

I. БИОМЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ И СИНЕРГЕТИКА

DOI: 10.12737/22107

ВВЕДЕНИЕ В БИОФИЗИКУ ГОМЕОСТАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ (COMPLEXITY)

Ю.П. ЗИНЧЕНКО*, А.А. ХАДАРЦЕВ**, О.Е. ФИЛАТОВА***

*МГУ имени М.В. Ломоносова. Ленинские горы, ГСП-1, Москва, 119991, Россия

**Тульский государственный университет, медицинский институт,
ул. Болдина, 128, г. Тула, 300012, Россия***БУ ВО «Сургутский государственный университет ХМАО-Югры»,
пр. Ленина, д.1, г.Сургут, 628400, Россия

Аннотация. В физике выделяют основные разделы (механика, термодинамика, электродинамика и т.д.), которые описывают физические (технические, химические) объекты в рамках определенных понятий, допущений и законов. Иногда области интересов при формулировании таких разделов перекрываются не только в физике, но и в естествознании в общем. Так было в самом начале 20-го века, когда возникла квантовая механика, или в конце 20-го века (возникла при участии *J.A. Wheeler*) теория струн в астрофизике. Уместно поставить вопрос о наличии подобных аналогов в биофизике, как науке об изучении живого с позиции физики. В рамках новой теории хаоса-самоорганизации в работе представлен подход в изучении гомеостаза и гомеостатического регулирования. Показан хаотический характер гомеостатического регулирования в биологии и медицине.

Ключевые слова: гомеостаз, *complexity*, теория хаоса-самоорганизации, биофизика, физика живых систем.

INTRODUCTION TO THE BIOPHYSICS OF HOMEOSTATIC SYSTEMS (COMPLEXITY)

Y.P. ZINCHENKO*, A.A. KHADARTSEV**, O.E. FILATOVA***

*Moscow state University named after M. V. Lomonosov,
Leninskie Gory, Moscow, GSP-1, 119991, Russia

**Tula State University, medical Institute, St. Boldin, 128, Tula, 300012, Russia

***Surgut State University KHMAO-Yugra, Lenina, 1, Surgut, 628400, Russia

Abstract. Outline the basic physics topics (mechanics, thermodynamics, electrodynamics, etc.) that describe the physical (technical, chemical) properties in the framework of certain concepts, assumptions and laws. Sometimes the area of interest in the formulation of such sections overlap not only in physics, but in science in General. So it was in the beginning of the 20th century, when quantum mechanics arose, or at the end of the 20th century arose with the participation of *J. A. Wheeler*) string theory in astrophysics. It is appropriate to raise the question of the presence of such analogues in Biophysics, as the science of studying living things from the standpoint of physics. In the new theory of chaos-self-organization in work the approach to the study of homeostasis and homeostatic regulation. Shows the chaotic nature of homeostatic regulation in biology and medicine.

Key words: homeostasis, complexity, chaos theory-self-organization, Biophysics, physics of living systems.

Введение. Напомним, что определение биофизики или физики живых систем, давал нобелевский лауреат *A.V. Hill* самой биофизике в середине 50-х годов [15] про-

шлого века. За истёкшие 60 лет в классификации этой науки существенных изменений не произошло, биофизика остается делом физики не только по методам (что

вполне закономерно), но и по пониманию самого объекта исследования, что вступает в противоречие с реальностью (как мы покажем ниже). Остаётся открытым вопрос о реальной принадлежности сложных биосистем (*complexity*) к объектам неживой природы, т.е. к физическим системам. Например, биомеханика представлялась разделом механики, термодинамика неравновесных систем была разделом термодинамики, а молекулярные и биоэлектрические процессы в живых системах традиционно были объектами третьего раздела физики – электродинамики (после механики и термодинамики с молекулярной физикой).

Согласно такому закону формирования физики, можно бы было попробовать создать и биофизику по канонам физики в границах разделов: механика, термодинамика, электродинамика, оптика и квантовая механика, но на уровне сложных биологических систем, а не на уровне атомов и молекул (где это и так уже давно работает). Действительно, биофизика молекулярная и даже клеточная биофизика базируются на разделах физики, но не теория сложных биосистем. Однако, здесь мы не имеем хороших физических моделей (в теории систем, биосистем – *complexity*). Во всех таких гипотетических разделах биофизики должны будут выступать всё-таки не чисто физические структуры (атомы, молекулы, кристаллы и т.д.), а некоторые обобщенные понятия (у нас это сложные, саморегулирующие биосистемы). Тогда построенная по такому принципу биофизика должна бы была скорее относиться к кибернетике (по принципам организации) или к *общей теории систем* (ОТС), а не к физике, хотя физика тоже создаёт системы (неживые).

В такой гипотетической конструкции, однако, должно возникнуть определенное исключение в виде существенного и особого замечания: в такой новой *биофизике сложных систем* (БСС) единицей изучения должны быть системы и объекты, состоящие из некоторых (единичных) систем. В гипотетической БСС мы должны работать со сложными биосистемами, состоящими из подсистем. При этом все виды и формы движений, объединений и взаимо-

действий в такой новой биофизике сложных систем должны изучаться именно с позиций физики.

Можно ли построить такую биофизику (сложных систем), которая бы была по общей конструкции и методам изучения подобна самой физике, но по объектам исследования отличалась от физики? Если предположить (гипотетически) положительный ответ на этот вопрос, то как это сделать и каковы реальные свойства таких особых биосистем следует учитывать? Подчеркнём, что до настоящего времени в современной науке имеется только попытки решения этих задач, но никаких теорий нет. При этом нет и новых, особых методов и моделей в изучении сложных биосистем – *complexity* [1,5-9].

Многие учёные считают в этом случае, что это тогда уже будет не биофизика, а просто ОТС. При этом, создание цельной структуры и развитие самой ОТС на сегодня так и не завершились. Её как бы отодвинули на второй план, нет интереса. То есть эта наука не закончилась в виде построения общей теории (на что она претендовала) и её сейчас (ОТС) просто массово не изучают. Мы считаем более удачным подход к решению этих проблем (и выбора термина) именно науки в виде биофизики сложных систем – БСС, т.к. в этом случае мы оставляем преемственность структуры физики, но говорим об особых свойствах элементов БСС и о её специфике (сложные биологические системы – *complexity*).

Отметим, что термин *complexity* часто подвергается критике, т.к. ещё в 90-х годах 20-го века *Seth Lloyd* [17] попробовал дать более 30-и определений *complexity* чем вызвал сарказм *J. Horgan* [16,17]. Наука, не имеющая четкого определения предмета и методов вряд ли станет вровень с физикой или химией. Особенности *complexity* (их эмерджентности) не позволяют четко определить их свойства. Мы встретили в научной литературе только попытку описать детерминированным хаосом *complexity*, но это не соответствует реальным свойствам эмерджентных систем, *систем третьего типа* (СТТ) *W. Weaver* которое он попытался представить ещё в 1948 году [19].

1. Границы физического подхода в изучении живых систем. Следуя теории *complexity* по определению истории развития физики, мы должны первоначально сформировать механику *сложных систем* – СС (или новую биомеханику) как раздел БСС, и далее рассмотреть термодинамику СТТ в виде раздела БСС. Наконец, необходимо рассмотреть особенности электродинамики СТТ в виде отдельного раздела. Подчеркнём еще раз, что во всех этих трёх разделах мы не будем уходить от базовых законов и понятий физики, но при этом специфика БСС будет проявляться именно в способах организации и управления такими сложными объектами, в динамике их поведения, так как их кинематика, динамика, термодинамика и электродинамика имеют весьма специфические проявления именно на уровне систем и их объединений. Эта особенность должна отличать СТТ от обычных физических и химических систем, которые изучает современная физика в рамках *детерминистского или стохастического подходов* (ДСП) [2-11].

Подчеркнём, что на физическом уровне молекулы, клетки и органы имеют чёткое и закономерное объяснение, а специфика сложных биосистем (*complexity*) проявляется именно в динамике поведения сложных биосистем, *complexity*, которые обозначались *J.A. Wheeler* как эмерджентные системы [20]. Выделим, что не все учёные относят объекты живой природы к *complexity* или эмерджентным системам. Это имеет четкое объяснение на уровне организации (самоорганизации) и в динамике поведения таких сложных биосистем, которые мы сейчас обозначаем как *системы третьего типа* – СТТ, или *complexity* [7-17]. Их динамика поведения (якобы хаотичная или стохастическая) не может быть объяснена (как мы сейчас покажем) в рамках законов физики и ОТС, хотя все три нобелевских лауреата – ведущие специалисты в области эмерджентности- *complexity*: *I.R. Prigogine* [3,18], *M. Gell-Mann* [14], *J.A. Wheeler* [20] в своих публикациях определяли *complexity* именно как системы с детерминированным хаосом.

В реальности СТТ – *complexity* не относятся ни к хаотическим, ни к стохастическим системам, в рамках разрабатываемой сейчас *теории хаоса-самоорганизации* – ТХС [7-17,23-27]. Очень важно понять, что особые 5 свойств СТТ резко их отличают от объектов физики и соответственно биофизики, базирующейся на принципах физики [1,28-31]. Именно в рамках ТХС сейчас доказывается крайне низкая эффективность использования методов современной *детерминистской и стохастической науки* (ДСП) в описании сложных биосистем (СТТ-*complexity*).

Вся наука (и физика в первую очередь) базируется на двух фундаментальных принципах: повторяемость процесса (который может быть описан формально на основе неких уравнений, моделей) и предсказуемость будущего состояния процесса [3,32-34,40]. Сейчас науке известны три варианта конечного состояния $x(t_k)$ любого процесса: во-первых, детерминистская предсказуемость, когда $x(t_k)$ задан определённно; во-вторых, в виде функции распределения $f(x)$ – это стохастическая определённость (или неопределённость) и, наконец, детерминированный хаос, когда на финише процесса для гиперболических и квазигиперболических систем в идеале имеется равномерное распределение (меры инвариантны). В этом последнем случае говорят об отсутствии определенного прогноза, т.к. возможен любой исход процесса и этот исход не зависит от начальных условий (т.е. от $x(t_0)$). Если будущее не зависит от настоящего состояния, то мы говорим о хаосе в динамике объекта [5-12].

В последнем случае обычно хаос определяется так: задание начального состояния $x(t_0)$ не определяет конечное состояние системы. Прошлое не влияет на будущее, именно об этом детерминированном хаосе говорил *M. Gell-Mann* в своем известном выступлении об определенности (и неопределённости) [18]. Второй выдающейся нобелевский лауреат *J.A. Wheeler* [20], представляя эмерджентность, тоже сводил такие особые системы (живые биосистемы, то есть СТТ в нашем понимании) к детерминированному хаосу [3-16]. И только третий

нобелевский лауреат *I.R. Prigogine* [20], не отрицая утверждения *M. Gell-Mann* и *J.A. Wheeler* (и ряд других учёных мирового уровня) о детерминированном хаосе (для особых эмерджентность систем – *complexity*), всё-таки в своих публикациях [18-22] выразил сомнение в возможности моделирования эмерджентных, хаотичных биосистем в рамках ДСН. При этом он пытался отойти и от материализма в изучении уникальных систем (как эта ситуация напоминает квантовую механику 20-30-х годов 20-го века!).

Пригожин понимал, что (нами сейчас изучаемые *системы третьего типа* – СТТ) живые системы (СТТ – *complexity*) являются уникальными и поэтому они не являются объектом современной науки, они другие системы [4-16]. При этом он всё-таки реально пытался отказаться от материализма (фактически, от детерминизма и стохастичности), но он не отказывался от детерминированного хаоса, который предлагали для эмерджентных систем *Gell-Mann* и *Wheeler*. В отношении *complexity* (или эмерджентных систем) все три нобелевских лауреата были единодушны – *complexity* описываются детерминированным хаосом. Сейчас мы четко формулируем (с позиции теории хаоса-самоорганизации), что убеждения *M. Gell-Mann*, *I.R. Prigogine*, *J.A. Wheeler* относительно свойств (и особенностей) эмерджентных систем (*complexity*, СТТ) были ошибочны [7-17, 20-22]. Эти особые эмерджентные (живые) системы (СТТ) не являются объектами детерминистско-стохастической (и хаотической) науки – ДСН, это уникальные системы и их нельзя изучать в рамках ДСН (тут Пригожин был прав [18]).

2. Для СТТ нет стохастической повторяемости. Равномерное распределение в пределах аттракторов Лоренца при детерминированном хаосе – это тоже определённая. Это есть просто один из видов функции распределения $f(x)$ для ДСН – объектов. Однако СТТ не показывают инвариантность мер, характерных для детерминированного хаоса Арнольда-Тома [4, 8-14]. Все основные критерии такого состояния для СТТ отсутствуют. *Во-первых*, для

СТТ произвольно $x(t_0)$ повторить невозможно (нет задачи Коши). *Во-вторых*, для СТТ нет равномерного распределения, так как для каждой выборки x_i (на интервале Δt_j) биосистема будет демонстрировать свою функцию распределения $f_j(x_i)$ и эти все функции будут разными для каждого t_j . Мы имеем калейдоскоп разных $f_j(x_i)$, которые иногда (хаотично) совпадают, но процент появления таких пар выборок очень невелик [5-17]. Этот эффект, как гипотезу, впервые озвучил Н.А. Бернштейн в 1947 году, а сейчас это описывается эффектом Еськова-Зинченко [2, 9-12].

Например, для тремора (*треморограмм* – ТМГ) число совпадений пар выборок (т.е. отнесение их к одной генеральной совокупности) колеблется около 5%, для теппинга (ТПГ) в 2-3 раза больше, для *кардиоинтервалов* (КИ) все аналогично с теппингом (15-18%), для *электромиограмм* (ЭМГ) имеем ту же закономерность, что и для тремора (около 5%), для *электронейрограмм* (ЭНГ) и *электроэнцефалограмм* (ЭЭГ) приблизительно то же, что и для ЭМГ [8-12]. В целом, величина k (число пар совпадений выборок x_i в матрицах парных сравнений) зависит от вида регуляторного процесса (тремор, теппинг, КИ, ЭЭГ, ЭМГ и т.д.) и физиологического состояния обследуемого. Последнее свойство очень важно для медицины и биологии и мы это продемонстрировали на 20-ти тысячах обследованных с более чем 1 млн. выборок самых разных процессов для разных СТТ [5].

Таким образом, нами были составлены тысячи матриц парных сравнений выборок (повторных измерений параметров биопроцессов у одного человека подряд, находящегося в одном гомеостазе, или групп испытуемых, но тоже находящихся в одном гомеостазе). Везде была получена определенная и закономерная повторяемость (это – специфика хаоса СТТ) для каждого вида регуляторного процесса (тремор, теппинг, ЭМГ, КИ, ЭЭГ, ЭНГ и т.д.) в виде числа k . Число k – важная характеристика самоорганизующегося хаоса СТТ и k определяет психический и физиологический статус испытуемого.

Таблица 1

Матрица парного сравнения по критерию Вилкоксона треморограмм одного испытуемого (КНУ) при повторных измерениях (подряд) за короткое время ($T=5$ сек) (уровень значимости $p<0.05$, число «совпадений» пар $k_1=6$)

	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	0.96	0.00	0.00
2	0.00		0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00		0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.04	0.00	0.00	0.00	0.01	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	0.01	0.00
5	0.00	0.01	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	0.01	0.00	0.00		0.00	0.00	0.47	0.00	0.96	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	0.00	0.00	0.00	0.21	0.19
9	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.47	0.00	0.00		0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.96	0.00	0.00	0.02	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00
12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
13	0.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
14	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.79
15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.79	

Таблица 2

Матрица парного сравнения ЭМГ одного и того же человека при слабом напряжении ($p=5$ даН) построенная с помощью критерия Вилкоксона (критерий значимости $p<0.05$, число совпадений $k_2=6$)

	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	0.01	0.01	0.00	0.00		0.00
15	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	0.00	

Для примера мы представляем в табл. 1 матрицу треморограмм 15-ти повторных измерений ($k_1=6$) у одного испытуемого. В табл. 2 – матрицу для ЭМГ при $k_2=6$ (15-ть раз регистрировали у одного испытуемого ЭМГ по 5 сек. при условии малого усилия мышцы – разгибатель мизинца, $F_1=5$ даН). При этом слабом усилии, которое развивает мышца ($F_1=5$ даН), мы имеем совпадение результатов с тремором ($k_1=k_2$) Далее рассчитывали матрицы при двукратном увели-

чении силы сжатия $F_2=2F_1$, что примерно представлено в табл. 3, где уже $k_3=20$. Усиление управление мышцей со стороны сознания резко увеличило долю стохастичности, но хаос остаётся динамичным в работе мышц (да и центральной нервной системы (ЦНС), – тоже, как мы показали с ЭЭГ [9-12].

Установлено, что число совпадений k пар выборок (во всех наших многочисленных экспериментах с регистрацией тремора и ЭМГ) для тремора и ЭМГ почти совпадает, если усилия невелики. В нашем примере $k_2=k_1=6$, но обычно эти величины составляют 5-7% от общего числа пар. Однако, при существенном напряжении мышцы ($F_2=2F_1$) сразу резко возрастает k (у нас в табл. 3 $k_3=20$). Характерно, что такие величины k (k около 20%) мы регистрируем и для теппинга, что может характеризовать вообще механизм управления в СТТ со стороны сознания, ЦНС.

Теппинг и усиление мышечного сокращения – это произвольные процессы, происходящие в нервно-мышечной системе (НМС) и они с позиций оценки матриц парного сравнения выборок дают приблизительно одинаковый результат – хаос СТТ демонстрирует почти одинаковую стохастичность. Однако доля стохастичности остаются крайне малой (менее 20%) и это говорит о глобальности эффекта Еськова-Зинченко не только в биомеханике, но и регуляции других функций организма человека. СТТ – это особый хаос биосистем, который может измеряться.

Матрицы парных сравнений выборок параметров СТТ устойчиво показывают хаотичное возникновение пар совпадений (хотя величина k изменяется вполне закономерно). Установлено, что k зависит от физиологического (или психического) состояния испытуемого. При этом параметры автокорреляции $A(t)$ хаотически изменяют-

ся в интервале (-1,1) и их невозможно повторить для любого биопроцесса (СТТ) при повторных измерениях на некоторых интервалах времени Δt_j . Если построить матрицы сравнения $A(t)$ для 15-ти выборок у одного испытуемого (регистрации параметров процесса подряд, в одном режиме гомеостаза), то мы получаем картины, подобные тремору (хаос, с низким числом k).

$A(t)$ не стремится к нулю, константы Ляпунова хаотически изменяют знак [9,10,22-24]. Динамика поведения СТТ, которую мы показали на примере тремора и ЭМГ не является детерминированным хаосом и все три нобелевских лауреата ошибались, считая эмерджентные системы (*complexity*, СТТ, живые системы) хаотическими системами (в рамках детерминированного хаоса).

Таблица 3

Матрица парного сравнения ЭМГ одного и того же человека при усилении напряжения ($p=10$ даН), построенная с помощью критерия Вилкоксона (критерий значимости $p<0,05$, число совпадений $k_3=20$)

	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	

Нет характерной картины для детерминированного хаоса, когда с ростом t мы наблюдаем стремление $A(t)$ к нулю. Автокорреляция любых параметров x_i исследуемой системы не стремится к нулю! Происходит самоорганизация хаоса с возникновением на каждом Δt_j (j – номер выборки) своей функции $f_j(x_i)$. Это легко продемонстрировать на результатах сравнения автокорреляционных функций для 15-ти выборок, тоже в виде матриц парных сравнений теперь уже наборов $A(t)$.

Более того, нет положительных экспонент Ляпунова (знаки хаотически изменяются от выборки к выборке), фазовые траектории не расходятся, а хаотически изменяют своё направление. Таким образом, по всем четырём признакам мы не имеем детерминированного хаоса. В нашем случае ($x(t_0)$ неповторим, меры не инвариантны,

3. Термодинамика неравновесных систем (ТНС)

И.Р.Пригожина не описывает *complexity*. К классу хаотических систем условно можно приписать и биологические термодинамические системы, которые сложно описывать и в рамках термодинамики. Описывать СТТ понятиями энтропия, термодинамическое равновесие, флуктуации и т.д., учитывая всё сказанное выше, и другие наши результаты, – весьма проблематично. Первая и глобальная причина – у СТТ отсутствует устойчивое состояние равновесия, которые обычно наблюдаются в ТНС и в термодинамике в целом. Из табл. 1, 2, 3 следует, что функции распределения $f(x)$ для СТТ хаотически и непрерывно изменяются и аналогично

себя ведут и автокорреляции $A(t)$, а также АЧХ и любые другие используемые в статистике величины.

Это означает, что термодинамическое равновесие отсутствует и нет статистических флуктуаций (около некоторых средних) для СТТ! Все беспорядочно и хаотически изменяется, мы имеем непрерывный калейдоскоп изменяющихся $f_j(x_i)$ для каждой j -ой выборки, даже если эти выборки получаются подряд от одного испытуемого, у которого гомеостаз (с позиций современной физиологии) в принципе не изменяется [10-17]. Если мы будем оценивать динамику СТТ с позиции ТНС И.Р. Пригожина, то, прежде всего, следует разобраться с явлениями равновесия (где энтропия должна быть максимальной, а скорость её продукции $P=dE/dt=min=const$). Оказалось, что это условие для СТТ (более миллиона вы-

борок) не имеет места, то есть СТТ и с позиции ТНС, и с позиций статистики не находятся в равновесии. Для них нельзя применять термин флуктуации, т.к. нет понятия среднего, моды, медианы, нет устойчивых статистических функций $f(x)$. Статистически устойчивым является число k пар совпадений выборок при многократных повторениях опытов у одного человека (или группы), находящегося в одном гомеостазе [8-11]. Одновременно сохраняются параметры квазиаттракторов, которые показывают другую устойчивость (в рамках ТХС).

При этом не выполняется принцип эволюции Пригожина-Гленсдорфа в ТНС, когда $dP=0$ (здесь $P=dE/dt$) [4]. Последнее значит, что для линейных (в ТНС даётся аппроксимация и на нелинейные) систем всякое возмущение стационарного состояния всегда сопровождается ростом (возрастанием) производства $P=dE/dt$ энтропии E . Для сложных биосистем это должно проявляться в том, что усиление отклонения E от равновесия СТТ должно приводить к увеличению P , но этого мы не наблюдали ни в одном из 20-ти тысяч экспериментов и наблюдений (над больными). Более того, мы вообще очень редко наблюдали изменение энтропии E для СТТ, которые уходили из состояния равновесия (физиологического покоя)! Создаётся такое впечатление, что энтропия не представляет изменение состояния гомеостаза и вообще не описывает динамику (эволюцию) сложных СТТ [2,3,10, 11]. Более того, и положение равновесия (его устойчивость) в рамках ТХС для СТТ не может быть определено методами термодинамики вообще и ТНС в частности.

В рамках анализа параметров различных ФСО: *нервно-мышечной системы* (НМС), *кардио-респираторной системы* (КРС), *других функциональных систем организма* (ФСО) мы наблюдали даже обратную (инверсную) картину, когда возрастала степень не упорядоченности изучаемой системы в точках равновесия. При этом, параметры энтропии существенно не изменялись (статистические характеристики выборки энтропии E не изменились). Эта упорядоченность проявлялась на уровне матриц парного сравнения выборок

(табл. 1,2,3). При отходе от положения равновесия (при усилении возмущения в ФСО или при усилении возмущающего воздействия) мы наблюдали нарастание числа пар выборок k , которые можно было бы относить к одной генеральной совокупности. Это число k является четким барометром перехода от хаоса СТТ (когда k стремится к 0 и почти все возможные пары нельзя относить к одной генеральной совокупности) – к некоторому стохастическому порядку (k нарастало, а стохастичность в выборках увеличивалась).

Очевидно, что переход от хаоса в выборках, и не повторяемости функций распределения $f(x)$ – к усилению стохастичности в поведении СТТ (что сопровождается нарастанием k (числа «совпадений» пар выборок), для тремора, теппинга, КИ, ЭМГ и ЭЭГ с позиции стохастики) должно бы было сопровождаться изменением энтропии E . Любое отклонение от состояния условного равновесия за счёт внешних возмущений или внутренних перестроек по законам ТНС должно увеличивать скорость прироста и энтропии P , и уменьшать саму энтропию E , но этого мы не наблюдаем. Законы поведения СТТ в режиме самоорганизующегося хаоса таковы, что обычно энтропия вообще не изменяется или даже иногда уменьшается, что противоречит 2-му закону термодинамики.

Представим для примера табл. 4 с ЭМГ (при усилении напряжения в мышце и уходе от равновесного состояния). После 15-ти повторов опыта с регистрацией ЭМГ мы не получаем существенных изменений в параметрах E , что представлено в табл. 4. При этом параметры квазиаттракторов (их объёмы) изменяются весьма значительно и число k тоже нарастает. Последнее должно бы было привести и к увеличению P и уменьшению E (по модулю), но E остаётся без изменений (табл. 4). Однако при этом площади и объёмы квазиаттракторов в частности, с ЭМГ – изменяются существенно. Расчёт для $F_1=5$ даН ($S_1=59640$ у.е. и $V_1=201908$ у.е.), и для $F_2=2F_1$ ($S_2=3869350$ у.е. и $V_2=31637924$ у.е.) показывает, что при $F_2=2F_1$ величина S_2 выросла почти в 15 раз, а объём квазиаттрактора KA_2 вырос против

КА₁ в 158 раз. Столь значимые изменения S и V при уходе от положения равновесия СТТ – должны бы были сопровождаться изменением E , но этого не наблюдается (для F_1 имеем $\langle E_1 \rangle = 3,452$, для $F_2 = \langle E_2 \rangle = 3,480$). Термодинамика неравновесных систем И.Р. Пригожина для СТТ (*complexity*) не работает!

Таблица 4

Значение E (энтропии Шеннона) одного и того же человека при слабом ($F1=5$ даН) и сильном ($F2=10$ даН) напряжении мышц

	E , при $F1=5$ даН	E , при $F2=10$ даН
1	2.304	3.546
2	3.584	3.641
3	3.039	3.246
4	3.641	3.546
5	3.446	3.309
6	3.684	3.509
7	3.546	3.522
8	3.684	3.546
9	3.684	3.546
10	3.746	3.322
11	3.484	3.746
12	3.022	3.584
13	3.541	3.584
14	3.584	3.346
15	3.784	3.204
среднее	3.452	3.480

Критерий значимости по критерию Вилкоксона: $p=0,94$

Одновременно возрастает и число пар «совпадений» выборок ($k_1=6$, $k_2=20$), что должно бы было показать увеличение порядка в хаосе ЭМГ при увеличении силы сжатия мышцы. Но этого не наблюдается по параметрам E . Аналогичные результаты по соотношению между стохастикой и хаосом, мы получаем и в биомеханике при анализе якобы произвольных движений – тремора и, якобы произвольных движений, – теппинга, но и при анализе различных

других процессов регуляции гомеостаза. В частности, подобную картину неизменности величин энтропии E при разных состояниях организма мы наблюдаем для *электроэнцефалограмм* (ЭЭГ) у здоровых обследуемых и больных эпилепсией в условиях воздействия периодической фотостимуляции [10-12]. Больной человек от здорового отличается по значениям E_1 по 15 повторов регистрации ЭЭГ перед стимуляцией, и при стимуляции. Однако, статистические различия сравниваемых 2-х наборов выборок ЭЭГ, отдельно для больного и здорового не дают различия по E при фотостимуляции.

Подобные результаты мы получали для *электронейрограмм* (ЭНГ), колебаний биомеханических параметров крови и т.д. В целом, сейчас можно уверенно говорить о том, что и энтропия E не является индикатором стационарных или отклоняющихся от стационарного состояния биосистем находящихся в гомеостазе. Изменение параметров гомеостаза можно регистрировать с помощью матриц парных сравнений выборок (при повторных измерениях процессов подряд) с последующим расчетом числа k парных совпадений этих выборок (их отношение к одной генеральной совокупности). В рамках ТХС для этих целей можно использовать и расчёт параметров в квазиаттракторов (S и V), но не статистику или ТНС.

Заключение. Детально изучение особенностей различных параметров гомеостаза (организма человека) показывает низкую эффективность применения методов стохастики и термодинамики. Наблюдается кризис современной науки и это все требует пересмотра и создания новых теорий и моделей. Сейчас очевидно, биофизика *complexity* должна основываться на ТХС, на третьей парадигме и компартиментно-кластерной теории биосистем.

Литература

References

1. Адайкин В.И., Брагинский М.Я., Еськов В.М., Русак С.Н., Хадарцев А.А., Филатова О.Е. Новый метод идентификации хаотических и стохастических параметров экосреды // Вестник новых медицинских технологий. Adajkin VI, Braginskij MJ, Es'kov VM, Rusak SN, Nadarcev AA, Filatova OE. Novyj metod identifikacii haoticheskikh i stohasticheskikh parametrov jekosredy. Vestnik novyh medicinskih tehnologij. 2006;13(2):39-41. Russian.

2006. Т. 13, № 2. С. 39–41.
2. Веракса А.Н., Филатова Д.Ю., Поскина Т.Ю., Ключ Л.Г. Термодинамика в эффекте Еськова-Зинченко при изучении стационарных состояний сложных биомедицинских систем // Вестник новых медицинских технологий. 2016. Т. 23, № 2. С. 18–25. Veraksa AN, Filatova DJ, Poskina TJ, Kljus LG. Termodinamika v jeffekte Es'kova-Zinchenko pri izuchenii stacionarnyh sostojanij slozhnyh biomedicinskih system. Vestnik novyh medicinskih tehnologij. 2016;23(2):18-25. Russian.
 3. Гавриленко Т.В., Майстренко Е.В., Горбунов Д.В., Черников Н.А., Берестин Д.К. Влияние статической нагрузки мышц на параметры энтропии электромиограмм // Вестник новых медицинских технологий. 2015. Т. 22, № 4. С. 7–12. Gavrilenko TV, Majstrenko EV, Gorbunov DV, Chernikov NA, Berestin DK. Vlijanie staticheskoj nagruzki myshe na parametry jentropii jelektromiogramm. Vestnik novyh medicinskih tehnologij. 2015;22(4):7-12. Russian.
 4. Гленсдорф П., Пригожин И. Термодинамическая теория структуры, устойчивости и флуктуаций. М.: «Мир», 1973. 280 с. Glensdor f P, Prigozhin I. Termodinamicheskaja teorija struktury, ustojchivosti i fluktuacij. M.: «Mir»; 1973. Russian.
 5. Еськов В.В., Гараева Г.Р., Ватамова С.В., Горленко Н.П., Кошечев В.П. Возрастная эволюция организма человека как движение квазиаттракторов // Вестник новых медицинских технологий. 2014. Т. 21, № 4. С. 11–20. Es'kov VV, Garaeva GR, Vatamova SV, Gorlenko NP, Koshheev VP. Vozrastnaja jevoljucija organizma cheloveka kak dvizhenie kvaziattraktorov. Vestnik novyh medicinskih tehnologij. 2014;21(4):11-20. Russian.
 6. Еськов В.В., Горбунов Д.В., Григоренко В.В., Шадрин Г.А. Анализ миограмм с позиций стохастики и теории хаоса-самоорганизации // Вестник новых медицинских технологий. 2015. Т. 22, № 2. С. 32–33. Es'kov VV, Gorbunov DV, Grigorenko VV, Shadrin GA. Analiz miogramm s pozicij stohastiki i teorii haosa-samoorganizacii. Vestnik novyh medicinskih tehnologij. 2015;22(2):32-3. Russian.
 7. Еськов В.М., Еськов В.В., Хадарцев А.А., Филатов М.А., Филатова Д.Ю. Метод системного синтеза на основе расчета межаттракторных расстояний в гипотезе равномерного и неравномерного распределения при изучении эффективности кинезитерапии // Вестник новых медицинских технологий. 2010. Т. 17, № 3. С. 106–110. Es'kov VM, Es'kov VV, Hadarcev AA, Filatov MA, Filatova DJ. Metod sistemnogo sinteza na osnove rascheta mezhattraktornyh rasstojanij v gipoteze ravnomernogo i neravnomernogo raspredelenija pri izuchenii jeffektivnosti kineziterapii. Vestnik novyh medicinskih tehnologij. 2010;17(3):106-10. Russian.
 8. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Козлова В.В., Филатова О.Е. Использование статистических методов и методов многомерных фазовых пространств при оценке хаотической динамики параметров нервно-мышечной системы человека в условиях акустических воздействий // Вестник новых медицинских технологий. 2014. Т. 21, № 2. С. 6–10. Es'kov VM, Hadarcev AA, Kozlova VV, Filatova OE. Ispol'zovanie statisticheskikh metodov i metodov mnogomernyh fazovyh prostranstv pri ocenke haoticheskoj dinamiki parametrov nervno-myshechnoj sistemy cheloveka v uslovijah akusticheskikh vozdeystvij. Vestnik novyh medicinskih tehnologij. 2014;21(2):6-10. Russian.
 9. Еськов В.М., Зинченко Ю.П., Филатов М.А., Поскина Т.Ю. Эффект Н.А. Бернштейна в оценке параметров тремора при различных акустических воздействиях // Национальный психологический журнал. 2015. № 4(20). С. 66–73. Es'kov VM, Zinchenko JP, Filatov MA, Poskina TJ. Jeffekt NA. Bernshtejna v ocenke parametrov tremora pri razlichnyh akusticheskikh vozdeystvijah. Nacional'nyj psihologicheskij zhurnal. 2015;4(20):66-73. Russian.
 10. Еськов В.М., Зинченко Ю.П., Филатов М.А., Еськов В.В. Эффект Еськова-Зинченко опровергает представления I.R. Prigogine, JA. Wheeler и M. Gell-Mann о детерминированном хаосе биосистем – complexity // Вестник новых медицинских технологий. 2016. Т. 23, Es'kov VM, Zinchenko JP, Filatov MA, Es'kov VV. Jeffekt Es'kova-Zinchenko oproverkaet predstavlenija I.R. Prigogine, JA. Wheeler i M. Gell-Mann o determinirovannom haose biosistem – complexity. Vestnik novyh medicinskih tehnologij. 2016;23(2):34-43. Russian.

№ 2. С. 34–43.

11. Еськов В.М., Зинченко Ю.П., Филатова О.Е., Веракса А.Н. Биофизические проблемы в организации движений с позиций теории хаоса-самоорганизации // Вестник новых медицинских технологий. 2016. Т. 23, № 2. С. 182–188. Es'kov VM, Zinchenko JP, Filatova OE, Veraksa AN. Biofizicheskie problemy v organizacii dvizhenij s pozicij teorii haosa-samoorganizacii. Vestnik novyh medicinskih tehnologij. 2016;23(2):182-8. Russian.
12. Еськов В.М., Филатов М.А., Стрельцова Т.В., Зинченко Ю.П. Стресс-реакция на холод: энтропийная и хаотическая оценка. // Национальный психологический журнал. 2016. № 1(21). С. 45–52. Es'kov VM, Filatov MA, Strel'cova TV, Zinchenko JP. Stress-reakcija na holod: jentropijnaja i haoticheskaia ocenka. Nacional'nyj psihologicheskij zhurnal. 2016;1(21):45-52. Russian.
13. Зинченко Ю.П., Еськов В.М., Еськов В.В. Понятие эволюции Гленсдорфа-Пригожина и проблема гомеостатического регулирования в психофизиологии // Вестник Московского университета. Серия 14: Психология. 2016. № 1. С. 3–24. Zinchenko JP, Es'kov VM, Es'kov VV. Ponjatie jevoljucii Glensdorfa-Prigozhina i problema gomeostaticheskogo regulirovanija v psihofiziologii. Vestnik Moskovskogo universiteta. Serija 14: Psihologija. 2016;1:3-24. Russian.
14. Русак С.Н., Козупица Г.С., Филатова О.Е., Еськов В.В., Шевченко Н.Г. Динамика статуса вегетативной нервной системы у учащихся младших классов в погодных условиях г. Сургута // Вестник новых медицинских технологий. 2013. Т. 20, № 4. С. 92–95. Rusak SN, Kozupica GS, Filatova OE, Es'kov VV, Shevchenko NG. Dinamika statusa vegetativnoj nervnoj sistemy u uchashhihsja mladshih klassov v pogodnyh uslovijah g. Surguta. Vestnik novyh medicinskih tehnologij. 2013;20(4):92-5. Russian.
15. Филатова О.Е., Хадарцев А.А., Кошечев В.П., Ватамова С.Н., Соколова А.А. Использование нейроэмуляторов в задачах системного синтеза диагностических признаков в геронтологии // Вестник новых медицинских технологий. 2014. Т. 21, № 3. С. 13–17. Filatova OE, Hadarcev AA, Koshcheev VP, Vatomova SN, Sokolova AA. Ispol'zovanie nejroemuljatorov v zadachah sistemnogo sinteza dianosticheskikh priznakov v gerontologii. Vestnik novyh medicinskih tehnologij. 2014;21(3):13-7. Russian.
16. Филатова О.Е., Хадарцева К.А., Филатова Д.Ю., Живаева Н.В. Биофизика сложных систем – complexity // Вестник новых медицинских технологий. 2016. Т. 23, № 2. С. 9–17. Filatova OE, Hadarceva KA, Filatova DJ, Zhivaeva NV. Biofizika slozhnyh sistem – complexity. Vestnik novyh medicinskih tehnologij. 2016;23(2):9-17. Russian.
17. Хадарцев А.А., Шакирова Л.С., Пахомов А.А., Полухин В.В., Синенко Д.В. Параметры сердечно-сосудистой системы школьников в условиях санаторного лечения // Вестник новых медицинских технологий. 2016. Т. 23, № 1. С. 7–14. Hadarcev AA, Shakirova LS, Pahomov AA, Poluhin VV, Sinenko DV. Parametry serdechno-sosudistoj sistemy shkol'nikov v uslovijah sanatornogo lechenija. Vestnik novyh medicinskih tehnologij. 2016;23(1):7-14. Russian.
18. Gell-Mann M. Fundamental Sources of Unpredictability // Complexity. 1997. Vol. 3, №1. P. 13–19. Gell-Mann M. Fundamental Sources of Unpredictability. Complexity. 1997;3(1):13-9.
19. Hill A.V. Why biophysics? // Science. 1956. Vol. 124, № 3234. P. 1233–1237. Hill AV. Why biophysics? Science. 1956;124(3234):1233-7.
20. Prigogine I. The Die Is Not Cast // Futures. Bulletin of the World Futures Studies Federation. Vol. 25, № 4 January 2000. P. 17–19. Prigogine I. The Die Is Not Cast // Futures. Bulletin of the World Futures Studies Federation. Vol. 25. № 4, January 2000. P. 17-19.
21. Weaver W. Science and Complexity // American Scientist. 1948. № 36. P. 536–544. Weaver W Science and Complexity. American Scientist. 1948;36:536-44.
22. Wheeler J.A. Information, physics, quantum: the search for links. In Feynman and Computation: Exploring the Limits of Computers / ed A.J.G. Hey. Cambridge, MA: Perseus Books. 1999. 309 p. Wheeler JA. Information, physics, quantum: the search for links. In Feynman and Computation: Exploring the Limits of Computers, ed AJG. Hey. Cambridge, MA: Perseus Books; 1999.