

ЭВОЛЮЦИЯ ПОНЯТИЯ ГОМЕОСТАЗА: ДЕТЕРМИНИЗМ, СТОХАСТИКА, ХАОС-САМООРГАНИЗАЦИЯ

© 2017 г. В.М. Еськов, О.Е. Филатова, В.В. Еськов, Т.В. Гавриленко

Сургутский государственный университет,
626415, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, Сургут, просп. Ленина, 1

E-mail: valery.eskov@gmail.com

Поступила в редакцию 20.12.16 г.

Понятие гомеостаза является фундаментом в изучении любых живых систем. В определенном смысле гомеостаз и жизнь – это синонимы. Более 150 лет происходит изучение и развитие понятия гомеостаза, однако только в XXI веке мы вплотную подошли к расшифровке этого понятия как состояния биосистемы и непрерывного процесса. С позиций теории хаоса-самоорганизации доказано, что традиционные представления в рамках детерминизма (функциональный анализ) или стохастики (когда возникает вероятностная неопределенность или определенность) не могут описывать гомеостазис У.Б. Кеннона и его последователей. В рамках новой теории хаоса-самоорганизации показывается резкая граница между детерминизмом, стохастикой (и детерминированным хаосом) и системами третьего типа, которые обладают пятью особыми свойствами (принципами самоорганизации) и которые можно описывать в рамках понятия квазиаттрактора. Показана кинематика, как движение квазиаттракторов в фазовых пространствах состояний, и вводится понятие скорости эволюции сложных биосистем – *complexity*, которое отлично от определения Пригожина–Гленсдорфа. Одновременно вводятся понятия неопределенностей 1-го и 2-го типа и аналог принципа Гейзенберга для *complexity*, которые существенно уведут сложные биосистемы из области традиционной науки и переводят их в теорию хаоса-самоорганизации.

Ключевые слова: гомеостаз, эволюция, квазиаттракторы, неопределенность, хаос.

Гомеостаз является ключевым понятием в изучении живых систем, но сам этот термин до настоящего времени строго не представлен, а модели реальных гомеостатических систем отсутствуют. Гомеостаз сейчас можно описывать в рамках новой теории хаоса-самоорганизации [1–14]. Для нового понимания гомеостаза необходимо вспомнить работы трех наших предшественников: Н.А. Бернштейна (1947 г.) с его эффектом «повторение без повторений» [15], W. Weaver (1948 г.) с его системами третьего типа [16] и В.С. Степина (1985–2013 гг.) с его непрерывным изменением вероятностей у биосистем [17]. Именно этих ученых сейчас можно твердо обозначить как предвестников нового понимания гомеостаза и эволюции, которое очень близко подходит к принципу неопределенности Гейзенберга [5,7,8]. По значимости для биологии, медицины и психологии эта аналогия неопределенности имеет не меньшее значение, чем квантовая механика для всей физики

в XX веке. Мы ожидаем, что подобные существенные изменения сейчас приближаются и к биологии, психологии и медицине из-за нового понимания гомеостаза и эволюции сложных биосистем [1–14,18–28].

В самом термине «гомеостаз» (гомеостатическом регулировании как процессе) заложено два противоречивых понятия. С одной стороны, в переводе с греческого первой части этого термина мы имеем понятие «подобный», но иногда говорят и о термине «одинаковый». Сразу отметим, что, строго говоря, это разные термины, так как треугольники могут быть подобными, но не одинаковыми (у них, например, может быть разная площадь). Вторая часть термина означает состояние (и одновременно неподвижность). Состояние тоже может быть подвижным (состояние тела, которое равномерно движется и подчиняется 1-му закону Ньютона, где само движение относительно) или неподвижным [7,8].

Таким образом, в термине «гомеостаз» заложена комбинация двух противоречий: «подобный не есть одинаковый» и «состояние не обязательно является неподвижным». Сразу отметим, что комбинация этих четырех связанных, но не эквивалентных (или не одинаковых) тер-

Сокращения: ДСП – детерминистский или стохастический подходы, СТТ – системы третьего типа, ФПС – фазовое пространство состояний, ВСС – вектор состояния системы, ТХС – теория хаоса-самоорганизации.

минов раскрывает всю суть противоречий не только самого понятия «гомеостаз», но и процесса гомеостатического регулирования, но эта комбинация имеет более широкие последствия для биологии, медицины и естествознания в целом. Некоторая противоречивость этого термина – это малая часть глобальных противоречий в динамике самих гомеостатических систем, в их особых свойствах, которые весьма затруднительно описывать с позиций *детерминистского или стохастического подходов* (ДСП) [1–14,25–31], а также в рамках динамического хаоса [5,7,8,18].

Неопределенность в терминологии обусловлена глобальной неопределенностью свойств и динамики поведения любых (сложных) биосистем – *complexity*, которые являются уникальными системами и по определению И.Р. Пригожина [32,33] не могут являться объектами современного *детерминистского или стохастического подходов*. Сейчас же мы уже добавляем: и современной теории хаоса (в частности, детерминированного хаоса) в интерпретации Арнольда–Лоренца, которая не может описывать сложные биосистемы третьего типа (СТТ-*complexity*) [1–14,25–31].

СПЕЦИФИКА ГОМЕОСТАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ПОЗИЦИЙ СОВРЕМЕННОЙ НАУКИ

Расширяя тезис о неопределенности и непредсказуемости для гомеостатических систем, мы приходим к пересмотру таких фундаментальных понятий в естествознании, как «*определенность – неопределенность*» и «*прогнозируемость – непрогнозируемость*». Требуется расшифровка также понятия подобия, схожести, эквивалентности и равенства при описании динамики и стохастического описания сложных биосистем – *complexity*. Мы сейчас приходим к новой трактовке понятия стационарного состояния биосистем и их движения (какого движения и движения чего?) [25–31,34–38].

В этой связи мы должны ввести и новые понятия относительности. Последнее касается относительности движения вектора состояния сложной биосистемы (*complexity*) в *фазовом пространстве состояний* (ФПС), относительности определенности (или вероятностной неопределенности) значений *вектора состояния (сложной) системы* (ВСС) в виде $x = x(t) = (x_1, x_2, \dots, x_m)^T$, когда размываются границы движения ВСС в фазовом пространстве состояний, когда движение может считаться покоем, а покой – реальным движением. Возникают другие понятия относительности движения ВСС в ФПС и возникают неопределенности 1-го и 2-го типов

для *complexity* (или уникальных систем – СТТ) [5,7,8,27,34–38]. Эти два типа неопределенности не имеют аналогов в современной науке, но они характеризуют гомеостаз, все сложные биосистемы (СТТ-*complexity*) [39–43].

Последнее означает выход за пределы неопределенности детерминированного хаоса и переход к гомеостатическим системам [1,4,5,7,8,12]. Об этом говорил М. Gell-Mann в своей известной работе [44] как о выходе за пределы определенности (или неопределенности), которая общепринята в стохастике в виде *функций распределения* $f(x)$. При этом оказалось [1–12,34], что особые гомеостатические системы, которые мы определяем как системы третьего типа, не являются объектом ДСП. Это остро чувствовал в конце своей жизни И.Р. Пригожин, что послужило поводом для написания его известной статьи [33] и фундаментальной монографии [32], в которой он постулировал отказ от детерминизма для биосистем, но сохранял стохастику (при этом неоднократно ссылался на Гейзенберга). Он отказывался изучать уникальные системы (СТТ) в рамках ДСП и вообще отказывался от материализма [33] при изучении биосистем (точнее говоря, он отказывался от детерминизма и частично от стохастики в изучении *complexity*). К этому приблизился и второй выдвигавшийся физик J.A. Wheeler [45], который тоже пытался сформулировать описания *complexity* с позиций ДСП и при этом ощущал принципиальные сложности на этом пути. На эти сложности еще 68 лет назад обращал внимание W. Weaver в своей фундаментальной статье о сложности [16], но работы Н.А. Бернштейна и W. Weaver остались без внимания со стороны всего ДСП, т.е. современной науки. Более того, сейчас мы предлагаем определить и границы стохастики в изучении СТТ-*complexity* из-за отсутствия статистической устойчивости для $x(t)$ [1–12,18–29,35–38,46–53].

В действительности все эти три основных положения (или проблемы) о теории *complexity*, о глобальной неопределенности СТТ и о невозможности их описания в ДСП составляют сейчас основу *теории хаоса-самоорганизации* – ТХС. Однако суть этой проблемы так и не была раскрыта за последние 70 лет, а высказывания Пригожина трактовались дословно, т.е. как отрицание материализма [7,8,32,33]. Только в ТХС [1–12,46–53] был представлен принципиальный водораздел между детерминизмом, стохастикой, детерминированным хаосом Арнольда–Лоренца и развиваемыми сейчас новыми подходами в оценке свойств и динамики поведения СТТ-*complexity* на примере гомеостаза. Все оказалось гораздо сложнее и интересней [34–38]. Были введены пять принципов

организации СТТ [5–12,34–38] и получены многочисленные доказательства их (СТТ) отличий от объектов ДСП. Более того, была составлена таблица тринадцати отличий ТХС от ДСП, она сейчас постоянно представляется на обложке международного журнала *СМР (Complexity Mind Postnonclassic*, см. <http://www.esrae.ru/cmpf/>).

В этом наборе отличий (и противоречий) между ДСП и ТХС ведущее место занимают два: отсутствие возможности произвольного повторения начальных значений $x(t_0)$ вектора состояния системы $x = (x_1, x_2, \dots, x_m)^T$ (а тогда нет задачи Коши) и особый хаос СТТ, который не является детерминированным хаосом, а значит, и СТТ – не объект ДСП. Сразу отметим, что именно особые свойства СТТ и особенности их динамики (в том числе и отсутствие *стационарных режимов*) и обеспечивают понятие гомеостаза для *complexity*. Более того, это понятие весьма сложно представить в виде детерминистской стационарности ($dx/dt = 0$), или в виде неизменности функций распределения $f_j(x_i)$ для любой j -й выборки всех компонент x_i ВСС в ФПС. Невозможно описывать СТТ и в рамках детерминированного хаоса [1–12], о котором настойчиво говорили М. Gel-Mann [44], J.A. Wheeler [45] и И.Р. Пригожин [32,33]. Это последнее утверждение особенно чувствительное для ДСП, так как все вышеуказанные ученые (М. Gel-Mann, J.A. Wheeler и И.Р. Пригожин) обращались именно к детерминированному хаосу как способу описания *complexity*. Однако действительность оказалось гораздо сложнее. Эта сложность базируется на особой динамике гомеостаза и иного понимания стационарных режимов *complexity*, в которых гомеостаз обеспечивает устойчивость СТТ. Одновременно хаос СТТ в ТХС базируется не на константах Ляпунова (они меняют знак хаотически), не на сходимости автокорреляционных функций к нулю ($A(t) \rightarrow 0$ в динамическом хаосе) и не на равномерном распределении любых выборок x_i всего вектора $x(t)$. Хаос СТТ основан на хаосе статистических функций распределения $f(x)$ для подряд получаемых выборок x_i у биосистем, находящихся в гомеостазе. Иными словами, отсутствует статистическая устойчивость выборок x_i , когда $f_j(x_i) \neq f_{j+1}(x_i)$ для биосистемы, находящейся в одинаковом гомеостазе [1–12,46–53].

КРАТКИЙ ИСТОРИЧЕСКИЙ ЭКСКУРС, ПЕРСОНАЛИИ, РАСШИРЕНИЕ ПОНЯТИЙ

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*» (С. Bernard, *Introduction a la medicine Experimentale*, Paris, 1952; original, 1864). В этой работе автор 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* и биофизиков, работающих в области неравновесных систем, послужили основой для развития многих новых направлений общей теории систем, кибернетики и синергетики.

Отметим, что К. Бернар специально ввел эти два понятия как целостное одно (постоянство как стойкость), так как это все-таки два разных понятия, но имеющие общий корень (стой, стоять). Однако особых результатов с позиций ДСП в изучении гомеостаза мы не получили и не получим в будущем, если исходить из понятий ДСП, современной науки, так как в гомеостазе нет постоянства не только начального состояния биосистемы $x(t_0)$, но и статистические функции распределений $f(x_i)$ для любых x_i всего $x(t)$ непрерывно изменяются, а детерминированного хаоса тоже нет [1–12,35–38]. Одновременно в гомеостазе непрерывно и хаотически изменяются все статистические характеристики СТТ. Для получаемых выборок x_i мы имеем непрерывный калейдоскоп $f(x)$, их автокорреляций $A(t)$, спектральных плоскостей сигнала (СПС) и т.д. [35–38,46–53].

Значительно позже (спустя 100–150 лет) наука начала детализировать понятия внутренней среды (как глубокий, антиэнтропийный уход от традиционного термодинамического равновесия) и свободной жизни организма от внешней среды. Сразу отметим, что полная свобода может получиться только у человека с его особым, постоянным (в смысле запоминания событий, памяти) состоянием этой самой внутренней среды, да и внешней тоже (которую человек сейчас формирует согласно своим желаниям и возможностям). Одновременно отметим, что длительное время именно энтропия S служила устойчивым аргументом в оценке целесообразности физического (термодинамического) подхода при описании сложных биосистем – *complexity*. Однако реальность оказалась более необычной – энтропия S , термодинамика неравновесных систем И.Р. Пригожина не совсем подходит к описанию СТТ-*complexity* [1–12,35–38].

После работ К. Бернара в первой половине XX 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*» (W. Cannon, *The Wisdom of the Body*, New York, 1963; original, 1932) он впервые вводит понятие «*гомеостазиса*» [54]. Расширяя это понятие до общих кибернетических рубежей, но несколько позже, У.Р. Эшби (1903–1972) начал говорить о гомеостазисе (как свойстве исходно человекомерных систем) любых сложных систем, находящихся в динамическом равновесии. Сейчас этот термин все чаще используют и для описания социальных систем, которые в своей динамике имеют много общего с организмом отдельного человека (все такие системы мы сейчас обозначаем как *системы третьего типа* – СТТ). Существенно, что СТТ весьма затруднительно описывать в рамках детерминизма (на основе функционального анализа) или стохастики. На это указывал еще в 1948 г. W. Weaver [16], который ввел понятие о трех типах систем и вместе с Н.А. Бернштейном заложил фундамент неопределенности в понимании новых систем (у нас это гомеостатические системы [35–38,46–53]).

Следует отметить, что сам Кеннон понимал неустойчивость различных систем, отмечая эту особенность так: «...у живых существ, включая, возможно, мозг, нервы, сердце, легкие, почки, селезенку, действующие совместно (взаимодействующие), ... я предложил особое определение этих состояний – гомеостазис. Это слово не предполагает что-либо постоянное или какое-то застойное явление. Оно означает условие, которое может изменяться, но которое относительно постоянно». Последнее понятие («относительно постоянно») до настоящего времени в ДСП не расшифровано и явилось основой для изучения в *теории хаоса-самоорганизации* [1–12,35–38]. Забегая вперед, отметим, что эта относительная постоянность выходит за рамки детерминизма (где $dx/dt = 0$), стохастики (где $f(x)$ должна сохраняться) и за рамки детерминированного хаоса (где должны быть равномерные распределения), т.е. СТТ – не объект ДСП [1–12,35–38,46–53].

Таким образом, понятие гомеостазис (как особое состояние внутренней среды организма) возникло из наблюдений и исследований физиологов, но было значительно расширено на многие сложные системы (и не только биосистемы) – *complexity*, которые подобны организму человека. Как результат такого развития, т.е. расширения этого понятия, мы приходим к

синергетическим системам (начиная от Ч. Шеррингтона), которые обладают особыми свойствами и которые весь XX век в рамках общей теории систем (начиная от Л. фон Берталанфи) пытались изучать и описывать в основном в рамках детерминистского или стохастического подходов, т.е. ДСП. Упомянув всю эту хронологию, мы обязательно должны говорить и о теории *функциональных систем организма* человека, ранее разрабатываемой П.К. Анохиным, а сейчас его научной школой [55]. Однако эта область знаний о предтечах синергетики – особая область, требующая отдельного большого разговора, и сейчас мы ограничимся только кратким хронологическим упоминанием персоналий. При этом особо выделим: до настоящего времени гомеостаз изучается только с позиций ДСП (и теория функциональных систем организма – тоже), а это создает большие трудности в его изучении из-за наличия неопределенностей 1-го и 2-го типов, о которых мы будем говорить ниже. Подчеркнем, что в теории функциональных систем организма П.К. Анохин понятием полезного конечного эффекта для организма дополнял фактически гомеостазис Кеннона [54].

В ходе развития самого понятия гомеостазиса всегда вне пределов обсуждения оставалась проблема особых свойств объектов, подобных организму человека, которые действительно обладают особыми свойствами гомеостатических объектов (С.П. Курдюмов и В.С. Степин обозначили их как человекомерные системы – *complexity*) [17,35]. Забегая вперед, необходимо отметить, что до конца XX века к этим особым свойствам относили следующие свойства (в том 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 (температуры, концентрации, давления и т.д.) в указанных внутренних средах (в свободной жизни организма).

Именно эта свобода (начиная от ухода от термодинамического равновесия, общепринятого в физике) и возникла из-за устойчивого существования разных градиентов. И самым большим признаком «свободы» биосистем является градиент температуры в организме человека. Как только организм зафиксировал свою внутреннюю температуру (36,6°C по Кеннону – это и есть мудрость тела), так с этого и началась свобода (в том числе и в работе мысли – нет переохлаждения или перегрева мозга, он работает нормально и всегда!). Условное стационарирование температуры тела – это действительно выдающееся достижение эволюции млекопитающих, но этот физический

параметр, как и биохимические, биоэлектрические параметры организма, являются характеристиками гомеостаза, его (гомеостаза) параметрами x_i в фазовом пространстве состояний, где непрерывно и хаотически движется их ВСС $x(t)$ по всем своим компонентам $x_i(t)$ [1–12,35–40,46–53].

Однако любая свобода (в первую очередь, начиная от термодинамического равновесия) требует создания устойчивых потоков и градиентов и главные из них – энергетические (пищевые, тепловые, а на макроуровне для человека они возникают искусственно, в виде жилья). Только при обеспечении физиологических и психических свобод для человека начинаются другие свободы – в получении и обмене информацией, передвижении, образовании различных групп и сообществ индивидуумов. Именно внутренний гомеостаз дает человеку различные свободы телу и духу, выбору из множества реальностей и возможностей только тех, которые оптимизируют жизнь любого живого существа и особенно человека. Все это – аргументы в пользу важности самого термина, истории его возникновения, но не в сторону познания его смысла и развития новых представлений о гомеостазе [34–43].

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

Такая проблема имеет экологические, физиологические, физические и другие аспекты, но в целом это проблема «человека и среды обитания». При этом главной особенностью подобных биосистем (например, организм отдельного человека и экосистема в космосе) является постоянное мерцание (хаотическое движение) вектора состояния биосистем $x(t)$ в фазовом пространстве состояний и его постоянная эволюция. Последнее проявляется в постоянном (возможно, телеологическом) движении области фазового пространства, внутри которой движется ВСС, в определенном направлении. Подобная эволюция была описана в

теории смены любой парадигмы (Т. Кун) и в теории эволюции любой сложной системы, характеризующейся понятиями: «возникновение», «расцвет», «спад», «смерть» («разрушение»). В теории гомеостаза на основе новых подходов в рамках теории хаоса-самоорганизации такая самоорганизация наблюдается с возрастом у каждого человека [34–38,46–53]. В целом любой гомеостаз трудно представить без эволюции.

В любом состоянии вектора $x(t)$ для таких сложных, гомеостатических систем их гомеостаз будет характеризоваться основными свойствами: кластеризация и компартиментализация, мерцание $x(t)$ в фазовом пространстве в пределах некоторой ограниченной области фазового пространства $x(t)$ – квазиаттрактора, эволюция таких квазиаттракторов в ФПС и, наконец, возможность хаотически изменять параметры квазиаттрактора в виде их объемов V_G . Все это относится к пяти особым свойствам сложных (синергетических) систем, к которым, в первую очередь, относится организм человека в целом и его функциональные системы (в виде кластеров), обеспечивающие гомеостаз [1–12,35–38,46–53].

Таким образом, современная трактовка гомеостаза (как особого состояния организма) в рамках третьей (синергетической) парадигмы дает нам новое понимание этого термина (как особого состояния *complexity*). Ранее, в рамках ДСП, «неподвижное состояние» описывалось условиями для $x(t)$ в виде $dx/dt = 0$ или $x_i = \text{const}$, а с позиций стохастики в виде неизменности функций состояний $f_j(x_i)$, где j – номер серии наблюдений (за интервал времени Δt_j). Теперь мы можем говорить о некоторых постоянных (условно) параметрах квазиаттракторов [1–12]. Последнее касается как объемов V_G для квазиаттракторов, так и координат их центров в ФПС. Гомеостаз (как состояние биосистемы и ее $x(t)$ в ФПС) теперь может быть представлен (при этом сам $x(t)$ непрерывно и хаотически движется внутри квазиаттрактора, а его параметры непрерывно дают $dx/dt \neq 0$) условиями: $V_G \approx \text{const}$, $x_i^c \approx \text{const}$. Здесь x_i^c – координаты центров квазиаттракторов, внутри которых непрерывно и хаотически движется вектор состояния в виде $x = x(t) = (x_1, x_2, \dots, x_m)^T$ [1–12,35–38,42–44,46–53].

В этом случае координаты x_i будут реально описывать сам процесс гомеостатирования, которое существенно отличается от традиционных ДСП-понятий стационарности. Подчеркнем, что понятие гомеостаза (как особого состояния биосистемы) не может быть описано в рамках традиционной науки, так как возникает большая проблема в понятии статичности (как не-

изменности параметров $x(t)$ или как неизменности самого состояния (и структуры) биосистемы). Рассмотрим все вышеобозначенное (гомеостазис как процесс, стационарность $x(t)$, квазиаттракторы) в рамках ДСП и нового подхода в виде *теории хаоса-самоорганизации* – ТХС. При этом подчеркнем, что по параметрам $x(t)$ мы не можем получить никакую статичность ($dx/dt \neq 0$ непрерывно и функции распределения $f_j(x_j)$, где j – номер выборки, для всех компонент x_j непрерывно изменяются), но термин «*одинаковое состояние*» – гомеостазис – все-таки остается. Каким же должен быть новый смысл этого старого термина (гомеостаз)?

ГОМЕОСТАТИЧНЫЕ СИСТЕМЫ НЕ ЯВЛЯЮТСЯ ОБЪЕКТОМ СОВРЕМЕННОЙ НАУКИ?

Отметим, что для нас системы третьего типа, *complexity* или гомеостатичные системы являются синонимами или сходными понятиями. Подчеркнем, что более 40 лет длилась дискуссия между И.Р. Пригожиным [32,33] (сторонником термина и понятия «*complexity*») и Н. Накен [56], который говорил о десяти свойствах синергетических систем (при этом в синергетике он выделял главное – системное свойство, когда элемент системы не может представлять всю систему). Однако термин *complexity* и сейчас вызывает скепсис и критику: S. Lloyd, например, представил в 90-х годах XX века более 30-ти определений *complexity*, и это вызвало критику со стороны J. Horgan [57]. Сама же синергетика так и не получила своего собственного математического аппарата (да и принципов оказалось всего пять, а не десять, как у Н. Накен [56]). Иными словами, дискуссия между теорией *complexity*, синергетикой, а теперь уже и теорией СТТ остается открытой [1–12,35–38,56–58]. Она получает новое развитие в *теории хаоса-самоорганизации*, но это уже другая наука [1–12,47–53]. Строго говоря, эта дискуссия была открыта еще нобелевским дауреем А.В. Хиллом в 50-х годах XX века [58].

Условно, на сегодняшний день, дискуссия между теорией *complexity* и синергетикой закончилась присоединением синергетики к теории *complexity*, а вот раскрытие понятия сложности во всем его многообразии так и осталось за кадром. Сейчас можно просто говорить, что сложность – это живые системы, а их гомеостаз – это синоним сложности. Тогда сразу возникает скепсис у многих физиков: что мы все-таки изучаем в самом гомеостазе (в живых системах)? Если мы не можем дать определение системам третьего типа, то что такое гомеостаз? Согласимся с тем, что ответить на этот вопрос –

это дать определение жизни, но это очень сложная задача [1–12,56–63]. Однако ее решение можно выполнить только в рамках биофизики и только самими биофизиками [1–12,35–40], так как биофизика – это мостик между ДСП и реальными свойствами живых систем – СТТ.

Попробуем сейчас дать ответ на фундаментальный вопрос естествознания: что такое жизнь и каково ее определение? Если кратко пытаться дать ответ на этот вопрос с позиции определенных свойств живого (или принципа организации), то мы сейчас в ТХС [1–12,35–38] даем определения пяти принципам организации СТТ и этим можно ограничить ответ на вопрос о жизни. Однако попытки определения живых систем не прекращаются. Имеется ряд обширных обзоров Г.Р. Иваницкого [59–62] и В.В. Смолянинова [63], которые систематизировали признаки жизни и представили основные подходы в идентификации живых систем с позиций ДСП. Однако главная проблема во всех этих обобщениях – полная неопределенность в динамике поведения параметров $x(t)$ для биосистем. Поэтому проблема неопределенности *complexity* (живых систем, СТТ) составила основу и в ТХС, и в разработке методов изучения СТТ (например, гомеостаза) [1–12,35–38,47–53,64].

Отметим, что неопределенность в ТХС имеет четыре фундаментальных направления: неопределенность стационарных режимов, 1-й и 2-й тип неопределенности, неопределенность будущего и, наконец, неопределенность самого определения СТТ. Последнее требует признания основных принципов функционирования живых систем (в ТХС их пять) и создания некоторого формального аппарата для описания СТТ [5, 7,8,30]. Если же исходить из ТХС, то в этой теории имеются только два типа неопределенности [1–12].

При попытках дать определение жизни мы одновременно отвечаем и на вопрос: что такое гомеостатические системы (для нас это СТТ – *complexity*) и что такое гомеостаз? Однако вместо перечисления свойств СТТ и их определений, мы можем представить большое число публикаций [1–12,35–38,46–53], в которых дается ответ на этот фундаментальный вопрос с другой позиции: почему СТТ – это не объект ДСП? Во введении и в первом параграфе мы уже кратко ответили (попытались) на этот вопрос, а сейчас представим развернутый ответ на вопрос о гомеостатических системах на основе расшифровки понятия неопределенности (или условности определенности) СТТ. Иными словами, можно сказать сейчас, почему СТТ – это не объект ДСП, т.е. современной науки, почему

они (СТТ) не могут описываться в рамках детерминизма, стохастики и детерминированного хаоса. Первоначально мы постараемся представить доказательства того, что СТТ – это не объект ДСП, т.е. современной науки.

Действительно, главная проблема отличия СТТ от объектов ДСП заложена в отсутствие возможности произвольного повторения любых начальных параметров $x(t_0)$ вектора состояния СТТ в виде $x = x(t)$. В m -мерном фазовом пространстве состояний (ФПС) мы не можем произвольно в любой другой момент времени $t \neq t_0$ попасть в точку с координатами $x(t_0)$. Начальное значение СТТ неповторимо, и $x(t_0)$ можно повторить только в пределах некоторых квазиаттракторов, их объемов V_G [1–12,24–31]. Поэтому для СТТ любая траектория ее $x(t)$ в ФПС будет иметь уникальный характер, а изучение таких траекторий носит ретроспективный характер, как в любом историческом процессе. В этом смысле история – это наука о гомеостазе социальных систем [25,26]. Повторить $x(t_0)$ или любую траекторию $x(t)$ и его конечное состояние $x(t_k)$ в ФПС для СТТ невозможно, и не только в точности, но и в рамках их функции распределения $f(x)$ (включая и состояние $x(t_0)$).

СТТ – это уникальные системы с уникальными динамиками $x(t)$ [1–12,34–43]. Для них нет задачи Коши ($x(t_0) \neq \text{const}$) и их невозможно описывать в рамках функционального анализа (траекторию невозможно повторить в ФПС), нет для СТТ и прогноза (ретроспективно их описывать возможно). Именно об этом 70 лет назад пытался сказать Н.А. Бернштейн [15], но его никто не слушал, и отчасти это объяснимо – до настоящего времени в ДСП нет аппарата для описания «повторений без повторений» Н.А. Бернштейна [15]. При этом отметим, что отсутствие произвольного повторения начального ($x(t_0)$), произвольного ($x(t)$) и конечного ($x(t_k)$) состояния вектора $x(t)$ биосистемы приводят к отрицанию их изучаемости в рамках ДСП. Об этом говорил Р. Пенроуз «Что означает вычислимость, когда в качестве входных и выходных данных допускаются непрерывно изменяющиеся параметры» [65].

Все это означает, что для таких систем (СТТ) не только их будущее состояние $x(t_k)$ невозможно прогнозировать, но и прошлое состояние (в виде $x(t_0)$ и траектории в ФПС) невозможно произвольно повторить в ФПС. СТТ – уникальные системы, про которые И.Р. Пригожин говорил [32,33], что они не объект современной науки. Мы добавляем: есть трудности их описания с позиций детерминизма, стохастики и детерминированного хаоса, но в рамках ТХС можно изучать СТТ. Более

того, можно описывать статистические и кинематические характеристики сложных биосистем без задания $x(t_0)$, их функций распределения $f_j(x_j)$. При этом прогноз СТТ возможен только в условиях действия *внешних управляющих воздействий*. Поскольку мы опубликовали более 400 статей, в которых представлены примеры уникальности СТТ, в этом сообщении мы только акцентируем внимание на стационарном режиме СТТ и их эволюции. Подчеркнем, что стационарность (в смысле «мерцание») и эволюция – это два из пяти фундаментальных свойств (и принципов функционирования) СТТ.

Отметим, что дальнейшее развитие понятия гомеостаза будет определяться динамикой развития теории хаоса – самоорганизации [1], что связано с фундаментальной перестройкой подходов, определений, понятий при изучении сложных биомедицинских систем. Осознание этого базиса может происходить в рамках оценки эмпирических данных с позиций статистики и детерминированного хаоса, т.е. ответа на вопрос: СТТ – это хаотические системы или они другие? Для ответа на этот вопрос мы уже представили более 40 монографий и 400 статей, но ряд характерных примеров следует повторить. С функциональной точки зрения (а это основа современной биофизики) имеются два принципиальных момента: новая интерпретация статики и кинематики СТТ – *complexity* [1–12]. Остановимся на них несколько подробнее именно в аспекте нового понимания гомеостаза [35–52].

Предварительно отметим, что в ТХС мы различаем два типа движений: движение $x(t)$ в пределах квазиаттракторов (это стационарное состояние СТТ в ФПС и обычное движение в ДСП, т.е. оно является обычным движением в современной науке – ДСП, к которому применимы все статистические методы расчета); движение квазиаттрактора в ФПС как эволюция СТТ. В последнем случае мы будем рассматривать движение квазиаттрактора в виде движения центра и изменения объема V_G . Рассмотрим проблему статичности СТТ-*complexity* более подробно [1–12].

СТАТИКА СЛОЖНЫХ (САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ) БИОСИСТЕМ (COMPLEXITY) – АНАЛОГ ПРИНЦИПА ГЕЙЗЕНБЕРГА ДЛЯ СИСТЕМ ТРЕТЬЕГО ТИПА

С момента выхода работ Шмальгаузена, Рашевского, Лотки и Вольтерра прошло уже более 80-ти лет, но проблема построения некоего единого подхода в теоретической биофизике остается открытой. Существенным про-

белом здесь остается отсутствие классических разделов (столь характерных для теоретической физики), например, в виде классической механики (биомеханики) и аналога квантовой механики в динамике поведения сложных систем (*complexity*). При этом на молекулярно-клеточном уровне (в биофизике) мы имеем несомненные достижения и успехи (в виде изучения наследственности, строения и функцией мембран и др.). При переходе к сложным динамическим системам с самоорганизацией проблема прогнозируемости таких систем и даже возможности повторения их начального состояния (в виде $x = x(t_0)$ или любой динамической траектории $x(t)$ в ФПС) остается принципиально нерешенной. На это обращал внимание и М. Gell-Mann в своем известном сообщении по проблеме неопределенности для *complexity* [44]. В ГХС эта проблема переходит в проблему отсутствия стационарных режимов СТТ (с позиций ДСП). Принципиальная непредсказуемость и неповторимость динамики поведения сложных динамических систем обусловлена особыми свойствами сложных биосистем, которые мы сейчас определяем как системы третьего типа. В современной теоретической биофизике СТТ обозначают как *complexity*, но при этом нет строгого определения этих систем и их свойств [1], хотя в ГХС мы это реализовали в виде пяти принципов организации СТТ [1–12].

Отметим, что первые попытки ввести некоторые понятия о СТТ были выполнены еще 68 лет назад W. Weaver в его известной публикации «Science and complexity» [16]. Однако, вводя понятие организованной сложности, W. Weaver тогда не выполнил систематизацию таких объектов, их основных свойств и, главное, не предложил методы и модели для их описания. Традиционные физические подходы в биофизике на уровне *complexity*, как это и представлял в 50-х годах XX века А. Хилл, не дали нужных результатов [58] из-за особых свойств СТТ. Многочисленные попытки Н. Накен [56] и И.Р. Пригожина [32,33] в области синергетики и теории *complexity* также закончились безрезультатно в плане выделения особого математического аппарата и особых моделей для описания *complexity* с самоорганизацией. Более того, сам Пригожин в предсмертной статье «The Die is not Cast» особым образом выделил системы в природе, которые современная наука не изучает и не описывает. Речь идет об уникальных системах, без их повторения в пространстве и времени. Однако, как мы сейчас покажем, именно эти системы и составляют основные объекты в биологии и медицине. Эти особые объекты (с их уникальными свойствами) уже описывали в своих обзорах Г.Р. Иваниц-

кий [59–62] и В.В. Смолянинов [63]. Однако особое свойство непрерывного мерцания и эволюции каждой *complexity* остается все-таки за пределами обсуждения с позиций детерминизма и стохастичности [1–12,35–52], их невозможно описывать в ДСП [41–53].

Во-первых, все СТТ (*complexity* в трактовке Пригожина–Хакена) не имеют точек покоя в традиционном (детерминистско-стохастическом подходе) плане. Например, для СТТ никогда их $x = x(t)$ не сможет продемонстрировать стационарный режим в виде $dx/dt = 0$. Для любой СТТ их $x(t)$ в ФПС испытывает непрерывное и хаотическое движение [1–12,21–30]. Это движение (как и движение электрона в условиях энергетических ограничений, например, в потенциальной яме или на определенном энергетическом уровне в атоме) ограничено определенными рамками, накладываемыми на любые фазовые координаты x_1 и $x_2 = dx_1/dt$. Таким образом, СТТ не имеет стационарных режимов в аспекте ДСП, но их движение в ФПС все-таки ограничено [1–12].

Во-вторых, в биомеханике такими фазовыми координатами являются реальные механические координаты в виде положения конечности (пальца при постуральном треморе) по отношению к регистрирующему датчику – $x_1 = x_1(t)$ и скорости перемещения конечности $x_2 = x_2(t) = dx_1/dt$. На фазовой плоскости вектора $x = (x_1, x_2)^T$ можно построить фазовые траектории, которые все-таки будут иметь определенные границы в пределах фазового пространства. Эти границы образуют некоторую область в ФПС, которая характеризует физиологическое (психическое) состояние субъекта (испытуемого) и которую мы будем обозначать как *квазиаттрактор*. Объем квазиаттрактора (V_G) является важной характеристикой объекта и используется сейчас в биологии, психологии и медицине для диагностики функций организма испытуемого [1–19,31–49]. Таким образом, квазиаттракторы – важная характеристика любой СТТ (*complexity*), динамики поведения их ВСС в ФПС. Более точное определение квазиаттрактора вместе с примерами мы неоднократно представляли ранее [1–12,64], где было введено понятие минимального (V_G^{\min}) и максимального (V_G^{\max}) объемов квазиаттрактора.

В целом все СТТ – это особый тип систем, которые находятся в непрерывной хаотической динамике и для которых отсутствует возможность какого-либо прогноза в будущем их конечного состояния $x(t_k)$. Именно это пытался сказать М. Gell-Mann в своем обращении, но только в отношении физических систем [44]. У этих особых СТТ наряду с особым хаосом

имеются и механизмы самоорганизации. Поэтому мы сейчас разрабатываем новые методы описания систем третьего типа (отличных от детерминистских и стохастических систем), которые базируются на новой теории хаоса-самоорганизации. Эта ТХС включает в себя пять принципов организации СТТ: компартиментно-кластерное строение, свойство «мерцания» СТТ (когда непрерывно $dx/dt \neq 0$), эволюцию СТТ и их телеологическое движение к некоторому конечному квазиаттрактору, наконец, возможность выхода не только за 3 сигмы, но и за 10, 20 сигм, что в стохастике исключено полностью. Последнее свойство гигантских отклонений от координат центра квазиаттрактора характерно только для СТТ – *complexity*. Технические или физические системы в этом случае просто прекращают свое существование. Однако в квантовой механике такие эффекты имеют место в виде туннельных эффектов: частица может преодолеть потенциальный барьер (выйти из ядра, например) и даже возвратиться обратно.

В целом биофизика отличается от физики. Здесь нет универсализма (одинаковости объектов исследования). Универсальными могут быть законы поведения: непрерывное и хаотическое движение $x(t)$ в ФПС, отсутствие повторяющихся начальных условий (т.е. $x(t_0)$ неповторим и невоспроизводим), наличие ограничений на сопряженные координаты $x(t)$ [1–12]. Более того, специфика ТХС такова, что СТТ имеют не только V_G^{\min} , но и V_G^{\max} , т.е. некоторый максимальный объем ФПС, внутри которого непрерывно и хаотически движется $x(t)$. В этом заключено отличие СТТ от физических, химических или технических систем. Поэтому именно СТТ необходимо описывать в рамках ТХС, так как ДСП-методы и модели бессильны в их описании. Покажем на конкретных примерах бесполезность детерминистского и стохастического подходов в отношении систем третьего типа [1,5,7,8,13].

Прежде всего отметим, что постуральный тремор и теппинг всегда рассматривались как примеры произвольных и произвольных движений. Однако с позиций механики, с позиций ТХС, оба этих движения не могут числиться произвольными движениями, так как они с механической точки зрения (и с позиций ТХС) выполняются произвольно. Иными словами, повторную траекторию тремора или теппинга воспроизвести невозможно! Любой динамический отрезок (траектория пальца в пространстве) для координат $x_1(t)$ и $x_2(t)$ в фазовом пространстве неповторим и невоспроизводим. Это движение хаотическое, но в пределах ог-

раниченных объемов ФПС (квазиаттракторов). Квазиаттрактор можно повторить, и он может изучаться в ТХС. Однако стохастическая функция распределения $f_j(x_j)$ для разных выборок (нумеруются по j) произвольно для СТТ не может быть повторена. При повторениях опытов с СТТ, находящейся в гомеостазе, мы получаем калейдоскоп $f(x_j)$, т.е. очень редко две выборки можно отнести к одной генеральной совокупности для тремора, теппинга, кардиоинтервалов, миограмм, нейрограмм, ЭЭГ, других параметров гомеостаза (включая и биохимические параметры организма).

Отметим также, что число выполненных нами биомеханических измерений и измерений параметров кардиоинтервалов превышает миллион выборок. Здесь кардиоинтервал – это временной отрезок τ между последовательными сокращениями сердца и это – переменная величина $x_1(t)$, которая тоже имеет свою скорость $x_2 = dx_1/dt$ и ускорение $x_3 = dx_2/dt$. И для движения пальца, и для работы сердца (а также электроэнцефалограмм, электромиограмм, теппинграмм и т.д.) мы имеем одинаковые (с физической точки зрения) фазовые пространства с размерностью $m = 3$ (т.е. имеем вектор $x = x(t) = (x_1, x_2, x_3)^T$), а в более упрощенном виде мы используем только фазовую плоскость вектора $x = x(t) = (x_1, x_2)^T$. Однако получить одинаковые $f(x_j)$, автокорреляций $A(t)$, амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) для одного испытуемого (находящегося в гомеостазе) почти невозможно (именно со стохастической точки зрения, а в детерминизме – это невозможно в принципе). Отметим, что для СТТ мы не можем применить и детерминированный хаос [1–12,45–52].

Доказательство того, что у СТТ нет точек покоя и они не могут сравниваться на предмет одинаковых состояний (гомеостаз!) именно в рамках ДСП, мы представляли почти во всех наших публикациях [1–12,25–37,45–53]. Поэтому нет смысла давать иллюстрацию и для реализации анализа принципа Гейзенберга для СТТ в биологии, медицине, экологии. Однако некоторые общие результаты мы все-таки напомним в виде трех матриц парных сравнений выборок для треморограмм (табл. 1), электромиограмм (табл. 2) и кардиоинтервалов (табл. 3) [1–12,18–31,34–43].

Уникальные результаты мы получали при анализе более одного миллиона электрокардиограмм (кардиоинтервалов), электромиограмм, электронейрограмм и любых других параметров гомеостаза (включая и колебания биохимических параметров крови и параметров других биологических систем) у одного и того же

Таблица 1. Матрица парного сравнения выборок треморограмм испытуемого ГДВ

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0,00	0,00	0,00	0,07	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	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,00		0,00	0,99	0,00	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	0,07	0,00	0,99	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	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	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28	0,00
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,09	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	0,00	0,00	0,01
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	0,09	0,00	0,00		0,09	0,00
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09		0,00
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	

Примечание. Число повторов $N = 15$, использован критерий Вилкоксона (уровень значимости $p < 0,05$, число совпадений $k = 5$).

Таблица 2. Матрица парного сравнения выборок электромиограмм испытуемого ГДВ при слабом напряжении ($p = 5$ даН)

	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	0,85	0,00	0,00	0,02	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	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	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
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	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	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	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,39	0,00	0,00	0,00	0,00
9	0,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,06	0,01	0,00	0,00
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,10	0,00	0,31
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,39	0,00	0,00		0,00	0,00	0,01	0,00
12	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00		0,00	0,01	0,00
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,10	0,00	0,00		0,00	0,08
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00		0,00
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,31	0,00	0,00	0,08	0,00	

Примечание. Использован критерий Вилкоксона (критерий значимости $p < 0,05$, число совпадений $k = 6$).

человека за короткий промежуток времени (и тем более на длительных интервалах T) или для разных людей. Тем более нет существенных статистических совпадений таких параметров у разных людей при их сравнении, если все это сравнивать с позиций детерминизма или стохастики. Очень редко $f(x)$ может совпадать, но

это все происходит случайно, без закономерностей. Мы имеем полную неопределенность будущего состояния СТТ, так как прогнозировать $f(x)$ невозможно для *complexity*, и в этом они сходны с детерминированным хаосом (остальные четыре критерия хаоса к СТТ не при-

Таблица 3. Матрица парного сравнения выборок кардиоинтервалов испытуемого ГДВ

	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	1,00	1,00
2	0,00		0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,33	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,00		0,48	0,00	0,91	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	0,00	0,00	0,48		0,00	0,86	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,03	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,40	0,84	0,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,05	0,91	0,86	0,00		0,04	0,00	0,00	0,00	0,13	0,08	0,00	0,00	0,00
7	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,05		0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	0,00	0,02		0,56	0,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,84	0,00	0,01	0,56		0,99	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	0,99		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,00	0,19	0,00	0,02	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00		0,55	0,00	0,00	0,00
12	0,00	0,33	0,00	0,03	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55		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	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00
15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

Примечание. Использован критерий Вилкоксона (критерий значимости $p < 0,05$, число совпадений $k = 17$).

менимы!). Вектор $x(t)$ для СТТ – особый в своей динамике.

Второй принцип ТХС в организации биосистем (свойство мерцания – *glimmering* (или *flickering*)) выводит их из пространства традиционной науки и делает СТТ похожими на квантовые частицы, для которых вместо равенств мы можем представлять неравенства. При этом все-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 особый хаос и самоорганизация. Именно это и имели в виду Н.А. Бернштейн [15] и П.К. Анохин [55], а у нас в ТХС оно проявляется в калейдоскопе функций распределения $f(x)$ [1–12,41–53].

В завершении продемонстрируем как параметры матриц парных сравнений выборок могут описывать изменения в электромиограммах (табл. 4). Очевидно, что статистический порядок для электромиограмм (число $k = 6$ для табл. 2) очень похож на тремор (табл. 1), а

напряжение мышцы (существенное) – это уже управление, и оно приводит к нарастанию роли статистики ($k = 20$ в табл. 4). Именно это пытались представить в своих работах ученые из Стэнфорда [66], но количественного описания не дали, так как не вышли за пределы стохастики. Более того, как сейчас мы показали, и термодинамика неравновесных систем И.Р. Пригожина [67] имеет весьма косвенное отношение к СТТ-complexity. У этих систем имеются неопределенности 1-го типа [9,10,40,41,51,52] и неопределенности 2-го типа [1–12,39–43]. Последние, как оказалось, можно описывать только в рамках компартментно-кластерных моделей [68–80] сложных биосистем. В рамках такого моделирования можно описывать и явление синергизма в СТТ [81], и процессы эволюции *complexity* в виде движения квазиаттрактора в ФПС [1–12,51,52,81]. При этом именно Г.Р. Иваницкий и В.В. Смолянинов выделили в своих работах особую роль эволюции и самоорганизации [59–63], которые являются индикатором гомеостаза [1–12,21–30,45–52].

Эволюция гомеостаза может быть поступательной (с постоянной скоростью v или ускорением a) или циклической, когда движение квазиаттрактора в ФПС происходит криволинейно. В медицине (при заболевании и выздоровлении) эволюция гомеостаза происходит обычно циклически. Параметры эволюции гомеостаза отдельного организма можно использовать в индивидуализированной медицине для оценки эффективности лечения. Эволюция го-

Таблица 4. Матрица парного сравнения электромиограмм одного испытуемого ГДВ при сильном напряжении ($p = 10$ даН) построенная с помощью критерия Вилкоксона

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0,00	0,06	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	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,06	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
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		0,08	0,00	0,00	0,02	0,01	0,43	0,00	0,00	0,00	0,51
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08		0,00	0,00	0,37	0,00	0,06	0,33	0,01	0,00	0,09
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,47	0,00
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,37	0,00	0,00		0,00	0,00	0,55	0,20	0,15	0,02
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00		0,17	0,00	0,00	0,00	0,03
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,43	0,06	0,00	0,00	0,00	0,17		0,01	0,00	0,00	0,15
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,55	0,00	0,01		0,17	0,28	0,00
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,05	0,00	0,20	0,00	0,00	0,17		0,07	0,01
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,47	0,08	0,15	0,00	0,00	0,28	0,07		0,00
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51	0,09	0,00	0,00	0,02	0,03	0,15	0,00	0,01	0,00	

Примечание. Использован критерий Вилкоксона (критерий значимости $p < 0,05$, число совпадений $k = 20$).

меостаза (локально) может быть использована в психологии и психофизиологии [10–12], физиологии труда и спорта, в геронтологии [9,27, 41], антропометрии, в экологии человека [42, 43,47]. В настоящее время мы имеем огромное количество примеров, где сравнение параметров квазиаттракторов имеет диагностический эффект. Все это доказывает возможность моделирования гомеостаза в рамках ТХС. А расчет параметров квазиаттракторов позволяет нам уйти от хаоса статистических функций распределения $f(x)$ (см. табл. 1–4).

ВЫВОДЫ

В рамках новой теории хаоса-самоорганизации доказано, что для сложных биосистем (СТТ – *complexity*) существуют другие понятия *стационарных режимов*, которые отличны от детерминизма (когда $dx/dt = 0$) и от стохастики (когда *функции распределения* $f(x)$ сохраняются для разных выборок). В *теории хаоса-самоорганизации* $x(t)$ совершает непрерывное хаотическое движение, в пределах ограниченных объемов фазовых пространств, что и представляет гомеостаз СТТ. Иными словами, гомеостаз – это неизменность параметров квазиаттракторов. При этом $f(x)$ непрерывно изменяются для подряд изменяемых выборок x_i биосистемы в общем гомеостазе, что и демонстрируют матрицы парных сравнений выборок любых параметров x_i гомеостаза (см. табл. 1–4).

Для сравнения двух состояний $x(t)$ в моменты времени t_1 и t_2 предлагается рассчитывать параметры *квазиаттракторов*, и если объемы квазиаттракторов или координаты их центров изменяются по определенным правилам [1–12], то мы говорим об эволюции гомеостаза. В противном случае мы имеем неизменность параметров *complexity*, хотя $dx/dt \neq 0$ непрерывно, а статистические функции распределения любой СТТ хаотически (и непрерывно) изменяются. Это демонстрирует неопределенность 2-го типа в ТХС, и она характеризует гомеостаз любой СТТ – *complexity*.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. V. B. Betelin, V. M. Eskov, V. A. Galkin, and T. V. Gavrilenko, *Doklady Mathematics* **472** (6) (2017).
2. V. M. Eskov, V. V. Eskov, M. Ya. Braginskii, and A. S. Pashnin, *Measurement Techniques* **54** (7), 832 (2011).
3. V. M. Eskov, T. V. Gavrilenko, V. V. Kozlova, and M. A. Filatov, *Measurement Techniques* **55** (9), 1096 (2012).
4. V. M. Eskov, *Emergence: Complexity and Organization* **16** (2), 107 (2014).
5. V. M. Eskov, V. V. Eskov, T. V. Gavrilenko, and M. I. Zimin, *Moscow University Physics Bulletin* **69** (5), 406 (2014).
6. V. M. Eskov, T. V. Gavrilenko, Y. V. Vokhmina, et al., *Measurement Techniques* **57** (6), 720 (2014).

7. V. M. Eskov, V. V. Eskov, T. V. Gavrilenko, and J. V. Vochmina, *Moscow University Physics Bulletin* **70** (2), 140 (2015).
8. V. M. Eskov, V. V. Eskov, J. V. Vochmina, and T. V. Gavrilenko, *Moscow University Physics Bulletin* **71** (2), 143 (2016).
9. T. V. Gavrilenko, V. M. Es'kov, A. A. Khadartsev, et al., *Advances in Gerontology* **27** (1), 30 (2014).
10. Y. P. Zinchenko, A. A. Khadartsev, and O. E. Filatova, *Complexity. Mind. Postnonclassic*, № 3, 6 (2016). DOI: 10.12737/22107.
11. V. M. Eskov, Y. P. Zinchenko, A. A. Khadartsev, and O. E. Filatova, *Complexity. Mind. Postnonclassic*, № 2, 58 (2016). DOI: 10.12737/21049.
12. Ю. П. Зинченко, В. М. Еськов и В. В. Еськов, *Вестн. МГУ. Серия 14. Психология*, № 1, 3 (2016).
13. S. N. Rusak, O. E. Filatova, D. V. Gorbunov, and L. M. Bikmukhametova, *Complexity. Mind. Postnonclassic*, № 1, 38 (2016). DOI: 10.12737/18818.
14. V. M. Eskov, A. B. Gudkov, A. E. Bazhenova, and G. S. Kozupitsa, *Human Ecology* **3**, 38 (2017).
15. N. A. Bernstein, *The coordination and regulation of movements* (London: Pergamon, 1967).
16. W. Weaver, *American Scientist* **36**, 536 (1948).
17. V. V. Eskov, O. E. Filatova, T. V. Gavrilenko, and O. I. Khimikova, *Human Ecology* **42**, 3 (2014).
18. V. M. Eskov, V. V. Eskov, Yu. V. Vochmina, et al., *Moscow University Physics Bulletin*, **72** (3), 309 (2017), DOI 10.3103/S0027134917030067.
19. I. V. Miroshnichenko, A. E. Bazhenova, D. V. Beloshchenko, and E. S. Potetyurina, *Complexity. Mind. Postnonclassic*, № 2, 13 (2017). DOI: 10.12737/article_594cefab2491d6.09106106.
20. G. S. Kozupitsa, D. V. Beloshchenko, A. A. Aliev, and A. A. Pakhomov, *Complexity. Mind. Postnonclassic*, № 2, 36 (2017). DOI: 10.12737/article_594cef45d94cd0.91843785.
21. O. A. Zhuravleva, L. I. Shelim, and I. V. Klyus, *Complexity. Mind. Postnonclassic*, № 2, 49 (2017). DOI: 10.12737/article_594ceef2b6b1e4.25055207.
22. V. V. Eskov, Yu. V. Bashkatova, and A. A. Sokolova, *Complexity. Mind. Postnonclassic*, № 1, 87 (2017). DOI: 10.12737/article_58ef6fbbd47274.77514102.
23. V. V. Eskov, *Complexity. Mind. Postnonclassic*, № 2, 55 (2017), DOI: 10.12737/article_594ceecfe81ad3.82941090.
24. V. E. Yakunin, D. V. Beloshchenko, K. A. Afanovich, and D. V. Gorbunov, *Complexity. Mind. Postnonclassic*, № 1, 33 (2017). DOI: 10.12737/article_58ef6cb9774501.10816350.
25. V. V. Eskov, M. A. Filatov, D. U. Filatova, O. A. Zhuravleva, *Complexity. Mind. Postnonclassic*, № 3, 59 (2016). DOI: 10.12737/22114.
26. V. V. Eskov, M. A. Filatov, D. U. Filatova, A. A. Prasolova, *Complexity. Mind. Postnonclassic*, № 1, 83 (2016). DOI: 10.12737/18817.
27. V.M. Eskov, V.V. Eskov, O.E. Filatova, et al., *Advances in Gerontology*, **6** (1), 24 (2016).
28. V. A. Galkin, Y. M. Popov, D. K. Berestin, and O. A. Monastyretsky, *Complexity. Mind. Postnonclassic*, № 2, 63 (2017). DOI: 10.12737/article_594ceea666de95.92572257.
29. V. M. Eskov, A. E. Bazhenova, U. V. Vochmina, et al., *Russian Journal of Biomechanics*, **21** (1), 14 (2017).
30. В. М. Еськов, Ю. П. Зинченко, М. А. Филатов и Т. Ю. Поскина, *Нац. психологич. журн.*, № 4 (20), 66 (2015).
31. В. М. Еськов, Г. В. Газя, Е. В. Майстренко и А. В. Болтаев, *Экология и промышленность России*, № 1, 59 (2016).
32. I. R. Prigogine, *The End of Certainty: Time, Chaos, and the New Laws of Nature* (Free Press, 1996).
33. I. R. Prigogine, *The philosophy of instability* (Futures, 1989).
34. A. E. Bazhenova, V. V. Povtoreyko, K. A. Basova, and R. O. Kartopolenko, *Complexity. Mind. Postnonclassic*, № 1, 50 (2017). DOI: DOI: 10.12737/article_58ef6dde91acc7.45789368.
35. V. S. Stepin, V. M. Eskov, and V. G. Budanov, *Complexity. Mind. Postnonclassic*, № 3, 52 (2016). DOI: 10.12737/22113.
36. M. A. Filatov, A. N. Veraksa, D. U. Filatova, and T. U. Poskina, *Complexity. Mind. Postnonclassic*, № 1, 24 (2016). DOI: 10.12737/18811.
37. В. Г. Зилов, В. М. Еськов, А. А. Хадарцев, В. В. Еськов, *Бюллетень экспериментальной биологии и медицины*, № 1, 4 (2017).
38. О. Е. Филатова, В. В. Еськов, Ю. В. Вохмина и М. И. Зимин, *Сложность. Разум. Постнеклассика*, № 3, 66 (2015), DOI: 10.12737/13567.
39. V. M. Es'kov, S. V. Kulaev, Yu. M. Popov, and O. E. Filatova, *Measurement Techniques* **49** (1), 59 (2006).
40. V. M. Eskov, O. E. Filatova, O. V. Provorova, and O. I. Khimikova, *Human Ecol.* **43** (5), 57 (2015).
41. V. M. Eskov, V. V. Eskov, O. E. Filatova, et al., *Advances in Gerontology* **6** (1), 24 (2016).
42. O. E. Filatova, O. V. Provorova, and M. A. Volokhova, *Human Ecol. (Russian Federation)* **6**, 16 (2014).
43. G. R. Garaeva, V. M. Eskov, V. V. Eskov, et al., *Human Ecol. (Russian Federation)* **9**, 50 (2015).
44. M. Gell-Mann, *Complexity* **3** (1), 13 (1997).
45. J. A. Wheeler, in *Feynman and Computation: Exploring the Limits of Computers*, Ed. by A. J. G. Hey (Cambridge, MA: Perseus Books.), p. 309.
46. В. М. Еськов, А. А. Хадарцев, О. Е. Филатова и др., *Вестн. новых мед. технологий* **22** (1), 143 (2015), DOI: 10.12737/9096.
47. V. A. Karpin, O. E. Filatova, T. V. Soltys, et al., *Human Ecol. (Russian Federation)* **7**, 3 (2013).
48. В. М. Еськов, Ю. П. Зинченко, М. А. Филатов и Л. К. Иляшенко, *Экология человека*, № 5, 27 (2017).
49. С. Н. Русак, Г. С. Козупица и О. Е. Филатова, *Вестник новых медицинских технологий*, **20** (4), 92 (2013).
50. V. A. Galkin, O. E. Filatova, O. A. Zhuravleva, and L. I. Shelim, *Complexity. Mind. Postnonclassic*, № 1,

- 75 (2017). DOI: 10.12737/article_58ef6f7a9c4939. 90994248.
51. S. N. Rusak, V. V. Eskov, D. I. Molyagov, and O. E. Filatova, *Human Ecol.* **11**, 19 (2013).
 52. Y. V. Vokhmina, V. M. Eskov, T. V. Gavrilenko, and O. E. Filatova, *Measurement Techniques* **58** (4), 462 (2015).
 53. В. Г. Зилов, А. А. Хадарцев, В. В. Еськов и В. М. Еськов, *Бюллетень экспериментальной биологии и медицины*, № 8, 136 (2017).
 54. W. Cannon, *The Wisdom of the Body* (New York, 1932).
 55. П.К. Анохин, *Кибернетика функциональных систем* (Медицина, М., 1998).
 56. H. Haken, *Principles of brain functioning: a synergetic approach to brain activity, behavior and cognition* (Springer series in synergetics). (springer, 1995).
 57. J. Horgan, *The End of Science. Facing the limits of knowledge in the twilight of the scientific age* (Addison-Wesley, Helix, 1996)
 58. A. V. Hill, *Science* **124** (3234), 1233 (1956).
 59. G. R. Ivanitskii and A. B. Medvinskii, *Soviet Physics - Uspekhi* **34** (4), 289 (1991).
 60. G. R. Ivanitskii, A. A. Deev, and E. P. Khizhnyak, *Physics-Uspekhi* **48** (11), 1151 (2005).
 61. G. R. Ivanitskii, *Physics-Uspekhi* **53** (4), 327 (2010).
 62. G. R. Ivanitskii, *Physics – Uspekhi* **60** (7) (2017). DOI: <https://doi.org/10.3367/UFNe.2016.08.037871>.
 63. V. V. Smolyaninov, *Biophysics* **55** (3), 513 (2010).
 64. V. M. Eskov, V. V. Eskov, T. V. Gavrilenko, and Yu. V. Vochmina, *Biofizika* **62** (1), 168 (2017).
 65. R. Penrose, *The Emperor's New Mind: Concerning Computers, Mind and Laws of Physics* (Oxford: Oxford University Press, 1989).
 66. M. M. Churchland, J. P. Cunningham, M. T. Kaufman, et al., *Nature* **48**, 51 (2012).
 67. P. Glansdorf and I. R. Prigogine, *Thermodynamic Theory of Structure, Stability and Fluctuations* (Mir, M., 1973).
 68. V. M. Es'kov, *Measurement Techniques* **36** (4), 365 (1993).
 69. V. M. Es'kov, *Measurement Techniques* **37** (3), 359 (1994).
 70. V. M. Es'kov, O. E. Filatova, and V. P. Ivashenko, *Measurement Techniques* **37** (8), 967 (1994).
 71. V. M. Es'kov and O. E. Filatov, *Measurement Techniques* **37** (1), 114 (1994).
 72. V. M. Es'kov and O. E. Filatova, *Neurophysiology* **25** (6), 348 (1995).
 73. V. M. Eskov, O. E. Filatova, and Y. M. Popov, in *Proc. Int. RNNS/IEEE Symposium on Neuroinformatics and Neurocomputers* (1995), pp. 156–165.
 74. V. M. Eskov, *Modelling, Measurement and Control C* **48** (1–2), 47 (1995).
 75. V. M. Es'kov, O. E. Filatova, and V. A. Papshev, *Measurement Techniques* **39** (5), 573 (1996).
 76. V. M. Eskov, *Neural Network World* **8** (3), 353 (1998).
 77. V. M. Es'kov, V. A. Papshev, V. V. Es'kov, and D. A. Zharkov, *Measurement Techniques* **46** (1), 93 (2003).
 78. V. M. Es'kov, V. A. Papshev, and O. E. Filatova, *Measurement Techniques* **46** (3), 304 (2003).
 79. V. M. Es'kov and O. E. Filatova, *Biofizika* **48** (3), 526 (2003).
 80. V. M. Es'kov, V. A. Papshev, and S. V. Kulaev, *Measurement Techniques* **47** (7), pp. 715 (2004).
 81. V. M. Eskov and V. V. Eskov, *Modelling, Measurement and Control C* **66** (5–6), 1 (2005).

Evolution of Term Homeostasis: Determinism, Stochastics, Chaos-Self-Organisation

V.M. Eskov, O.E. Filatova, V.V. Eskov, and T.V. Gavrilenko

Surgut State University, prosp. Lenina 1, Surgut, Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra 626415 Russia

Homeostasis is a fundamental concept for the investigation of all living systems. To a certain extent, homeostasis and life are synonyms. For more than 150 years the concept of homeostasis has been studying but only in XXI century we came closer to interpretation of this definition as a state of biosystem and continuous process. A theory of chaos and self-organization proves that the conventional viewpoints within the framework of determinism (functional analysis) or stochastics (when stochastic uncertainty or certainty appears) can describe the concept of homeostasis by W.B. Cannon and his followers. The new theory of chaos and self-organization shows a clear boundary between determinism, stochastics (and deterministic chaos) and the third type-systems with 5 special properties (principles of self-organization) which can be described in terms of the concepts of quasi-attractors. The kinematics as the motion of quasi-attractors in phase spaces of states was shown. The concept of the rate of evolution of complex biological systems – complexity, which was different from the definition of Prigogine–Glansdorff, was introduced. At the same time the concepts of uncertainty of the 1st and 2nd types and an analogue for the Heisenberg calculus of complexity were introduced. According to these concepts complex biosystems are transferred from the area of traditional science to a new theory of chaos-self organization.

Keywords: homeostasis, evolution, quasi-attractors, uncertainty, chaos