

DOI: 10.51790/2712-9942-2022-3-4-13

**ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОКИБЕРНЕТИКИ ИЗ-ЗА НЕУСТОЙЧИВОСТИ
ВЫБОРОК БИОСИСТЕМ****В. В. Еськов¹, Г. В. Газя², П. Е. Коннов³**¹ Сургутский государственный университет, г. Сургут, Российская Федерация² Югорский государственный университет, г. Ханты-Мансийск, Российская Федерация,

✉ safety.ot86@gmail.com

³ Самарский государственный медицинский университет Минздрава России, г. Самара, Российская Федерация

Аннотация: в связи с открытием эффекта Еськова–Зинченко (статистической неустойчивости всех выборок любых параметров функций организма) в биокibernетики и кибернетике в целом возникает ряд фундаментальных проблем. Во-первых, доказательство отсутствия дальнейших возможностей применения теории динамических систем и статистики в изучении и описании биосистем. Во-вторых, проблема доказательства отсутствия динамического хаоса в биосистемах. В-третьих, проблема разрешения неопределенностей 1-го и 2-го типа и связи биокibernетики с квантовой механикой. В-четвертых, необходимость решения задач системного синтеза. Все эти четыре проблемы детально рассматриваются в настоящей работе.

Ключевые слова: биосистемы, модели, хаос, эффект Еськова–Зинченко.

Для цитирования: Еськов В. В., Газя П. Е., Коннов П. Е. Фундаментальные проблемы биокibernетики из-за неустойчивости выборок биосистем. *Успехи кибернетики*. 2022;3(4):110–122. DOI: 10.51790/2712-9942-2022-3-4-13.

**FUNDAMENTAL PROBLEMS OF BIOCYBERNETICS CAUSED BY BIOSYSTEM SAMPLE
INSTABILITY****V. V. Eskov¹, G. V. Gazya², P. E. Konnov³**¹ Surgut State University, Surgut, Russian Federation² Ugra State University, Khanty-Mansiysk, Russian Federation, ✉ safety.ot86@gmail.com³ Samara State Medical University, Samara, Russian Federation

Abstract: since the Eskov–Zinchenko effect was discovered (statistical instability of all samples of any human body parameters), some fundamental problems arose in biocybernetics and cybernetics in general. First, it is the proof of the dynamic systems theory and statistics inapplicability to the study and definition of biosystems. Second, there is no proof on the dynamic chaos absence in biosystems. Third, there is a problem of resolving type 1 and 2 uncertainties and the relation between biocybernetics and quantum mechanics. Fourth, there is the system synthesis problem. All these four problems are discussed in detail in this paper.

Keywords: biosystems, models, chaos, Eskov–Zinchenko effect.

Cite this article: Eskov V. V., Gazya G. V., Konnov P. E. Fundamental Problems of Biocybernetics Caused by Biosystem Sample Instability. *Russian Journal of Cybernetics*. 2022;3(4):110–122. DOI: 10.51790/2712-9942-2022-3-4-13.

Введение

В 1947 году Н. А. Бернштейн выдвинул гипотезу о «повторении без повторения» в биомеханике и во всей нервно-мышечной системе [1]. Через год W. Weaver предложил общую классификацию всех систем природы (в виде трех типов систем) и вывел биосистемы (как системы третьего типа — СТТ) за пределы современной детерминистской и стохастической науки (ДСН) [2].

В итоге через 50 лет эти две гипотезы были доказаны как следствие отсутствия статистической устойчивости любой выборки любого параметра функции организма человека (включая и работу мозга, и психическую деятельность человека). Эти данные легли в основу эффекта Еськова–Зинченко (ЭЗЗ) [3–9], который нами изучается вот уже более 20 лет.

В основу ЭЭЗ положено доказательство уникальности (статистической неустойчивости) выборки любого параметра $x_i(t)$, который входит в некоторый вектор состояния функций организма человека $x=x(t)=(x_1, x_2, \dots, x_m)^T$ в m -мерном фазовом пространстве состояний (ФПС). Этот вектор $x(t)$ описывает динамику параметров различных функций организма человека [3–9].

Очевидно, что все это реально выводит все биосистемы за пределы ДСН и требует создания новой (третьей, после ДСН) науки. Эта третья наука должна описывать статистически неустойчивые системы на основе изучения особой динамики $x(t)$ в m -мерном ФПС. В этом случае должна создаваться новая биокибернетика (кибернетика живых систем) на базе нового математического аппарата [3, 4]. Очевидно, что Н. Винер вместе с П. К. Анохиным пытались это делать в 50-60-х годах 20-го века, но они не акцентировали внимание на работах Н. А. Бернштейна и W. Weaver [1, 2].

Первая базовая проблема для ДСН

Напомним, что в теории динамических систем (ТДС) динамика поведения вектора состояния системы $x(t)$ описывается обычно системой дифференциальных уравнений (ДУ), разностных или интегральных уравнений (РУ, ИУ) и других динамических уравнений. В этом случае задание начального состояния $x(t_0)$ для $x(t)$ полностью определяет конечное состояние системы $x(t_x)$.

В ТДС любая такая точка $x(t_0)$, $x(t_x)$ и т. д. может быть повторена большое число раз. В этом случае прошлое ($x(t_0)$) и знание уравнений в виде ДУ, РУ, ИУ и т.д.) полностью определяет динамику процесса. Прошлое состояние системы точно определяет ее будущее.

В стохастике это уже невозможно, поэтому при многократном повторении $x(t_0)$ и самого процесса мы получаем набор фазовых траекторий вектора $x(t)$ в ФПС и набор (выборки) конечных значений $x(t)$. В статистике мы не можем работать с одной точкой $x(t_x)$ в ФПС, нужно получить набор (облако) точек в виде некоторой выборки.

В итоге в стохастике появляется неопределенность (одной точкой $x(t_x)$ систему нельзя описывать!) конечного состояния исследуемой системы, и мы вынуждены измерять (путем повторений процесса) выборку и сравнивать две полученные выборки по определенным правилам статистики. Очевидно, что любые две выборки, полученные на разных интервалах времени Δt_1 и Δt_2 , должны совпадать для СТТ, если биосистема неизменна. Это догма всей ДНС [7–9].

Поскольку в стохастике мы не работаем с одной точкой $x(t_x)$ и измеряем систему на интервале Δt_1 (и Δt_2 при второй выборке), то возникает фундаментальная проблема в математике и во всем естествознании: мы не знаем, что было с системой до интервала Δt_1 и после этого интервала (в интервале времени между Δt_1 и Δt_2). Более того, мы не знаем о поведении системы после Δt_2 . Устойчива ли СТТ (это никто не проверял) в биомедицине?

Во всех науках о живых системах (биологии, медицине, психологии, экологии и т. д.) априори считалось (это была догма ДСН), что биосистема устойчива (неизменна) за пределами Δt_1 и Δt_2 . Впервые в этом усомнились Н. А. Бернштейн (повторение без повторений [1]) и W. Weaver [2] (СТТ-биосистемы не объект ДСН). Но они это не доказали численно [1, 2].

Это сделала научная школа биокибернетики и биофизики г. Сургута (Сургутский государственный университет, Сургутский филиал НИИСИ РАН) на основе ЭЭЗ. Для этого мы доказали гипотезу Н. А. Бернштейна (о повторениях) и гипотезу W. Weaver (ДСН не может описывать СТТ-биосистемы).

Первоначально мы проверяли статистическое совпадение двух соседних треморограмм (ТМГ) у одного и того же испытуемого (при регистрации подряд двух выборок ТМГ за 5 секунд). Оказалось, что после 100 повторов таких парных регистраций частота совпадения двух соседних выборок ТМГ $p_{12} \leq 0,05$. По статистике должно быть $p_{12} \geq 0,95$. Более того, сейчас в доказательной медицине требуют вероятность $p_{12} \geq 0,99$ (и даже 0,999). Очевидно, что это фантастические пожелания, которые для СТТ никогда не наблюдаются [7–14].

В дальнейшем мы сравнивали не две соседние выборки (выборки на Δt_1 и Δt_2), а все 15 выборок, которые мы регистрировали у одного испытуемого подряд на 15-ти интервалах Δt_i . В этом случае мы рассчитывали матрицу парных сравнений выборок не только ТМГ, но и теппинграмм (ТПГ), кардиоинтервалов (КИ), различных других параметров $x_i(t)$ работы сердца, выборок электромиограмм (ЭМГ), электроэнцефалограмм (ЭЭГ) и т. д. [8–18].

Все выборки различных параметров функций организма $x_i(t)$ демонстрировали очень малое число совпадений в таких матрицах парных сравнений выборок. Обычно для ТМГ число k пар выборок, которые имеют критерий Вилкоксона $p_{ij} \geq 0,05$, были $K_1 < 5\%$ из всех 105-ти разных пар сравнения в таких матрицах.

Для управляемых сознанием движений (теппинг — вертикальные равномерные движения пальца испытуемого) $K_2 < 15\%$. Это K_2 совпадало для электромиограмм ($K_3 \leq 15\%$) и кардиоинтервалов ($K_4 \leq 15\%$). Все это очень малые для статистики величины, где обычно $p \geq 0,95$ и числа $K \geq 96$ из 105-ти разных пар.

Очевидно, что число статистических несовпадений выборок очень велико (обычно такое число $r \geq 85\%$), и это доказывает особую динамику любой выборки любого параметра $x_i(t)$ функций организма. Только для ЭЭГ (в спокойном состоянии, сидя с открытыми глазами) $K_5 \leq 35\%$. Это доказывает, что мозг, его нейронные сети (НСМ), более стохастичен, чем органы, которые управляются НСМ (т.е. самим мозгом).

В таком случае любая выборка уникальна и ее статичность невозможна. Вероятность статистического совпадения выборок на интервалах времени Δt_1 и Δt_2 не превышает 0,15 для многих параметров организма человека. Существенно, что это касается не только статистических функций распределения $f(x)$ таких выборок $x_i(t)$, но и их спектральных плотностей сигнала (СПС), автокорреляций (АК) и т. д. [11–18].

Все это получило название эффекта Еськова–Зинченко [3–11], и это доказывает, что статистика (и вся ДСН) не может описывать биосистемы (СТТ). Появляется реальная Complexity, Uncertainty (о которой говорил I. R. Prigogine [19]) и Unpredictability (о которой говорил M. Gell-Mann [20]). Об этом пытался сказать и академик Гинзбург в своих последних публикациях [см., напр., 21], где он прямо говорил об ограничении возможностей современной науки в отношении биосистем: «Вместе с тем, можно ли считать, что возможность редукции биологии к «современной» физике несомненна? Здесь ключевым является слово «современная». И с учетом этого слова дать положительный ответ было бы, как мне кажется, неправильно» [21, с. 436].

Прогноз В. Л. Гинзбурга мы доказали за последние 20 лет на примере ЭЭЗ — статистической неустойчивости любых выборок любых параметров биосистем. Гинзбург далее [21] представил гениальную догадку: «Пока дело не сделано, нельзя исключать возможность того, что мы даже на фундаментальном уровне еще не знаем чего-то необходимого для редукции» [21]. Это «фундаментальное» и «необходимое» базируется на отсутствии статистической устойчивости выборки параметров организма человека. В итоге мы доказали неповторимость выборок биосистем (ЭЭЗ) [3–11, 22–30].

Очевидно, что ЭЭЗ применим и для организации функций животного организма. Это мы сейчас доказываем на разных группах подопытных животных. Статистическая неустойчивость выборки сейчас активно нами исследуется, а также усилиями других групп исследователей по другим параметрам организма человека и животных. Это составило базовую основу новой науки, которую мы сейчас обозначили как теорию хаоса-самоорганизации (ТХС) [22–30].

В завершение этого раздела мы демонстрируем два характерных примера матрицы парных сравнений выборок кардиоинтервалов одного и того же испытуемого (15 раз измеряли КИ по 5 минут каждое измерение). В табл. 1 мы представляем критерий Вилкоксона p_{ij} , где число k_4 очень невелико. Напомним, что Европейская ассоциация кардиологов такую выборку КИ считает репрезентативной (но это глубокое заблуждение). Любая выборка КИ — уникальна.

Более того, вместе с ЭЭЗ для одного испытуемого (в режиме 15-ти повторов выборок КИ) мы установили еще одно особое свойство СТТ. Оно следует из ЭЭЗ для одного испытуемого и показывает, что выборки КИ от 15-ти разных испытуемых тоже демонстрируют ЭЭЗ. Однако здесь ситуация гораздо хуже, т. к. якобы неизменная (биологически) выборка КИ не может быть однородной [22–30].

Действительно, если взять 15 человек (одного пола, возраста, проживающих в одинаковых условиях, без патологий и т. д.) и зафиксировать у каждого по одной выборке КИ, то окажется, что все эти выборки статистически не совпадают. Они имеют разные генеральные совокупности.

Для примера мы представляем типичную табл. 2 для 15-ти разных испытуемых (регистрация по 5 минут сидя, в покое). В этой матрице число k соизмеримо с k_4 (для одного испытуемого) в табл. 1. Это означает, что по критерию Манна–Уитни (он использовался в табл. 2) мы имеем статистически разные выборки, которые имеют разные генеральные совокупности, т. е. $p < 0,05$. Очевидно, что группа неоднородна, и по законам статистики мы не можем с ней работать.

Подобных матриц мы построили несколько тысяч для разных групп разных параметров функций организма человека (ТМГ, ТПГ, ЭМГ, КИ, ЭЭГ и т. д.). Везде одинаковый результат: любая группа якобы одинаковых (физиологически и т.д.) людей будет неоднородной [22–30].

Таблица 1

Матрица парного сравнения выборок кардиоинтервалов (КИ) одного и того же человека (без нагрузки, число повторов регистрации КИ $n = 15$), использовался критерий Вилкоксона (критерий различий $< 0,05$, число совпадений $k = 10$) [8]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,00		0,00	0,02	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	0,04	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,02	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	0,04	0,00		0,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,78		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	0,00	0,00
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,77
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,25	0,04	0,67	0,73	0,00
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25		0,02	0,38	0,49	0,00
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,02		0,08	0,14	0,00
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	0,38	0,08		0,30	0,00
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,73	0,49	0,14	0,30		0,00
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

Таблица 2

Матрица парного сравнения 15-ти выборок кардиоинтервалов (КИ) группы женщин, использовался критерий Манна–Уитни (критерий различий $U < 0,05$, число совпадений $k_1 = 15$) [9]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	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	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	1,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
6	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,86	0,00	0,00	0,00	0,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28	0,00	0,00		0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00		0,19	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,19		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,86	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00
13	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		1,00	0,00
14	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00		0,00
15	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

Фактически такой результат следует из ЭЭЗ. Если любая выборка (для одного испытуемого) будет статистически неоднородной, то тем более выборки одного и того же параметра разных испытуемых тоже не должны совпадать. Табл. 2 и тысячи ей подобных подтверждает это утверждение. В итоге ЭЭЗ как для одного человека, так и для группы разных испытуемых наблюдается всегда [3–11, 22–30].

Однако в последнем случае дело гораздо хуже, мы теперь не можем объединить людей в группу (а на этом построена вся биомедицина), т.к. группа всегда будет неоднородной (выборки $x_i(t)$ принадлежат разным генеральным совокупностям). Все это выводит СТТ за пределы современной науки (ДСН) и требует создания новой (третьей) науки (о чем и говорил Weaver). Это первая базовая проблема ДСН для СТТ.

Проблема динамического хаоса для биосистем

Следует сразу выделить, что целый ряд нобелевских лауреатов высказывались о реальности возникновения динамического хаоса (Лоренца) — ДХ в динамике поведения биосистем. Не будем

представлять цитаты, а отметим, что этому посвящена целая книга I. R. Prigogine (см. «The End of Certainty...», например, [19]) и великолепная статья М. Gell-Mann [20].

Неоднократно на это обращали внимание нобелевский лауреат R. Penrose и В. Л. Гинзбург [21]. Однако академик Гинзбург все-таки надеялся на изменение ситуации с редукцией биологии: «Об этом будущем нельзя не думать с завистью — сколь много важного и интересного мы узнаем даже в ближайшие лет десять» [21, с. 436]. Именно за эти 10 лет мы и доказали реальность ЭЭЗ, но это не динамичный хаос [7–15].

Если говорить детально о ДХ, то за последние 10 лет мы строго доказали его отсутствие в динамике поведения биосистем (СТТ) [7–15]. Действительно, сам ДХ можно диагностировать по ряду характерных математических критериев. Во-первых, задание начальных параметров $x(t_0)$ и динамических уравнений не гарантирует знание $x_i(t_x)$. Для ДХ характерно попадание в странный аттрактор (Лоренца). В таком аттракторе наблюдается равномерное распределение, что характеризуется одинаковой плотностью вероятности (меры инвариантны).

Однако для СТТ это невозможно в принципе. Мы на каждом отрезке времени Δt_i получаем свою статистическую функцию распределения $f_i(x)$. В ЭЭЗ доказано, что выборки $x_i(t)$ на интервале Δt_1 и Δt_2 статистически не совпадают, т. е. их $f_i(x)$ будут разными. Это означает, что для СТТ мы никогда не можем получить равномерное распределение (нет ДХ). Фактически ЭЭЗ доказывает отсутствие эргодичности СТТ, т. к. изменяется $f(x)$, СПС, АК и т.д.

Наши многочисленные исследования показали, что старшие показатели Ляпунова — СПЛ не могут показывать постоянное положительное значение. Они непрерывно изменяют знак (см. рис. 1), и это характерно и в нормогенезе, и при патогенезе (тахикардия, брадикардия). В целом, этот признак (как и другие признаки динамического хаоса) не показывает наличие странного аттрактора (меры не инвариантны).

Все биосистемы не эргодичны, у них нет статистической устойчивости, и хаотично изменяются со временем их статистические функции распределения $f_i(x)$. Поэтому плотности распределений $x_i(t)$ внутри псевдоаттракторов — ПА (это реальные аттракторы для вектора $x(t)$ в ФПС) не инвариантны. Любая выборка $x_i(t)$ будет уникальной (статистически неповторимой). Этот первый критерий ДХ не подходит для СТТ. Биосистемы не эргодичны, и их невозможно описывать в рамках статистики (меры не инвариантны!).

Еще раз отметим, что внутри странного аттрактора Лоренца плотности распределения точек $x(t_x)$ будут инвариантны. Но в псевдоаттракторах Еськова (ПА) таких свойств у вектора состояния СТТ нет (для СТТ непрерывно изменяются их статистические функции $f(x_i)$). Нет статистической устойчивости выборов (ЭЭЗ).

Последнее означает, что до интервала Δt_1 , между Δt_1 и Δt_2 и после Δt_2 все выборки будут различимы (их примеры выше в табл. 1 и 2). Это означает, что центральная догма ДСН для СТТ не выполняется, и это открытие (ЭЭЗ), которое полностью закрывает редукцию биологии на законы физики. В рамках статистики (ДСН) СТТ не описываются.

Гинзбург был прав, через 10 лет мы открыли ЭЭЗ и редукция невозможна. Нужна «новая физика», а также — новая биофизика и новая биомедицина. Это уже выходит за границы прогноза Гинзбурга [21] (см. цитату выше). Нужна ТХС.

Отметим, что ДХ является отдельным разделом ТДС и его отсутствие у СТТ доказывает полную неприменимость ТДС и детерминизма в целом к описанию биосистем. ДХ не имеет места у СТТ.

Действительно, в наших многочисленных исследованиях мы показали, что старшие показатели Ляпунова (СПЛ) хаотично изменяют знак на любом отрезке времени регистрации любого параметра функции организма человека. Для примера мы представляем рис. 1, где показана динамика λ_i для 15-ти разных выборок КИ (у одного и того же испытуемого).

На этом рисунке мы представили расчет старшего показателя Ляпунова λ для 15-ти разных выборок КИ, которые были получены от одного и того же испытуемого. Регистрация каждой выборки производилась 5 минут (подряд) сидя, в спокойном состоянии. Очевидно, что значения λ_i разные по знаку (и по величине) для каждой выборки.

Разные выборки у одного и того же испытуемого за 5 минут могут показывать как положительные значения λ_i , так и отрицательные. Это означает, что какие-то выборки могут показать динамичный хаос Лоренца, а какие-то нет. Более того, λ_i меняет знак внутри каждого интервала в 5 минут (если

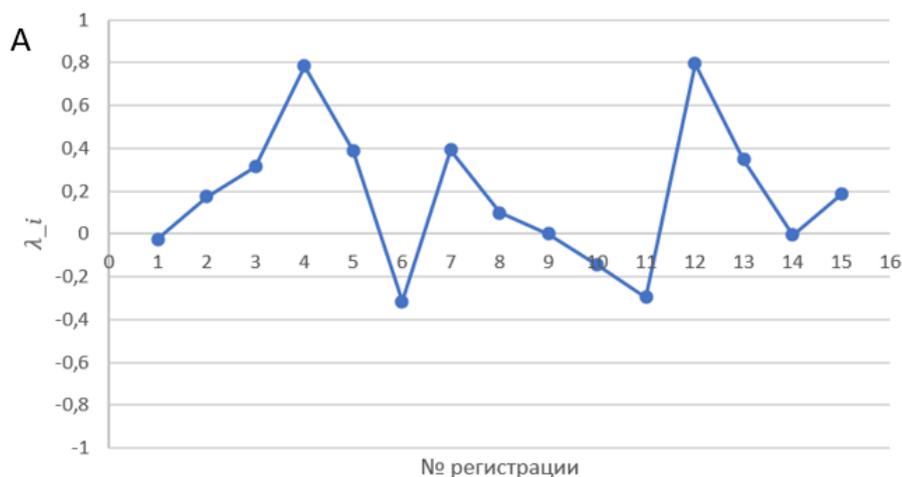


Рис. 1. Расчет СПЛ для временных рядов КИ испытуемого в состоянии нормогенеза

его разделить, например, на 10 частей).

В итоге на рисунке 1 представлена картина поведения старшего показателя Ляпунова (СПЛ) для 15-ти выборок КИ у одного и того же испытуемого (в спокойном состоянии, сидя). Очевидно, что СПЛ непрерывно меняет знак (от выборки к выборке), и это говорит об отсутствии ДХ.

Детальный расчет для каждой выборки (всего 15 выборок для одного испытуемого) представлен в табл. 3. Здесь даны значения СПЛ и его статистический расчет (Δ_x и ε в %).

Таблица 3

Результаты расчета СПЛ (λ_i) для 15-ти повторов регистраций кардиосигналов

№ рег- ии КИ	Состояния								
	Нормогенез			Брадикардия			Тахикардия		
	λ_i	Δ_x	ε , %	λ_i	Δ_x	ε , %	λ_i	Δ_x	ε , %
1	-0,0247	0,11	1,37%	-0,3415	0,9798	1,03%	0,1696	0,77	0,85%
2	0,1750	0,40	0,70%	-0,3102	0,17	0,20%	-0,0512	0,73	2,70%
3	0,3131	0,71	0,70%	-0,1427	0,1	0,25%	0,4498	0,26	0,12%
4	0,7822	0,56	0,22%	-0,3354	0,26	0,28%	-0,0580	0,02	0,07%
5	0,3893	0,69	0,54%	0,0557	0,65	4,33%	0,0278	0,83	6,38%
6	-0,3144	0,13	0,13%	-0,1871	0,58	1,12%	-0,1779	0,35	0,36%
7	0,3930	0,91	0,71%	-0,8426	0,76	0,32%	-0,2898	0,88	0,54%
8	0,0977	0,03	0,09%	-0,2414	0,82	1,22%	-0,0470	0,73	2,70%
9	0,0012	0,39	0,00%	0,1884	0,93	1,79%	0,0278	0,86	6,62%
10	-0,1461	0,91	1,94%	-0,0940	0,4	1,54%	-0,2006	0,5	0,50%
11	-0,2959	0,05	0,05%	-0,2027	0,97	1,73%	-0,0512	0,73	2,70%
12	0,7939	0,41	0,16%	-0,0583	0,39	2,44%	0,4498	0,26	0,12%
13	0,3469	0,80	0,71%	0,6189	0,9	0,52%	0,1696	0,77	0,85%
14	-0,0056	0,83	0,75%	-0,1207	0,9	2,73%	-0,0494	0,82	3,16%
15	0,1859	0,98	1,63%	0,3058	0,94	1,11%	-0,0580	0,02	0,07%

Одним из важнейших признаков ДХ Лоренца (странного аттрактора — СА) является поведение автокорреляционных функций (АКФ). На рис. 2 мы представляем расчет всех этих 15-ти АКФ для указанных выборок КИ (для одного и того же испытуемого). Из рис. 2 следует, что АКФ не стремятся к нулю, а хаотично изменяют знак с увеличением времени t .

Таким образом, рис. 2 показывает, что АКФ не стремятся к нулю, а ведут себя хаотично. Изменение знака и отсутствие асимптот (в виде нуля) показывает отсутствие ДХ для КИ. Это показывает отсутствие ДХ у КИ по критерию АКФ.

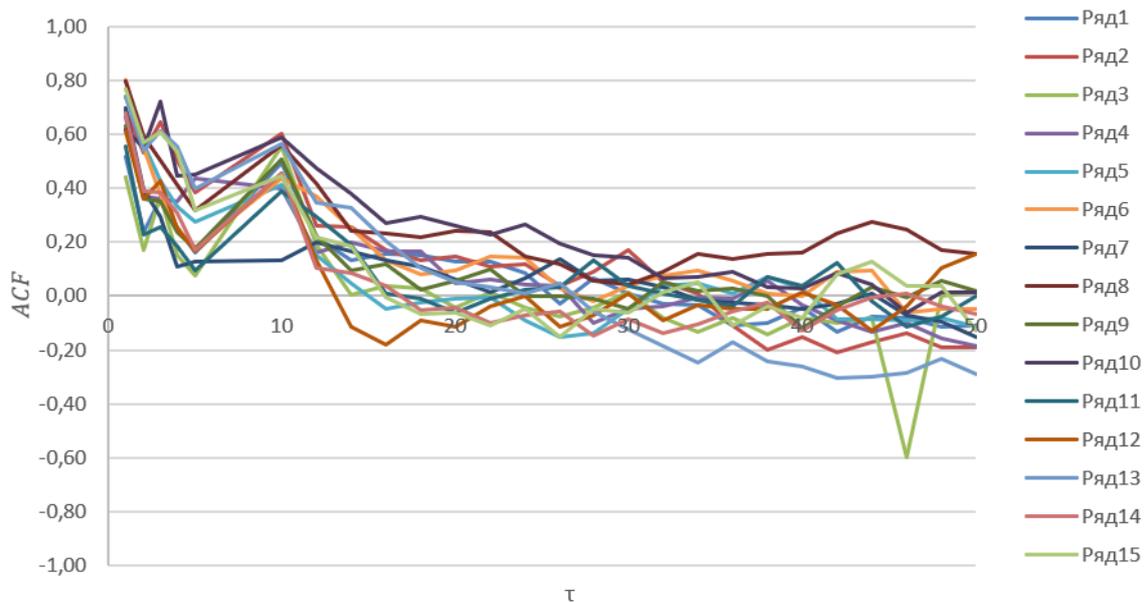


Рис. 2. Коррелограмма временных рядов кардиоинтервала (15 регистраций) обследуемой в состоянии нормогенеза

В итоге СПЛ не имеет положительного знака (для любых выборок). АКФ не стремится к нулю, и нет равномерного распределения внутри псевдоаттрактора (ПА). Все это доказывает отсутствие хаоса Лоренца, т. е. нет странного аттрактора для выборок КИ. Надежды нобелевских лауреатов не оправдались: ДСН не работает в описании СТТ.

Подчеркнем, что аналогичная зависимость получена и для тремора (ТМГ), теппинга (ТПГ), ЭМГ, ЭЭГ и т. д. Любая выборка любого параметра функции организма человека $x_i(t)$ не может демонстрировать ДХ. Это полностью закрывает возможности ТДС в описании СТТ [3–11].

Еще раз напомним, что целая группа нобелевских лауреатов (I. R. Prigogine, R. Penrose, M. Gell-Mann, В. Л. Гинзбург) очень надеялась на динамичный хаос в описании биосистем. Это было глубоким заблуждением. Мы доказываем обратное: нет СА Лоренца в поведении биосистем. СТТ не могут генерировать ДХ.

Тем самым мы полностью доказываем отсутствие возможности дальнейшего применения всей теории динамических систем в описании живых систем. Точнее говоря, любую динамику поведения СТТ мы опишем (приблизительно) в ТДС, но нет прогноза будущего. Любая такая модель уникальна, как и выборки в статистике [3–11].

Любая модель в рамках ТДС имеет исторический характер, нет прогноза будущего. Тогда такие модели (в рамках ТДС) нет смысла использовать. Напомним, что признаки науки (главные) — это повторяемость и прогноз, но для СТТ это невозможно. Тогда становится очевидным, что СТТ не объект ДСН.

Неопределенность 1-го и 2-го типа для СТТ и квантовая механика

Напомним, что начало 20 века было связано с появлением новой физики для описания неживой материи. Появилась квантовая механика (КМ), и один из ее главных принципов — принцип неопределенности Гейзенберга. В целом, это было началом новой физики. Нечто подобное сейчас предлагаем и мы во всей биомедицине, во всех науках о новых системах.

Однако квантовая механика не вышла за пределы методов теории вероятности и статистики. Вся современная КМ основана на аппарате ДСН и никак не выходит за пределы современной науки. При этом W. Weaver предлагал выйти за пределы ДСН для описания любой биосистемы (СТТ) [2].

Weaver предлагал создать новую (третью, после ДСН) науку, в которой были бы другие принципы, модели и методы. Доказав за последние 20 лет ЭЭЗ в виде отсутствия статистической устойчивости выборок, мы доказали неизбежность выхода СТТ за пределы ДСН.

То, что ТДС (детерминистская наука) не может оценивать СТТ, уже следует из предыдущих двух параграфов. Очевидно, что ЭЭЗ доказывает невозможность дальнейшего использования и сто-

хастического подхода. Стохастика не работает (нет прогноза будущего) в описании биосистем (СТТ) [3–11].

Любая выборка уникальна и мы на основе ЭЕЗ вводим понятие неопределенности второго типа (НВТ). Возникает закономерный вопрос: может ли НВТ как-то быть связана с принципом неопределенности Гейзенберга?

Напомним, что в КМ этот принцип неопределенности накладывает ограничения на две фазовые координаты квантовой частицы: ее координату $x_1(t)$ и ее скорость $x_2(t)=dx_1/dt$. В этом случае Гейзенберг предложил неравенство:

$$\Delta x_1 \cdot \Delta x_2 \geq h/4 \pi m. \quad (1)$$

В этом неравенстве (1) мы слева перенесли массу частицы m вправо. Отметим, что для малых скоростей эта масса m не зависит от x_2 и мы ее можем считать некоторой константой ($m=\text{const}$). В итоге неравенство (1) имеет вид:

$$\Delta x_1 \cdot \Delta x_2 \geq z_1 \quad (z_1 = \text{const}). \quad (2)$$

Фактически мы накладываем ограничения на вариации (изменения Δx_1) этих двух фазовых координат. Эти ограничения накладываются снизу (имеем знак \geq). Мы использовали такой подход в описании СТТ – complexity.

При этом мы вводим ограничения на поведение (вариации) любого диагностического признака $x_1(t)$ (в виде Δx_1) и его скорость изменения Δx_2 ($x_2 = dx_1/dt$). Для биосистем можно ввести некоторый аналог принципа Гейзенберга и получить новое неравенство, но оно имеет дополнение (ограничение сверху).

Это неравенство превращается в систему неравенств вида:

$$z_2 \geq \Delta x_1 \cdot \Delta x_2 \geq z_1. \quad (3)$$

В этом случае мы не только ограничиваем произведение Δx_1 и Δx_2 частично снизу (в виде z_1), но и сверху (в виде z_2). Возникает неопределенность 2-го типа (НВТ) для всех биосистем (СТТ) [3–15].

Подчеркнем, что ограничение в виде системы неравенств (3) на двумерной фазовой плоскости выглядит в виде прямоугольника со сторонами Δx_1 и Δx_2 . Внутри этого прямоугольника (назовем его псевдоаттрактор – ПА) хаотично движется $x^*(t)$. При этом хаотично изменяются $f(x)$, СПС, АФК и т. д. [3–11].

Этот вектор $x^*(t)$ имеет две координаты ($x^*(t) = (x_1, x_2)^T$), которые невозможно (точно или статистически) для любой биосистемы прогнозировать. Мы ничего не знаем о будущем фазовой траектории вектора $x^*(t)$. Но при этом уверены, что движение $x(t)$ будет внутри данного ПА на фазовой плоскости вектора $x^*(t)$.

На сегодня мы установили, что площадь ПА $S = \Delta x_1 \cdot \Delta x_2$ (где Δx_1 – вариационный размах по координате x_1 , а Δx_2 – вариационный размах x_2) статистически сохраняется. Это означает, что при неизменном аналогичном состоянии СТТ величина $S \approx \text{const}$ (с позиции статистики по выборкам этих S для ПА).

Мы проделали тысячи опытов по расчетам площадей S выборок ПА для разных параметров $x_i(t)$ функций организма человека и доказали статистическую устойчивость выборок S для ПА у одного испытуемого (в его неизменном биологическом, психическом состоянии).

Для примера мы представляем характерную таблицу 4 расчета 15-ти выборок S для ПА у одного и того же испытуемого (выборки для ПА по расчету КИ). В этой таблице 4 мы показали (в виде столбцов) расчет S ПА для каждой серии регистраций выборок ПА для КИ. Очевидно, что всего столбцов 15, и в каждом столбце по 15 значений S .

Фактически речь идет о 15-ти сериях наблюдений за одним и тем же испытуемым. В каждой такой серии мы регистрировали по 15 выборок КИ (каждая выборка КИ – это 5 минут регистрации КИ). В итоге мы получили 15 выборок (столбцов) S для 225 выборок КИ.

Подобные регистрации мы делали для многих испытуемых, и везде одна закономерность: выборки S для КИ статистически существенно различаются. Парное сравнение всех таких выборок S для КИ статистически существенно не различается. Парное сравнение таких выборок S показало, что частота их совпадения $p^* \geq 0,9$.

Таблица 4

Матрица расчета выборок S для псевдоаттракторов параметров 225-ти выборок КИ одного и того же испытуемого (без нагрузки в каждом столбце число повторов $n = 15$), использовался критерий Вилкоксона (критерий различия $p < 0,05$, число совпадений $k_1 = 94$)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0,16	0,64	0,57	0,05	0,95	0,78	0,13	0,82	0,65	1,00	0,17	0,11	0,09	0,14
2	0,16		0,05	0,10	0,65	0,19	0,31	0,57	0,46	0,50	0,13	0,82	0,83	0,88	0,95
3	0,64	0,05		0,65	0,03	0,78	0,46	0,02	0,61	0,61	0,86	0,05	0,03	0,02	0,13
4	0,57	0,10	0,65		0,04	0,73	0,57	0,05	0,25	0,91	0,57	0,07	0,02	0,03	0,09
5	0,05	0,65	0,03	0,04		0,19	0,23	0,59	0,23	0,16	0,13	0,43	0,78	0,46	0,65
6	0,95	0,19	0,78	0,73	0,19		0,17	0,03	0,50	0,95	0,95	0,28	0,10	0,11	0,21
7	0,78	0,31	0,46	0,57	0,23	0,17		0,09	0,65	0,95	0,82	0,21	0,08	0,16	0,28
8	0,13	0,57	0,02	0,05	0,59	0,03	0,09		0,11	0,36	0,08	0,46	0,53	0,23	1,00
9	0,82	0,46	0,61	0,25	0,23	0,50	0,65	0,11		0,92	0,86	0,86	0,50	0,50	0,57
10	0,65	0,50	0,61	0,91	0,16	0,95	0,95	0,36	0,92		0,86	0,50	0,09	0,50	0,61
11	1,00	0,13	0,86	0,57	0,13	0,95	0,82	0,08	0,86	0,86		0,43	0,08	0,24	0,21
12	0,17	0,82	0,05	0,07	0,43	0,28	0,21	0,46	0,86	0,50	0,43		0,73	0,65	0,73
13	0,11	0,83	0,03	0,02	0,78	0,10	0,08	0,53	0,50	0,09	0,08	0,73		0,78	0,95
14	0,09	0,88	0,02	0,03	0,46	0,11	0,16	0,23	0,50	0,50	0,24	0,65	0,78		0,61
15	0,14	0,95	0,13	0,09	0,65	0,21	0,28	1,00	0,57	0,61	0,21	0,73	0,95	0,61	

Обычно $p^* \geq 0,95$, что уже удовлетворяет требованиям статистики. В итоге мы сейчас говорим о том, что площадь S для ПА является инвариантом. Она (S) объективно представляет неизменность физиологического (психического) состояния человека. Если это состояние изменяется (например, дается физическая нагрузка (приседания)), то площадь S тоже изменяется. Это показали наши многочисленные исследования с ТМГ, ТПГ, ЭМГ, ЭЭГ и другими параметрами функций организма человека.

Отметим, что кроме неопределенностей 2-го типа (в виде ЭЭЗ) для СТТ мы установили и неопределенность 1-го типа. В этом случае с биосистемой происходят существенные изменения, но статистика это не демонстрирует. Статистика не работает.

С позиций статистики выборки $x_i(t)$ совпадают и нет различий между группами разных больных, между больными и здоровыми организмами и т. д. Статистика не может показать различия, и нужна другая (третья) наука. Сейчас это ТХС.

Поскольку таких примеров мы предоставили очень много для ТМГ, ТПГ, ЭМГ, КИ, ЭЭГ (и т.д.), то сейчас рассмотрим примеры из области теории гомеостаза. В частности, примеры с иммунологическими параметрами больных кожными заболеваниями.

Обследовалось три группы больных с хроническим атопическим дерматитом (ХАД). В 1-ю группу ($EASI < 10$) входили больные с вовлечением открытых участков тела (шея, голова, кисти и т.д.). Назовем это первой стадией ХАД (клиническая классификация).

Вторую группу образовывали больные с распространенной формой ХАД (эритемы более обширны, инфильтрации ($EASI = 10-25$)). Наконец, третья группа ($EASI > 25$) имела развившиеся диффузионные поражения кожи (зуд). Клинически это все разные группы, но статистически выявить различия между ними крайне трудно.

Для этих трех групп мы регистрировали 5 параметров иммунного статуса: иммуноглобулины x_1 — IgA г/л, x_2 — IgG г/л, x_3 — IgM г/л, x_4 — ФН нг/мл, x_5 — IgE Мед/л. В итоге мы получили по 5 выборок x_i для каждой группы.

Эти выборки мы попарно сравнивали для каждого параметра x_i . В итоге мы получили табл. 5. В этой таблице мы представили непараметрические критерии Вилкоксона p_{ij} для каждой этой пары. Результаты очевидны, во всех случаях критерий $p_{ij} \geq 0,05$. Это означает, что выборки статистически совпадают (имеют общую генеральную совокупность).

В итоге в табл. 5 мы не имеем ни одной статистически различающейся пары выборок всех 5-ти признаков. Везде критерий Вилкоксона $p_{ij} \geq 0,05$. Выборки статистически совпадают. Очевидно, что в этом случае нет статистических различий, и это означает, что ДСН не может различать группы, которые клинически различаются.

Возникает неопределенность 1-го типа: статистика не показывает различий состояний пациен-

Таблица 5

Результаты попарного сравнения значений рангов допустимого уровня значимости биохимических параметров мужчин с помощью непараметрического критерия Вилкоксона ($P \geq 0,05$) [18]

	X ₁ (IgA г/л)	X ₂ (IgG г/л)	X ₃ (IgM г/л)	X ₄ (ФН нг/мл)	X ₅ (IgE Мед/л)
Группа 1 — группа 2	0,586181	0,244649	0,277531	0,459085	0,395753
Группа 1 — группа 3	0,806766	0,977345	0,777565	0,777565	0,649563
Группа 2 — группа 3	0,185017	0,170600	0,192986	0,395753	0,556580

тов (по анализу различных выборок), но медицина их различает (выделяет три группы больных).

Проблема системного синтеза (СС)

Во многих случаях в рамках современной ДСН возникают задачи, когда надо найти главные диагностические признаки. Однако найти их в рамках ДСН часто невозможно. Задача еще более усложнилась после доказательства ЭЭЗ и реальности неопределенности 1-го и 2-го типов.

В этом случае ДСН вообще не работает, но ее необходимо выполнить. В науке сейчас часто это делают гениальные люди. В этом случае мы говорим об эвристической работе мозга человека (его НСМ). Общего решения задачи СС в современной математике нет (ДСН не работает).

Рассмотрим эту фундаментальную проблему более подробно на конкретном примере из медицины. Подчеркнем, что мы специально берем пример из параметров гомеостаза (параметров крови больных ХАД), т.к. для многих функциональных систем мы это уже демонстрировали многократно (на примере нервно-мышечной системы — НМС и сердечно-сосудистой системы — ССС) [3–11].

Выше, в табл. 5, мы представили результаты попарного сравнения пяти условных показателей иммуноглобулинов у больных ХАД. Из этой таблицы следует, что ни одна пара не может показать критерий Вилкоксона $p_{ij} < 0,05$.

Это означает, что любая пара выборок этих x_i ($i=1, 2, \dots, 5$) не может статистически различаться, они имеют общую генеральную совокупность ($p_{ij} \geq 0,05$). Однако использование искусственной нейросети (ИНС) в двух особых режимах резко меняет эту ситуацию.

Подчеркнем, что сейчас ИНС довольно часто используется в режиме бинарной классификации. В этом случае могут сравниваться два набора выборок. Например, это задача решается с помощью ИНС при сравнении двух параметров (в кардиологии, например).

В нашем случае мы имеем 5 признаков x_i (их выборки) для одной группы и для другой. Например, в табл. 5 сравнивались группа 1 и группа 2. При этом все $p_{ij} \geq 0,2$, т. е. все выборки совпадали. Имеется неопределенность 1-го типа.

Очевидно, что в этом случае мы не можем ранжировать значимость признаков (статистика не работает). При этом вся ДСН не может быть использована из-за статистического совпадения выборок. Но ИНС в двух особых режимах решает эту задачу. Эти режимы связаны с хаосом и реверберациями ИНС [24–30].

В табл. 6 мы представляем статистически усредненные веса (w_i) признаков x_i после 50-ти итераций (настройки ИНС). Эти итерации реализовывались в режиме задания хаоса начальных весов w_i признаков x_i . Для каждой (новой) итерации задавались w_i хаотично из интервала $w_i \in (0,1)$.

В итоге мы получали по 50 значений весов признаков w_i и такие выборки статистически обрабатывали. В табл. 6 имеются параметры порядка (главные диагностические признаки). Это: x_5 — IgE (его $\langle w_5 \rangle = 0,45$) и x_4 — ФН (его $\langle w_5 \rangle = 0,305$). У этих двух признаков наибольшие веса, а остальные показывают $\langle w_i \rangle < 0,1$, т. е. они имеют малое значение для диагностики различий групп 1 и 2.

Характерно, что в статистике эти два признака имели $p_{ij} = 0,459$ и $p_{ij} = 0,396$ соответственно. Это мало отличается от IgA, который в табл. 6 имеет средний вес $\langle w_1 \rangle = 0,094$. Иными словами, в статистике эти два признака очень слабо информативны, но в ИНС они имеют главные значения (это и есть параметры порядка).

Подчеркнем, что эти два новых режима ИНС следуют из ЭЭЗ, в котором мы рассматриваем хаос выборок и нам требуется многократно повторно регистрировать и анализировать многочисленные выборки.

Таблица 6

Результаты 50-ти обучений (парное сравнение) нейронной сети (ранговые значения в у. е.)
биохимических параметров крови пациентов (n=18) [18]

	IgA	IgG	IgM	ФН	IgE
Группа 1 – группа 2	0,093800	0,098800	0,085800	0,304800	0,418800

Очевидно, что хаос и многократные реверберации являются основой работы мозга, его НСМ. И это мы доказали по анализу электроэнцефалограмм (ЭЭГ). Именно выборка ЭЭГ везде демонстрирует хаос и многократные повторения. В покое мозг не может находиться. Хаос и реверберации — это основа работы НСМ, и мы это перенесли в ИНС. Работа ИНС в этих двух особых режимах обеспечила нам нахождение главных диагностических признаков (x_5 и x_4). Это в статистике (и ДСН в целом) невозможно.

Заключение

Доказательство отсутствия статистической устойчивости выборок любых параметров любых функций организма человека приводит к появлению четырех фундаментальных проблем для всей современной науки. Во-первых, невозможно применить теорию динамических систем для описания и прогнозирования (а это главное!) биосистем. Это фундаментальная проблема для ДСН, и она сразу делает бесполезными все модели в биомедицине.

Во-вторых, доказывается отсутствие динамического хаоса Лоренца у СТТ, на что очень надеялись ряд нобелевских лауреатов (I. R. Prigogine, M. Gell-Mann, В. Л. Гинзбург, R. Penrose). Это полностью закрывает проблему дальнейшего использования ДУ, РУ (и т. д.) в описании любых неустойчивых биосистем. Вся ТДС не работает для описания СТТ.

В-третьих, возникают неопределенности 1-го и 2-го типов, которые невозможно разрешать в рамках современной науки. Нужна новая (третья по W. Weaver) наука для описания и прогнозирования СТТ — Complexity. Мы предлагаем ТХС.

В-четвертых, человечество подошло к решению задач системного синтеза. В этом случае необходимо создавать новый математический аппарат для разрешения неопределенности 1-го и 2-го типов, нахождения параметров порядка (главных диагностических признаков в биомедицине), нахождения русел и джокеров. Все это требует создания новой науки для описания биосистем в биомедицине. В ТХС все это становится возможным.

ЛИТЕРАТУРА

- Bernstein N. A. *The Coordination and Regulation of Movements*. Oxford, New York: Pergamon Press; 1967. 196 p.
- Weaver W. Science and Complexity. *American Scientist*. 1948;36(4):536–544.
- Башкатова Ю. В., Филатов М. А., Шакирова Л. С. Состояние сердечно-сосудистой системы спортсменов при нагрузке на Севере Российской Федерации. *Экология человека*. 2020;6:41–45. DOI: 10.33396/1728-0869-2020-6-41-45.
- Grigorenko V. V., Nazina N. B., Filatov M. A., Chempalova L. S., Tretyakov S. A. New Information Technologies in the Estimation of the Third Type Systems. *Journal of Physics: Conference Series*. 2021;1889:032003. DOI: 10.1088/1742-6596/1889/3/032003.
- Филатов М. А., Иляшенко Л. К., Колосова А. И., Макеева С. В. Стохастический и хаотический анализ параметров внимания учащихся разных экологических зон. *Экология человека*. 2019;7:11–16. DOI: 10.33396/1728-0869-2019-7-11-16.
- Filatov M. A., Poluhin V. V., Shakirova L. S. Identifying Objective Differences Between Voluntary and Involuntary Motion in Biomechanics. *Human. Sport. Medicine*. 2021;21(1):145–149. DOI: 10.14529/hsm210118.
- Хадарцева К. А., Филатов М. А., Мельникова Е. Г. Проблема однородности выборок параметров сердечно-сосудистой системы приезжих на Севере Российской Федерации. *Экология человека*. 2020;7:27–31. DOI: 10.33396/1728-0869-2020-7-27-31.

8. Филатова О. Е., Еськов В. М., Галкин В. А., Музиева М. И., Кухарева А. Существуют ли отличия классификации систем искусственного интеллекта? *Сложность. Разум. Постнеклассика*. 2022;1:48–59. DOI: 10.12737/2306-174X-2022-50-61.
9. Буданов В. Г., Асеева И. А., Зотов В. В. Моделирование социотехнической конвергенции в цифровых сетевых пространствах: возможности и риски. *Сложность. Разум. Постнеклассика*. 2022;1:60–72. DOI: 10.12737/2306-174X-2022-62-70.
10. Козлова В. В., Галкин В. А., Филатов М. А., Еськов В. М. Моделирование нейросетей мозга с позиций гипотезы W. Weaver. *Сложность. Разум. Постнеклассика*. 2021;1:59–68. DOI: 10.12737/2306-174X-2021-52-59.
11. Филатова О. Е., Галкин В. А., Башкатова Ю. В., Шакирова Л. С. Новые возможности нейрокомпьютеров в биомедицине. *Сложность. Разум. Постнеклассика*. 2021;3:5–16. DOI: 10.12737/2306-174X-2021-5-14.
12. Еськов В. В., Галкин В. А., Гавриленко Т. В., Юшкевич Д. П., Поросинин О. И. Моделирование неопределенностей в рамках компартментно-кластерной теории. *Сложность. Разум. Постнеклассика*. 2021;4:85–94. DOI: 10.12737/2306-174X-2022-61-72.
13. Еськов В. М., Филатова О. Е., Галкин В. А., Филатов М. А., Чиркова Р. В. Возможны ли инварианты в теории хаоса-самоорганизации? *Сложность. Разум. Постнеклассика*. 2022;1:84–94. DOI: 10.12737/2306-174X-2022-79-89.
14. Хадарцев А. А., Галкин В. А., Башкатова Ю. В., Гавриленко Т. В. Фундаментальные источники непредсказуемости для биосистем у M. Gell-Mann. *Сложность. Разум. Постнеклассика*. 2022;1:95–108. DOI: 10.12737/2306-174X-2022-90-102.
15. Газя Г. В., Еськов В. В. Искусственные нейросети в оценке возрастных изменений. *Вестник новых медицинских технологий*. 2022;29(1):101–105. DOI: 10.24412/1609-2163-2022-1-101-105.
16. Еськов В. В., Газя Г. В., Асриев Е. А. Возрастные аспекты изменения параметров кардиоритма женского населения Севера РФ. *Вестник новых медицинских технологий*. 2022;29(2):100–103. DOI: 10.24412/1609-2163-2022-2-100-103.
17. Газя Г. В., Еськов В. В., Галкин В. А., Филатова О. Е. Состояние сердечно-сосудистой системы работников нефтегазовой отрасли в условиях действия промышленных электромагнитных полей. *Вестник новых медицинских технологий*. 2022;29(2):104–108. DOI: 10.24412/1609-2163-2022-2-104-108.
18. Коннов П. Е., Филатов М. А., Поросинин О. И., Юшкевич Д. П. Использование искусственных нейросетей в оценке актинического дерматита. *Вестник новых медицинских технологий*. 2022;29(2):109–112. DOI: 10.24412/1609-2163-2022-2-109-112.
19. Prigogine I. R. *The End of Certainty: Time, Chaos, and the New Laws of Nature*. The Free Press; 1996.
20. Gell-Mann M. Fundamental Sources of Unpredictability. *Complexity*. 1997;3(1):13–19.
21. Гинзбург В. Л. Какие проблемы физики и астрофизики представляются сейчас особенно важными и интересными (тридцать лет спустя, причем уже на пороге XXI века)? *Успехи физических наук*. 1999;169:419–441. DOI: 10.3367/UFNr.0169.199904d.0419.
22. Eskov V. M., Filatov M. A., Gazya G. V., Stratan N. F. Artificial Intellect with Artificial Neural Networks. *Russian Journal of Cybernetics*. 2021;2(3):44–52. DOI: 10.51790/2712-9942-2021-2-3-6.
23. Filatova O. E., Bashkatova Yu. V., Shakirova L. S., Filatov M. A. Neural Network Technologies in System Synthesis. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2021;1047:012099. DOI: 10.1088/1757-899X/1047/1/012099.
24. Kozlova V. V., Galkin V. A., Filatov M. A. Diagnostics of Brain Neural Network States from the Perspective of Chaos. *Journal of Physics Conference Series*. 2021;1889(5):052016 DOI: 10.1088/1742-6596/1889/5/052016.
25. Khromushin V. A., Pyatin V. F., Eskov V. V., Ilyashenko L. K., Vokhmina Yu. V. New Principles in the Operation of Neural Emulators in Medical Diagnosis. *Biomedical Engineering*. 2019;53(2):117–120.
26. Filatova O. E. Standardizing Measurements of the Parameters of Mathematical Models of Neural Networks. *Measurement Techniques*. 1997;40(1):55–59. DOI: 10.1007/BF02505166.
27. Eskov V. V., Pyatin V. F., Eskov V. V., Ilyashenko L. K. Heuristic Work of the Brain and Artificial Neural Networks. *Biophysics*. 2019;64(2):293–299. DOI: 10.1134/S0006350919020064.
28. Filatova O. E. Measurement and Control Facilities for Investigating Neuron Systems. *Measurement*

- Techniques*. 1998;41(3):229–232. DOI: 10.1007/BF02503888.
29. Vokhmina Y. V., Eskov V. M., Gavrilenko T. V., Filatova O. E. Measuring Order Parameters Based on Neural Network Technologies. *Measurement Techniques*. 2015;58(4):462–466. DOI: 10.1007/S11018-015-0735-X.
30. Eskov V. M. Models of Hierarchical Respiratory Neuron Networks. *Neurocomputing*. 1996;11(2–4):203–226. DOI: 10.1016/0925-2312(95)00048-8.