторых постоянных (условно) параметрах квазиаттракторов. Последнее касается как V_G объемов КА, так и координат их центров в ФПС. Гомеостаз теперь может быть представлен условиями: $V_G \approx const$, $x_i^C \approx const$ (где x_i^C - координаты центров квазиаттракторов). Однако при эволюции и центр квазиаттрактора и его величина (V_G) должны изменяться (эволюционировать) [3-7].

Дальнейшее развитие понятия гомеостаза будет определяться динамикой развития теории хаоса и синергетики, что связано с фундаментальной перестройкой подходов, определений, понятий (при изучении сложных биомедицинских систем). Выход в Космос человека потребует его новой эволюции, приспособления, расширения гомеостатических областей среды обитания. Более того, В.И. Вернадский говорил об автотрофности человека, когда мы сможем искусственно поддерживать гомеостатические среды для отдельного человека в любой точке пространства (в Космосе и на планетах). Именно это происходит в особых системах третьего типа (СТТ), которые сейчас представляют как complexity [16-18,21-25].

2. Понятие эволюции complexity в ФПС.

Любые кинематические уравнения для материальной точки или физического тела, как совокупности материальных точек, должны включать в себя задания начальных параметров движения, т.е. должно быть определенное значение $x(t_0)$ – координаты материальной точки в фазовом пространстве состояний в начальный момент времени $t=t_0$, и необходимо знать траекторию движения материальной точки в ФПС. Все это для СТТ невозможно в принципе из-за $dx/dt \neq 0$ и не сохраняя вида статистических функций распределения $f_i(x)$ для каждой x_i – координаты ВСС (все $f_i(x)$ непрерывно изменяются для биосистемы, находящейся в гомеостазе).

В общем, задание $x(t_0)$ и описание $x(t_k)$ в виде уравнений (кинематики или динамики) должно происходить точно (это идеальная теоретическая конструкция в рамках детерминизма) или в рамках статистических функций распределения $f(x_k)$. В случае детерминистского моделирования (точные уравнения кинематики и динамики), и в случае стохастического описания движения (для конечного состояния материальной точки в

ФПС), нам необходимо точно задавать начальное значение вектора состояния системы $x(t_0)$. Если $x(t_0)$, как и любое промежуточное состояние вектора состояния в ФПС в виде $x_i(t_k)$, а также конечное состояние $x(t_k)$ невозможно экспериментально повторить (последнее хотя бы в рамках функции распределения $f(x)$), то мы имеем дело с уникальными объектами, про которые И.Р. Пригожин в своем предсмертном обращении к потомкам [24] («The Die is not Cast») говорил: «Уникальные системы не являются объектом науки». Оказывается, что многие компоненты вектора гомеостаза организма человека в ФПС демонстрируют такие уникальные свойства, когда $dx/dt \neq 0$ непрерывно, а $f(x)$ тоже непрерывно изменяется (опыт невозможно повторить даже в рамках стохастики). При непрерывном и многократном повторении динамики процесса (гомеостаза) и непрерывном мониторинге вектора состояния $x(t)$ мы будем наблюдать череду изменяющихся $f(x)$ для каждой отдельной выборки, даже если эти выборки будут получаться подряд у одного и того же организма (испытуемого) – это главное свойство всех сложных систем, систем третьего типа (СТТ) [2–8].

За последние 30 лет изучение СТТ привело нас к трем базовым вопросам в отношении СТТ: 1. Что считать за начальное состояние СТТ?; 2. Что такое (и существует ли оно вообще) стационарное состояние СТТ?; 3. Что является движением (как описывать скорость и ускорение) для СТТ? В целом, мы задаем очень простые с физической точки зрения вопросы (с позиции кинематики) в отношении СТТ о характере и способах измерения движения вектора состояния СТТ в ФПС. Заметим, что согласно аналогу принципа Гейзенберга для биосистем – complexity, у таких систем всегда (постоянно!) выполняется неравенство $dx/dt \neq 0$. Это означает фундаментальное (якобы кинематическое) свойство всех живых систем: они находятся в непрерывном и хаотическом движении, они – «flickering systems».

В этой связи можно выдвинуть фундаментальное утверждение: жизнь (и гомеостаз, как ее проявления) – это непрерывный тремор (причем для всех координат гомеостаза). Как тогда описывать такие движения и что такое движение СТТ в ФПС? Сразу отметим, что первый закон Ньютона для СТТ невыполним, т.к. многие их движения в ФПС могут проходить без участия сторонних тел (сил, систем), за счет внутренних перестроек. СТТ не являются физическими системами, у них другие законы движения, но аналогии с физикой все-таки имеются! В первом приближении 30 лет назад была построена компартментно-кластерная теория биосистем – ККТБ [4,19,20].

В рамках ККТБ было получено много новых результатов (идентификация степени синергизма, новая теория устойчивости биосистем с компартментной организацией, теория эволюции биосистем. Однако, ККТБ базируется все-таки на детерминистских уравнениях и не учитывает в явном виде принцип организации СТТ. При этом ККТБ является на сегодня единственной переходной теорией от детерминизма к изучению СТТ, моделированию реальных свойств СТТ. В рамках же теории хаоса-самоорганизации можно описывать эволюцию реальных биосистем [3-17].

Уникальные результаты мы получали при анализе более 20000 электрокардиограмм (кардиоинтервалов), электромиограмм, электронейрограмм и любых других параметров гомеостаза (включая и колебания биохимических параметров крови и других биологических систем) у одного и того же человека за короткий промежуток времени (и тем более на длительных интервалах T) или для разных людей. Тем более нет статистических совпадений таких параметров у разных людей при их сравнении, если все это сравнить с позиций детерминизма или стохастики. Очень редко $f(x)$ может совпадать, но это все происходит случайно, без закономерностей. Мы имеем полную неопределенность будущего состояния СТТ, так как прогнозировать $f(x)$ невозможно.

Второй принцип ТХС в организации биосистем (свойство мерцания – glimmering (или flickering) property) выводит их из пространства традиционной науки и делает СТТ похожими на квантовые частицы, для которых вместо равенств мы можем писать неравенства. При этом всё-таки имеются и определенные закономерности у СТТ, которые

обусловлены свойствами самоорганизации любой СТТ. Хаос и самоорганизация (попытки организации порядка) – это две стороны существования гомеостатической системы. Можно говорить (как И.Р. Пригожин) о порядке из хаоса, но что тогда понимать под порядком или: является ли гомеостаз порядком? Жизнь - это непрерывный тремор вектора состояния в ФПС, т.е. борьба хаоса и самоорганизации, которая, существенно отличается от термодинамического равновесия. Это не броуновское движение, здесь нет флуктуаций вокруг средних значений, возможны выходы за 3, 10 и даже 20 сигм, это хаос и самоорганизация. Именно это и имели в виду Н. Бернштейн и П. Анохин [1,2], а у нас оно проявляется в калейдоскопе функций распределения $f(x)$ [3,10,11].

Третьим и четвертым принципами организации СТТ являются их эволюция и телеологическое движение вектора состояния в ФПС. Это значит, что кроме хаотического движения их вектора состояния в ФПС это движение имеет некоторый вектор развития. Эволюция вектора состояния может происходить при возрастных изменениях, под действием факторов среды (экологических факторы, переезды), при заболеваниях и она сейчас нами формализуется (см. ниже). Фактически, вся медицина призвана изучать эту эволюцию, но сейчас она это делает в рамках стохастики, что совершенно ошибочно. Эволюция СТТ может описываться скоростью эволюции в фазовом пространстве, как и любое механическое движение, а расчет таких кинематических параметров мы и представляем в следующем параграфе. Однако, главное в таком эволюционном движении – это ее направление. Эволюция в некотором смысле телеологически предопределена. Внутренние механизмы самоорганизации задают вектор развития процесса и предполагаемое конечное состояние. Например, процесс старения и смерти каждого человека не имеет детерминистских или стохастических закономерностей, но он уже при рождении предопределен для каждого человека (генетика, образ жизни и т.д.). Эта предопределенность базируется на внутренних механизмах самоорганизации СТТ, внутренних свойствах биосистемы, на телеологической эволюции [10,13].

Этот факт (принцип) является четвертой особенностью СТТ, так как их эволюция направлена на некоторое конечное состояние [8]. Но это состояние задается не точкой в ФПС, а некоторой областью фазового пространства, которое мы определяем как квазиаттрактор. Для любой квантовой частицы тоже существует свой квазиаттрактор в виде принципа Гейзенберга и он зависит от энергии и других параметров квантовой частицы. В медицине имеются внешние управляющие воздействия, которые задают врачи путем фармакотерапии, хирургических или физиотерапевтических воздействий и мы научились измерять их эффективность на основе измерений параметров КА. Конечный, финальный квазиаттрактор может задать и сам человек (об этом писал Н. Амосов и В.П. Скулачев в своих публикациях). Таким образом, эволюция для СТТ частично управляема. Эти управления может задавать сам человек или другие люди (медики), но они требуют научного обоснования, т.е. наука приобретает другой смысл: от наблюдения к управлению.

В целом, эволюция и ее конечное (телеологически определенное для каждого человека) состояние любой биосистемы может и должно быть изучено и смоделировано в рамках квазиаттракторов. Это новое направление в геронтологии, физиологии, психофизиологии мы сейчас активно развиваем [10]. При этом мы должны рассчитывать объемы КА, координаты их центров, а также скорости движения этих центров в ФПС. Иными словами, мы будем говорить о кинематике СТТ, об особенностях их движения в ФПС. При этом всегда надо иметь в виду возможность и реальность пятого свойства СТТ – постоянная возможность выхода координат x_i за пределы трех сигм, десяти сигм и даже двадцати сигм. Именно об этом говорил Н. Талеб в своей известной книге при описании кризиса 1987 года (выход за 20 сигм) [4,5].

Пятое свойство объясняет огромную надежность биосистем, которая не имеет аналогов в физике и технике в принципе. Сердце может остановиться на длительное время (выходить далеко за 20 сигм при клинической смерти) и потом опять забиться. Любой

параметр гомеостаза может внезапно выйти за пределы трех сигм, что в статистике уже отбрасывается. В физике, технике такие гигантские выбросы могут привести к разрушению системы, переходу (необратимость в исходное состояние) в новое качество. Однако биосистемы такие гигантские отклонения демонстрируют очень часто. Социальные системы тоже подвержены таким отклонениям. Вопреки религии, нормам морали и нравственности, люди устраивают войны, освенцимы и бухенвальды, уничтожают (сжигают) себе подобных людей, бомбят мирные города. Но потом это все-таки восстанавливается опять в какие-то квазиаттракторы (нормы поведения). Более того, все гениальные люди выходят за пределы 10 или 20 сигм по своим интеллектуальным (и другим) возможностям. И имеются люди, выдерживающие прохождение тока в 1 А через организм, когда обычные люди не выдерживают и 50 мА. Имеются другие примеры уникальных способностей человека таких, что один человек из миллиарда может их продемонстрировать, и тогда частота такого события $P^*(A) \leq 10^{-9}$.

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

3. Примеры расчета кинематических характеристик для СТТ

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

через сумму Δt_i и реагировать на такое движение приходиться отрицательной скоростью [13-16].

В качестве примера мы рассмотрим три характерные возрастные группы женщин народности ханты, проживающих в Югре. В целом, примеры движения квазиаттракторов могут демонстрировать обратимую и необратимую эволюцию СТТ на основе расчета параметров квазиаттракторов. Поступательное движение КА в ФПС убедительно демонстрирует отсутствие стационарных режимов у изучаемых биосистем. Наличие ненулевой скорости КА обозначает отсутствие стационарных режимов сложных биосистем во всех смыслах, включая и СТТ. Неизменность (стационарность) СТТ подразумевает, что параметры квазиаттрактора не изменяются по всем координатам их центров, а точнее говоря, не выходят за пределы исходных радиусов r_c , т.е. вариационных размахов. Если этот выход начался, если $z > 1$, и эта динамика нарастает (нет возврата координат центра КА² в пределы исходного вариационного размаха Δx), то мы говорим о начале эволюционного движения в фазовом пространстве состояния. Эволюция организма может быть необратимой (например, старение организма, болезнь Паркинсона или Альцгеймера) или обратимой (например, при заболевании с выздоровлением, при изменении экологических условий (переезды) и возврате в исходное состояние и т.д.). Обратимая эволюция может наблюдаться на значительных интервалах времени T ($T = \sum \Delta t_i$), когда человек болеет или резко изменяет параметры окружающей среды (переехал на Север, пожил короткий интервал времени и возвратился обратно), совершает длительную физическую нагрузку (начал заниматься спортом, а потом бросает). Во всех таких случаях мы можем наблюдать существенное (циклическое) движение КА в фазовом пространстве состояний. Причем через время T мы можем вернуть центр КА² в пределы вариационных размахов Δx_i по каждой x_i .

Такое резкое изменение экологических условий сопровождается и резкими изменениями параметров квазиаттракторов. Они (КА) изменяют объемы и координаты центров. Для демонстрации общности между динамикой поведения каждого параметра (например, кардиоинтервалов $x_1(t)$ в их двумерном фазовом пространстве состояний, а в общем случае с тремя координатами: $x_1(t)$, $x_2 = dx_1/dt$ и $x_3 = dx_2/dt$) и суперпозиций отдельных точек x_{ij} для многих испытуемых, мы постулируем некоторую идентичность динамики поведения $x(t)$ для одной координаты (например, кардиоинтервалов, получаемых за время Δt) и динамики x_{ij} , т.е. той же x_i , но регистрируемой от разных испытуемых (их номер $j = 1, 2, \dots, n$, где n – число испытуемых). Такое утверждение справедливо, если группа людей будет однородной, т.е. квазиаттрактор одного человека, но зарегистрированного за время Δt , будет совпадать с КА группы, но при одномоментной регистрации. Отметим, что вся синергетика предполагает такую однородность, но это не оговаривал Хакен в рамках своего постулата [23], да и И.Р. Пригожин этот факт не выделяет, хотя он ближе всех подошел к полной неопределенности СТТ [24].

Мы можем взять несколько разных параметров организма (но при разовых, одномоментных измерениях) и из них образовать m -мерное фазовое пространство. В этом ФПС можно одномоментно (разово) определить параметры образовавшегося квазиаттрактора на основе анализа координат всех N точек этой группы испытуемых, т.е. объем этого КА V_G и координаты его центра x_i^c . Эти параметры перед началом испытаний (например, в случае измерения параметров трех групп испытуемых для разных возрастов) дают нам информацию об исходном состоянии квазиаттрактора, в момент времени t_0 . Если эти параметры существенно не изменяются при измерении у одного человека за время Δt , то мы будем говорить о малой скорости изменения гомеостаза у всей

группы. Наоборот, при $z > 1$ мы можем говорить о существенном движении КА в ФПС, что и было получено в наших исследованиях. Подчеркнем, что в наших испытаниях мы взяли 3 возрастные группы женщин – ханты (младшая, средний возраст $\langle x_1 \rangle = 23$ г., средняя – $\langle x_2 \rangle = 45$ лет и старшая – $\langle x_3 \rangle = 59$ лет) и для этих трех подгрупп мы рассчитали все параметры изменений x_i статистически в рамках традиционного подхода и в рамках предлагаемого подхода, то есть с позиции теории хаоса-самоорганизации (ТХС). Подобные сравнительные измерения мы сейчас выполняем постоянно, для обеспечения преемственности стохастики и ТХС [3-13].

По первому кластеру (КРС) мы имели общую размерность $m = 15$, но представляем ФПС уменьшенных размерностей. С физиологической точки зрения мы выбрали важнейшие диагностические признаки (компоненты) вектор состояния. 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 достигало ста тысяч, если учесть не только биологию, но и многочисленные медицинские измерения [3-13, 14-22].

Движение КА в ФПС для трех возрастных групп женщин – ханты можно рассматривать как поступательное движение. Внешний вид квазиаттракторов только для одной координаты (кардиоинтервалы - x_i^k) в двумерном ФПС $(x(t) = (x_1^k, x_2^k)^T)$, где $x_2 = dx_1/dt$, представлен на рис. 1. Существенно, что кардиоинтервалы x_i^k не дают поступательного движения (скорее это циклическое движение), т.к. координаты центра на этой ФПС (с x_1^k , x_2^k) с начала сдвигаются влево и вниз (исходно, для первого характерного испытуемого, 23 года $x_1^c = (835, 15)$ а для второго, возраст 45 лет, $x_2^c = (670, -10)$), и затем для испытуемого из третьей группы (59 лет) $x_3^c = (720, 5)$. По параметрам кардиоинтервалов наблюдается частичный возврат третьего КА³ к первому КА¹. Однако, площади этих всех трех КА неуклонно уменьшаются в объеме (почти экспоненциально, $V_G \sim e^{-\lambda t}$) и показывают следующие значения: $S_{G1} = 60900$ у.е.; $S_{G2} = 36000$ у.е.; $S_{G3} = 9000$ у.е. Почти циклическое движение центров квазиаттракторов демонстрирует почти экспоненциальное убывание их площадей S_{Gi} .

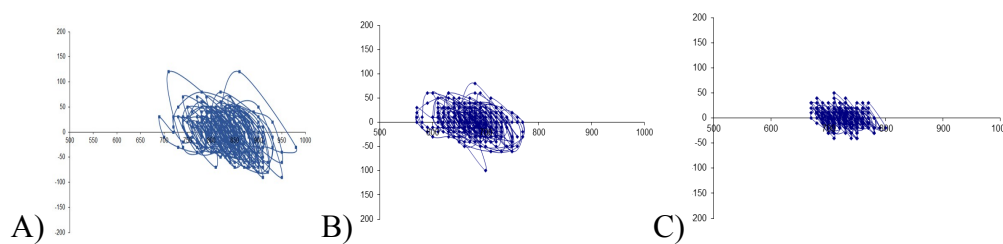


Рис. 1. Внешний вид квазиаттракторов для одной координаты (кардиоинтервалы - x_i^k) в двумерном ФПС $(x(t) = (x_1^k, x_2^k)^T)$, где $x_2 = dx_1/dt$: А) для испытуемого, 23 года; В) для испытуемого, возраст 45 лет; С) для испытуемого, 59 лет.

На рисунке 2 представлена динамика реальных и модельных данных возрастных изменений площадей квазиаттракторов кардиоинтервалов (КИ) женщин ханты, которая описывается уравнением Ферхюльста-Пирла $dx/dt = (a - bx)x$, где $a = 0,0000284$, $b = 0,0000526$.

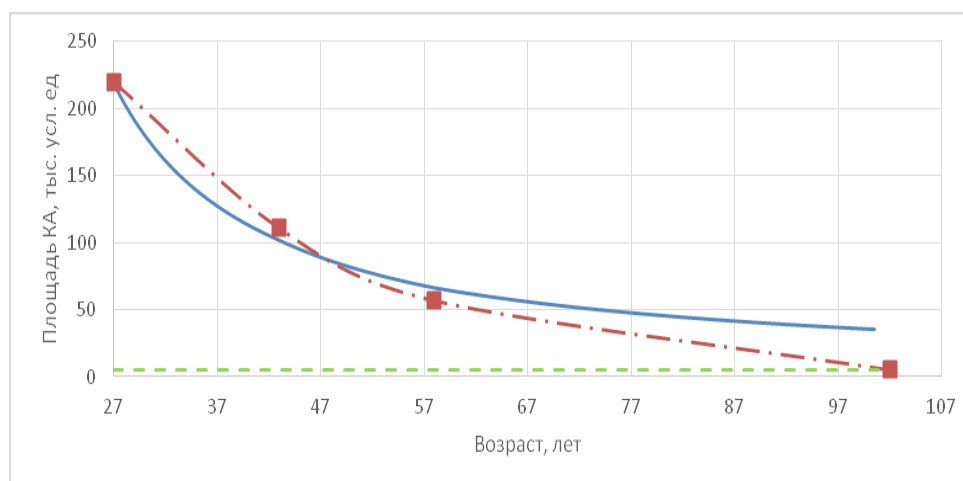


Рис. 2 Динамика реальных и модельных данных возрастных изменений площадей квазиаттракторов кардиоинтервалов (КИ) женщин ханты. Здесь: сплошная линия – модельные данные, штрих-пунктирная – реальные данные, штрих – асимптота $y_a=a/b=5,4$ тыс. усл. ед. для долгожительницы Р.Е.А. 102 года. Здесь $a=0,0000284$,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

Список литературы

1. Анохин П.К. Кибернетика функциональных систем. – М., Медицина, 1998. – 285 с.
2. Бернштейн Н.А. Биомеханика и физиология движений. / Под ред. В. П. Зинченко. – М.: Изд-во института практ. психологии; Воронеж: НПО “МОДЭК”. – 1997. – 608 с.
3. Ватамова С.Н., Вохмина Ю.В., Даянова Д.Д., Филатов М.А. [Детерминизм, стохастика и теория хаоса-самоорганизации в описании стационарных режимов сложных биосистем](#) // [Сложность. Разум. Постнеклассика](#). – 2013. – № 4. – С. 70-81.
4. Ведясова О.А., Еськов В.М., Живогляд Р.Н., Зуевская Т.В., Попов Ю.М. [Соотношение между детерминистскими и хаотическими подходами в моделировании синергизма и устойчивости работы дыхательного центра млекопитающих](#) // [Вестник новых медицинских технологий](#). 2005. Т. XII. № 2. С. 23-24.
5. Еськов В.М., Живогляд Р.Н., Карташова Н.М., Попов Ю.М., Хадарцев А.А. [Понятие нормы и патологии в фазовом пространстве состояний с позиций компартментно-кластерного подхода](#) // [Вестник новых медицинских технологий](#). – 2005. – Т. XII. – № 1. – С. 12-14.
6. Еськов В.М., Живогляд Р.Н., Папшев В.А., Попов Ю.М., Пашнин А.С. [Системный анализ и компьютерная идентификация синергизма в биологических динамических системах](#) // [Системный анализ и управление в биомедицинских системах](#). – 2005. – Т. 4. – № 1. – С. 108-111.
7. Еськов В.М., Назин А.Г., Русак С.Н., Филатова О.Е., Хадарцева К.А. [Системный анализ и синтез влияния динамики климато-экологических факторов на заболеваемость населения севера РФ](#) // [Вестник новых медицинских технологий](#). – 2008. – Т. XV. – № 1. – С. 26-29.
8. Еськов В.М., Еськов В.В., Козлова В.В., Филатов М.А. [Способ корректировки лечебного или физкультурно-спортивного воздействия на организм человека в фазовом пространстве состояний с помощью матриц расстояний](#) / патент на изобретение RUS 2432895 от 09.03.2010 г.

9. Еськов В.М., Еськов В.В., Филатова О.Е. [Способ корректировки лечебного или лечебно-оздоровительного воздействия на пациента](#) /патент на изобретение RUS 2433788 от 01.02.2010 г.
10. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Еськов В.В., Филатова О.Е. [Флуктуации и эволюции биосистем - их базовые свойства и характеристики при описании в рамках синергетической парадигмы](#) // [Вестник новых медицинских технологий](#). – 2010. . – Т. 17. – № 1. – С. 17-19.
11. Еськов В.М., Козлова В.В., Голушков В.Н., Еськов В.В., Гизатулина Л.В. [Сравнение параметров квазиаттракторов поведения вектора состояния организма тренированных и нетренированных студентов](#) // [Теория и практика физической культуры](#). – 2011. – № 10. – С. 92-95.
12. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Филатова О.Е., Хадарцева К.А. [Околосуточные ритмы показателей кардиореспираторной системы и биологического возраста человека](#) // [Терапевт](#). – 2012. – № 8. – С. 036-043.
13. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Каменев Л.И. [Новые биоинформационные подходы в развитии медицины с позиций третьей парадигмы \(персонифицированная медицина -реализация законов третьей парадигмы в медицине\)](#) // [Вестник новых медицинских технологий](#). – 2012. – Т. 19. – № 3. – С. 25-28.
14. Еськов В.М., Филатова О.Е., Хадарцев А.А., Еськов В.В., Филатова Д.Ю. Неопределенность и непрогнозируемость -базовые свойства систем в биомедицине // [Сложность. Разум. Постнеклассика](#). – 2013. – № 1. – С. 67-82.
15. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Козлова В.В., Филатов М.А., Филатова О.Е., Гавриленко Т.В., Еськов В.В., Соколова А.А., Химикина О.И., Башкатова Ю.В., Берестин Д.К., Ватамова С.Н., Даянова Д.Д., Джумагалиева Л.Б., Кузнецова В.Н. [Системный анализ, управление и обработка информации в биологии и медицине](#) / Том XI. Системный синтез параметров функций организма жителей Югры на базе нейрокомпьютинга и теории хаоса-самоорганизации в биофизике сложных систем. – Самара: Офорт, 2014. – 192 с.
16. 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.
17. Еськов В.М., Еськов В.В., Гавриленко Т.В., Вахмина Ю.В. Кинематика биосистем как эволюция: стационарные режимы и скорость движения сложных систем – complexity // [Вестн. Моск. ун-та. Сер. 3. Физ. Астрон.](#) – 2015. – № 2. – С. 62-73.
18. Churchland M.M., Cunningham J.P., Kaufman M.T. Neural population dynamics during reaching // [Nature](#). 2012. – v.487, P.51-56.
19. Eskov V.M., Filatova O.E. Respiratory rhythm generation in rats: the importance of inhibition // [Neurophysiology](#). – 1993. – Т. 25. – № 6. – P. 420.
20. Eskov V.M., Filatova O.E. Compartmental approach to modeling of neural networks: role of inhibitory and excitatory processes // [Biophysics](#). 1999. Т. 44. № 3. С. 510-512.
21. Eskov V.M., Eskov V.V., Braginskii M.Ya., Pashnin A.S. [Determination of the degree of synergism of the human cardiorespiratory system under conditions of physical effort](#) // [Measurement Techniques](#). – 2011. – Т. 54. – № 8. – P. 832-837.

22. Eskov V.M., Khadartsev A.A., Eskov V.V., Filatova O.E., Filatova D.U. Chaotic approach in biomedicine: individualized medical treatment // [Journal of Biomedical Science and Engineering](#). 2013. T. 6. C. 847-849.
23. Haken H. Principles of brain functioning: a synergetic approach to brain activity, behavior and cognition (Springer series in synergetics). Springer. 1995. 349 P.
24. Prigogine I. The Die Is Not Cast // Futures. Bulletin of the World Futures Studies Federation. Vol. 25. № 4, January 2000. P. 17-19.
25. Weaver W. Science and Complexity. Rokfeller Foundation, New York City // American Scientist. 1948. – p. 36: 536-544.