

микро- и мезоуровня подтвердила ее основные положения и рекомендации. Фрактально-кластерная теория и модели, разработанные на ее основе, будут являться доминирующими при прогнозе развития ЭС, в которых нельзя или затруднительно оценить в стоимостном отношении продукт данной системы (образовательные заведения, фундаментальные исследования и т.д.). для ЭС – «затраты – выпуск», где с высокой степенью вероятности можно прогнозировать выпускаемый продукт и оценивать эффективность ЭС (рентабельность производства, продаж, ВРП, ВВП и т.д.), будут доминировать традиционные экономико-математические модели межотраслевого баланса. Для данного класса ЭС предложенная фрактально-кластерная теория и разработанные на ее основе модели могут использоваться в качестве вспомогательного инструментария анализа управления ЭС. Анализ развития биологических организмов на основе разработанных фрактально-кластерных критериев позволил выявить три фундаментальных закономерности: вероятностный закон возникновения биологических организмов; эволюционный и энергетический.

Литература

1. Бурдаков В.П. Эффективность жизни.– М.: Энергоиздат, 1997.

2. Волов В.Т. Фрактально-кластерная теория управления образовательными структурами.– Казань: Изд-во Казанского гос. ун-та, 2000.

3. Волов В.Т. Экономика. Флуктуации и термодинамика.– Самара: Изд-во СНЦ РАН, 2001.

4. Гленсдорф П., Пригожин И. Термодинамическая теория структуры, устойчивости и флуктуации.– М.: Мир, 1973.

5. Стратонович Р.Л. Нелинейная неравновесная термодинамика.– М.: Наука, 1985.

References

1. Burdakov VP. Effektivnost' zhizni. Moscow: Energoizdat; 1997. Russian.

2. Volov VT. Fraktal'no-klasternaya teoriya upravleniya obrazovatel'nymi strukturami. Kazan': Izd-vo Kazanskogo gos. un-ta; 2000. Russian.

3. Volov VT. Ekonomika. Fluktua-tsii i termodinamika. Samara: Izd-vo SNTs RAN; 2001. Russian.

4. Glensdorf P, Prigozhin I. Termodinamicheskaya teoriya struktury, ustoychivosti i fluktuatsii. Moscow: Mir; 1973. Russian.

5. Stratonovich RL. Nelineynaya neravnovesnaya termodinamika. Moscow: Nauka; 1985. Russian.

DOI: 10.12737/6725

НОВЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ХАОТИЧНОСТИ БИОСИСТЕМ

Ю.Г. БУРЫКИН, Н.П. ГОРЛЕНКО, В.В. ЕСЬКОВ, В.П. КОЩЕЕВ, А.С. ПАШНИН

*ГБОУ ВПО «Сургутский государственный университет ХМАО-Югры»,
пр. Ленина, д. 1, г. Сургут, Россия, 628412*

Аннотация. Демонстрируется невозможность использования традиционных стохастических методов в оценке параметров сложных биосистем – complexity. Их амплитудно-частотные характеристики, автокорреляционные функции $A(t)$, экспоненты Ляпунова, статистические функции распределения $f(x)$ непрерывно изменяются. На фоне такой хаотической динамики параметров треморограмм, кардиограмм, теппинграмм, миограмм и др. параметров гомеостаза можно наблюдать некоторую упорядоченность в динамике этих процессов. Эта упорядоченность проявляется в изменениях числа пар совпадений выборок, которые получают при измерениях указанных процессов. Поскольку все стохастические характери-

стики непрерывно изменяются, то предлагается использовать расчет статистических функций распределения при повторях серий одинаковых экспериментов. В этом случае число совпадений пар выборок (возможности их отнесения к одной генеральной совокупности) будет количественно представлять механизм перехода от хаоса к порядку или изменения доли хаоса в организации движений и биоэлектрической активности мышц. Демонстрируется ряд характерных примеров из области сравнения матриц парного сравнения при различных физиологических состояниях организма обследуемых испытуемых.

Ключевые слова: гомеостаз, квазиаттрактор, треморограмма, теппинграмма.

NEW ESTIMATION METHOD OF DEGREE OF CHAOS IN BIOSYSTEMS

JU.G. BURYKIN, N.P. GORLENKO, V.V. ESKOV, V.P. KOSHHEEV, A.S. PASHNIN

Surgut State University, Lenina, 1, Surgut, Russia, 628412

Abstract. Potential application of traditional and stochastic methods in assessment of parameters of complex biosystem – complexity is presented. Their amplitude-frequency characteristics, autocorrelation functions $A(t)$, Lyapunov exponents, statistical distribution function $f(x)$ constantly change. In spite of such chaotic dynamics in recorded parameters of tremor, tapping, cardiograms, myograms and other parameters of homeostasis, an order in the dynamics of these processes can be observed. The order is revealed in a change of numbers of sample overlaps that are obtained as a result of some processes. Owing to all the stochastic characteristics constantly change, calculation method for statistical distribution functions with repetitions of identical experimental sets is proposed. In this case, number of sample overlaps (their belonging to the same general population) will numerically present the transition mechanism to order out of chaos or the variation of chaos degree in movement formation and electrobiological muscular activity. The current work shows some typical examples of different physiological human states presented in a form of matrices of paired comparison.

Key words: homeostasis, quasiattractor, tremor, tapping.

Введение. Традиционно считается, что при включении сознания в организацию движений, при наличии цели в двигательном акте, такое движение мы можем считать произвольным. Наоборот, если движение происходит без участия сознания, спонтанно, то мы говорим о непроизвольном движении. С этих позиций *теппинг* – это типичное произвольное движение, а *постуральный* или патологический *тремор* – это непроизвольное движение [4-10].

Однако, наличие цели еще не гарантирует достижения этой цели и тогда желаемое (цель) начинают выдавать за действительность (якобы произвольное движение). Именно такая ситуация наблюдается с *теппингом*, при котором каждое движение не может быть повторено точно. Более того, если мы будем анализировать серии опытов с *теппингом*, например, 15 серий у одного и того же испытуемого подряд, то мы получим 15 наборов разных выборок, 15 наборов *амплитудно-частотных*

характеристик (АЧХ) и 15 наборов автокорреляционных функций $A(t)$, для которых можно осуществить суперпозицию.

С другой стороны, если сравнивать *постуральный тремор* (многие его считают непроизвольным движением, хотя имеется цель) и *теппинг* (многие его относят к произвольным движениям), то с позиций стохастики между ними нет существенных различий. Все стохастические характеристики для этих двух видов движений постоянно изменяются (хаотически), но эти два вида движений не являются хаотическими в общепринятом (в современной теории хаоса) понимании (это мы покажем ниже).

Таким образом, возникает сразу две дискуссионные проблемы. Первая – что такое произвольное и непроизвольное движение (где граница произвольности в организации движений и как организуется произвольная непроизвольность *тремора* и *теппинга*?); Вторая – что такое *системы*

третьего типа (СТТ), которые нельзя описывать в рамках детерминизма (функциями, уравнениями и т.д.), и в рамках стохастичности (АЧХ, автокорреляционные функции), и в рамках современной теории хаоса (нет положительных экспонент Ляпунова, нет сходимости к нулю автокорреляционных функций, нет выполнения *cashing property* и нет инвариантности мер)?

Вторая проблема очень тесно связана с первой, т.к. произвольность движений подразумевает возможность повторения в рамках детерминизма, когда в фазовом пространстве мы можем легко попасть в исходную точку или воспроизвести фазовую траекторию (хотя бы часть ее) или в режимах стохастичности, когда выборки с определенной вероятностью могут принадлежать одной генеральной совокупности или статистические функции $f_i(x)$ будут совпадать.

Итак, мы имеем две проблемы, но они разного уровня: первая касается биомеханики и физиологии, вторая затрагивает математические основы всего естествознания (речь идет об описании любых функций живых систем, т.к. они все относятся к СТТ). Естественно, что в одном сообщении мы не можем представить результатов всех наших длительных исследований (более 40 лет), но затронуть основные моменты мы постараемся. В первую очередь это касается невозможности использования детерминистского, стохастического и хаотического подходов в описании живых систем, жизни вообще. Живые системы не объект *детерминистско-стохастического подхода* (ДСП) [5-10].

1. Почему СТТ нельзя описывать с позиций детерминизма, стохастичности и хаоса? Ответ на этот вопрос сразу дадим для *детерминистского* подхода, т.к. он наиболее простой. В ряде наших предыдущих работ мы особым образом выделили пять основных свойств (характеристик, процессов), которые выделяют СТТ из ряда всех известных в науке систем. Если кратко, то речь идет во-первых о компартментно-кластерном строении СТТ [3]. На этой основе Н. Накен пытался построить всю свою синергетику (мы не работаем с отдельным элементом сложной системы [11],

а только со всей системой (компартментом, кластером в нашей интерпретации). На этом постулате Еськовым В.М. была построена компартментно-кластерная теория биосистем [3]. Во-вторых, все СТТ демонстрируют «*glimmering property*», когда их вектор состояния $x=x(t)=(x_1, x_2, \dots, x_m)^T$ в фазовом пространстве состояний совершает непрерывное, хаотическое движение и $dx/dt \neq 0$ постоянно! Это означает, что СТТ уникальные системы. I.R. Prigogine [15] утверждал, что уникальные системы – это не объект науки!. В-третьих – все СТТ эволюционируют и в-четвертых, эта эволюция телеологически предопределена (СТТ движутся к своему *квазиаттрактору*). В-пятых, СТТ обладают уникальными свойствами выходить не только за пределы 3-х сигм, но и 10-ти сигм, 20-ти (об этом писал N. Talleb в [16], когда приводил пример с экономическим кризисом 1987 г. в мире). У нас имеются примеры выхода СТТ за пределы 100 и более сигм, что для стохастичности является фантастическими примерами (процессы, выходящие за 3-сигмы стохастичности уже не изучает!).

Обладая всеми этими 5-ю особыми свойствами (и принципами организации), мы сразу теряем возможность детерминистского описания любой такой СТТ. Но особенно все усложняется из-за второго свойства (принципа) СТТ, когда $dx/dt \neq 0$, и невозможно дважды повторить любую траекторию развития системы в фазовом пространстве состояний. Если мы не можем повторить произвольно начальное состояние системы, т.е. $x(t_0)$ неповторимо, то мы не можем решать задачу Коши и даже стохастический подход нельзя применять (нет повторений испытаний, нет метода расчета частоты события и функций распределения). Покажем это на конкретном примере, хотя в рамках фазовой плоскости ученые университета Стэнфорда уже показывали многочисленные примеры [2], но там отсутствовали количественные зависимости, а впервые на это обратил внимание в 1-й половине 20-го века основоположник теории гомеостаза W.B. Cannon [1]. Он подчеркивал «относительность постоянства» гомеостазиса, но математическая трактовка

этого явления отсутствует и сейчас (мы пытаемся дать формулировку в рамках *третьей парадигмы*).

Если зарегистрировать одну треморограмму или теппинграмму от одного испытуемого, то мы получим некоторую выборку переменных $x_1(t)$ в виде положения конечности по отношению к датчику. При этом можно взять производную от $x_1(t)$ и получить $x_2(t)=dx_1(t)/dt$. В таком двумерном фазовом пространстве можно построить фазовые траектории, которые для каждого человека будут демонстрировать свои области фазового пространства $S=\Delta x_1 \times \Delta x_2$, где Δx_1 и Δx_2 вариационные размахи по переменным $x_i(t)$. Внутри таких *квазиаттракторов* эти переменные будут совершать непрерывные движения так, что $dx/dt \neq 0$ постоянно. Одновременно будут хаотически изменяться не только координаты вектора состояния такой системы $x=x(t)=(x_1, x_2)^T$, но и многие стохастические функции, которые общеприняты в традиционной науке. Речь идет в первую очередь о статистических функциях распределения $f(x)$. Это означает, что если мы будем получать треморограммы или теппинграммы от одного человека подряд, регистрируя их на равных интервалах времени $t_1=t_2=\dots=t_n$, то наборы статистических функций $f_i(x)$ для каждого такого интервала t_i будут разные. Более того, будут изменяться и все известные другие статистические характеристики. Биологически это означает непрерывную перестройку всей системы регуляции движения (хаос в системах управления) и это реальное свойство complexity о котором постулируется в третьей парадигме [5-10] в виде АЧХ, $A(t)$, нарушается инвариантность мер (нет «cashing property»).

Графически такая суперпозиция АЧХ, $A(t)$ для одного испытуемого представлена на рис. 1-В и рис 1-С. Эти два графика демонстрируют отсутствие возможности повторения не только двух произвольных движений, но и двух одинаковых серий таких (якобы произвольных) движений. Можно выделить некоторые характерные пики частот на рис. 1-В, но и они не могут быть повторены точно, а воспроизводятся хаотически. Очевидно, что для любых видов дви-

жения (*теппинга, тремора* и др.) автокорреляционные функции $A(t)$ не стремятся к нулю, а это значит, что мы имеем дело не с хаосом (т.к. для этих же процессов одновременно нет отрицательных констант Ляпунова, свойство перемешивания (cashing property) также не выполняется, а автокорреляционные функции не стремятся к нулю!). Наши коллеги из университета в Стэнфорде [2] попытались это сказать, но без модельного, количественного описания. Ими были представлены качественные результаты, а проблема математизации в описании complexity (СТТ) остается открытой.

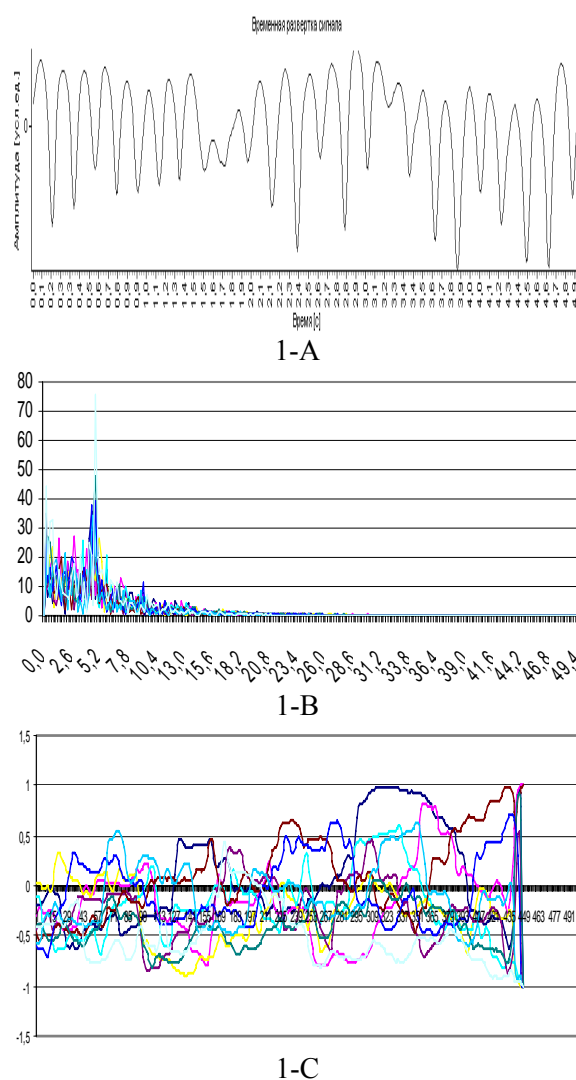


Рис. 1. Теппинг в рамках стохастики:
1-А – динамика координаты $x_1(t)$;
1-В – суперпозиция 15-ти серий (теппинграмм) от одного испытуемого; 1-С – суперпозиция 15-ти автокорреляционных функций от этого же испытуемого (его 15-ти теппинграмм)

руемых серий теппинграмм и треморограмм. Отметим, что для обычного *постурального тремора* доля «совпадений» пар всегда в 2-2,5 раза ниже (около 5%) и это еще одно отличие произвольности от непроизвольности (но граница различий весьма условна). Возникает закономерный вопрос: где граница произвольности. С позиций стохастического подхода в оценке хаоса движений всегда для *тремора* мы будем иметь число «совпадений» в 2-2,5 раза меньше, чем для *теппинга* и это будет мера оценки произвольности *теппинга* в сравнении с *тремором*. Хотя для патологического *тремора* (болезнь Паркинсона) такое различие уже не наблюдается.

Мы рассмотрели сотни треморограмм и сотни теппинграмм у одних и тех же испытуемых (при их повторении) с позиций традиционного стохастического подхода. Одновременно мы произвели сравнения (строились матрицы парных сравнений подобные табл. 1) для разных испытуемых, т.е. сравнивались между собой треморограммы и теппинграммы разных групп испытуемых. Однако, вместо ожидаемого увеличения числа пар, которые мы не можем отнести к одной генеральной совокупности, мы получали иногда для разных сравниваемых испытуемых даже некоторое увеличение числа пар «совпадений» функций распределения $f(x)$. В табл. 1 мы представляем среднестатистические примеры, когда число пар «совпадений» $N=6$, как бы одинаково, и это показывает около 5% таких пар из общего числа (вариационный размах от 2 до 11 пар совпадает в разных выборках).

В целом, существенных различий между матрицами сравнения пар разных испытуемых и набора выборок, получаемых от одного (каждого) испытуемого, не наблюдается. В этом случае можно сделать один вывод: механизмы организации якобы «произвольных» движений (*теппинг*), равно как и «непроизвольных» движений (*постуральный тремор*) приблизительно одинаковы у всех жителей Планеты. Он проявляется в том, что из хаоса состояний возникает некоторый порядок, но это не детерминированный и даже не стохастический порядок. Этот порядок проявляется в том,

что хаотическое движение конечности человека происходит внутри некоторого ограниченного объема фазового пространства состояний (*квазиаттрактора* – КА объемом $V_G = \prod_{i=1}^m \Delta x_i$, где Δx_i – вариационные размахи по каждой x_i -й координате всего вектора $x(t)$). Причем, организация *тремора* или *теппинга* такова, что выборки от одного испытуемого (при повторях $n=15$) и выборки от разных испытуемых демонстрируют глобальную общность: для тремора число совпадений около 5%, для теппинга (табл. 2) число совпадений около 10%. В целом, порядок из хаоса в организации движений тоже хаотический, т.к. $dx/dt \neq 0$ и все известные из стохастики характеристики (АЧХ, $A(t)$), константы Ляпунова, $f(x)$, *cashing property*) непрерывно и хаотически изменяются. Тогда возникает фундаментальный вопрос для естествознания: как можно измерить хаос? Сейчас в биофизической научной школе В.М. Еськова [5-10] разработаны 3 разных подхода для измерения хаоса: на основе теории рисков и полиномов Чебышева, путем расчета параметров *квазиаттракторов* V_G и на основе расчета матриц парного сравнения выборок при повторях измерений.

Таблица 2

Матрица парного сравнения по критерию Вилкоксона 15-ти выборок (теппинграмм), получаемых от одного испытуемого (GAS) при k=15 повторях, N=15

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		.261	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.003	.000	.000	.983	.000	.007
2	.261		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.026	.000	.000	.393	.000	.000
3	.000	.000		.000	.583	.124	.000	.230	.000	.000	.441	.000	.000	.000	.000
4	.000	.000	.000		.000	.000	.140	.000	.545	.000	.000	.000	.000	.000	.013
5	.000	.000	.583	.000		.081	.000	.173	.000	.000	.707	.000	.000	.000	.000
6	.000	.000	.124	.000	.081		.000	.032	.000	.000	.302	.000	.000	.000	.000
7	.000	.000	.000	.140	.000	.000		.000	.310	.000	.000	.000	.002	.000	.018
8	.000	.000	.230	.000	.173	.032	.000		.000	.000	.031	.045	.000	.006	.000
9	.000	.000	.000	.545	.000	.000	.310	.000		.000	.000	.000	.001	.000	.030
10	.003	.026	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000	.015	.004	.014	.000
11	.000	.000	.441	.000	.707	.302	.000	.031	.000	.000		.000	.000	.000	.000
12	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.045	.000	.015	.000		.000	.817	.000
13	.983	.393	.000	.000	.000	.000	.002	.000	.001	.004	.000	.000		.000	.004
14	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.006	.000	.014	.000	.817	.000		.000
15	.007	.000	.000	.013	.000	.000	.018	.000	.030	.000	.000	.000	.004	.000	

Последний из этого списка мы и представляем в настоящем сообщении. Из наших примеров следует, что существенных различий между выборками от разных испытуемых или от одного испытуемого (при повторных измерениях) нет. Механизм хаотически-самоорганизующейся регуляции *тремора* и *теппинга* у всех людей приблизительно одинаков. Однако, изменение физиологического состояния организма сразу приводит к резким изменениям. Очевидно, при этом затрагиваются интимные механизмы самоорганизации СТТ [6-10].

2. Практическое использование метода расчета матриц в оценке хаоса. В настоящее время собран огромный экспериментальный материал по оценке степени хаоса в организации не только биомеханических параметров человека, но и многих других параметров гомеостаза. К этим параметрам относятся: параметры *сердечно-сосудистой системы* (ССС), электромиограммы, энцефалограммы и нейрограммы человека и животных, находящихся в разных физиологических условиях, многие биохимические параметры человека, находящегося в условиях нормы или при патологических состояниях (более 20 нозологических единиц). Везде изменение гомеостаза приводит к изменению стохастических характеристик, регистрируемых хаотических процессов [1].

Таблица 3

Матрица сравнения миограммы 10×10 при сильном (не максимальном) напряжении с помощью критерия Вилкоксона

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		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
3	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		0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,02		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
7	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		0,11	0,03
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11		0,00
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	

В табл. 3 мы представляем матрицу парного сравнения при напряжении в кисти в

1/3 от максимального. Очевидно, что оба случая демонстрируют произвольное движение (сжатие кисти), но цели существенно различаются (1/3 усилий и *max* усилие). Итог очевиден – число пар «совпадений» (отношение выборок к одной генеральной совокупности) резко увеличивается в сравнении с меньшими усилиями. Задание цели резко изменяет картину перехода от хаоса к порядку, но порядок в этом случае символичен и оценивается числом k пар, демонстрирующих возможность совпадения их статистических функций распределения $f(x)$ [5-10].

В рамках такого подхода мы реально и количественно можем измерять роль и долю влияния сознания (и цели) на параметры хаотической регуляции любого процесса в организме человека (или животного). Доля стохастичности должна нарастать при появлении цели и можно измерять эту цель (и также ее достижение) количественно. Подчеркнем, если при мышечном сокращении такое измерение – это некоторая дополнительная опция (мы уже имеем динамометр!), то для *тремора* или *теппинга* других методов нет. Все стохастические и хаотические (принятое в современной теории хаоса) характеристики становятся бесполезными в описании *тремора*. Все АЧХ, $A(t)$, экспоненты Ляпунова, *cashing property* непрерывно и хаотически изменяются, т.к. для СТТ справедлив 2-й постулат: $dx/dt \neq 0$ и конкретное состояние $x(t)$ не имеет информационного значения. Точка в фазовом пространстве не несет никакой информации, т.к. она одна из триллионов других (вообще их число бесконечно) [6-9, 15, 16].

В последнем случае мы не просто имеем равномерное распределение $x(t)$ в ограниченной области фазового пространства (*квазиаттракторе*), но при этом хаотически мы будем наблюдать калейдоскоп (непрерывные изменения) функций распределения $f(x)$ для одинаковых по величине интервалов времени t_i . Все непрерывно изменяется и только повторные серии опытов нам могут в виде матриц парного сравнения продемонстрировать определенную закономерность: переход от хаоса к порядку в виде увеличения числа «совпадений». Это и есть переход от хаоса к порядку в трактовке других ученых [11-17], но с по-

зиций разрабатываемой сейчас *теории хаоса-самоорганизации*.

Выводы:

1. В живой природе существует огромное количество самоорганизующихся (и одновременно хаотических) систем, которые невозможно описывать в рамках традиционной науки (детерминистской, стохастической и даже в рамках современной разрабатываемой теории хаоса). Все стохастические характеристики (АЧХ, автокорреляционные функции $A(t)$, константы Ляпунова, cashing property) демонстрируют непрерывные хаотические изменения. Такие системы мы обозначаем как *системы третьего типа* – СТТ.

2. СТТ имеют 5 базовых свойств (принципов организации), которые ранжируются и главное из них – это $dx/dt \neq 0$ постоянно и непрерывно и тогда нет возможности повторения начального значения $x(t_0)$. Эти СТТ становятся уникальными системами (I.R. Prigogine отрицал возможность их научного изучения [15]) и они требуют других методов и моделей для описания и изучения.

3. Имеется ряд способов количественного изучения СТТ и один из них основан на стохастико-хаотическом изучении повторяющихся выборок, которые могут показать реально чем «произвольное» движение – *теппинг* отличается от «непроизвольного» движения – *постурального тремора*, чем отличается слабое мышечное усилие от максимального (по цели, т.е. субъективно их различие очевидно).

Литература

1. Cannon W.B. The wisdom of this body, New York, 1932.– p. 281.
2. Churchland M.M., Cunningham J.P., Kaufman M.T. and others. Neural population dynamics during reaching // Nature.– 2012.– V.487.– P. 51–56.
3. Eskov V.M. Models of hierarchical respiratory neuron networks // Neurocomputing.– 1996.– Vol. 11 (2-4). – P. 203–226.
4. Eskov V.M., Eskov V.V., Filatova O.E. Characteristic features of measurements and modeling for biosystems in phase

spaces of states // Measurement Techniques.– 2011.– V. 53(12). – P. 1404–1410.

5. Eskov V.M., Gavrilenko T.V., Kozlova V.V., Filatov M.A. Measurement of the dynamic parameters of microchaos in the behavior of living biosystems // Measurement Techniques.– 2012.– Vol. 55.– № 9.– P. 1096–1100.

6. Eskov V.M., Eskov V.V., Filatova O.E., Filatov M.A. Two types of systems and three types of paradigms in systems philosophy and system science // Journal of Biomedical Science and Engineering.– 2012.– Vol. 5.– № 10.– P. 602–607.

7. Eskov V.M., Eskov V.V., Ushakov V.F., Konrat O.N. Multidimensional phase space method in assessment of bronchial obstruction prevention in patients with cold bronchial asthma and mixed pathology in the North // Complexity. Mind. Postnonclassic.– 2013.– № 3.– P. 21–29.

8. Eskov V.M., Khadartsev A.A., Eskov V.V., Filatov M.A. Cognitive and heuristic brain activity modeling by neural emulator // Complexity. Mind. Postnonclassic.– 2014.– № 1.– P. 69–76. (DOI 10.12737/ issn. 2306 - 174X).

9. Eskov V.M. Evolution of the emergent properties of three types of societies: The basic law of human development // Emergence: Complexity and Self-organization.– 2014.– Vol. 16.– №2.– P. 107–115.

10. Eskov V.M., Eskov V.V., Gavrilenko T.V., Zimin M.I. Uncertainty in quantum mechanics and biophysics of complex systems // Moscow University Physics Bulletin.– 2014.– № 5.– P. 41–46.

11. Haken H. Principles of brain functioning: a synergetic approach to brain activity, behavior and cognition (Springer series in synergetics). Springer, 1995.– 349 P.

12. Mayr E.W. What evolution is / Basic Books; New York, 2001.– 349 p.

13. Penrose R. Newton, quantum theory and reality. In: Hawking, S.W. Israel, W.: 300 Years of Gravity. Cambridge University Press: Cambridge. 1987.

14. Prigogine I. The philosophy of instability // Futures, 1989.– P. 396–400.

15. Prigogine I. The Die Is Not Cast // Futures. Bulletin of the World Futures Studies Federation.– 2000.– Vol. 25.– № 4.– P. 17–19.

16. Taleb N. The black swan: the impact of the highly improbable / Random House; New York, 2007.– 401 p.

17. Weaver W. Science and Complexity. Rockefeller Foundation, New York City. American Scientist. 1948.– p. 36.

References

1. Cannon WB. The wisdom of this body, New York; 1932.

2. Churchland MM, Cunningham JP, Kaufman MT. and others. Neural population dynamics during reaching. Nature. 2012;487:51-6.

3. Eskov VM. Models of hierarchical respiratory neuron networks // Neurocomputing. 1996;11(2-4):203-26.

4. Eskov VM, Eskov VV, Filatova OE. Characteristic features of measurements and modeling for biosystems in phase spaces of states. Measurement Techniques. 2011;53(12):1404-10.

5. Eskov VM, Gavrilenko TV, Kozlova VV, Filatov MA. Measurement of the dynamic parameters of microchaos in the behavior of living biosystems. Measurement Techniques. 2012;55(9):1096-100.

6. Eskov VM, Eskov VV, Filatova OE, Filatov MA. Two types of systems and three types of paradigms in systems philosophy and system science. Journal of Biomedical Science and Engineering. 2012;5(10):602-7.

7. Eskov VM, Eskov VV, Ushakov VF, Konrat ON. Multidimensional phase space method in assessment of bronchial obstruction prevention in patients with cold

bronchial asthma and mixed pathology in the North. Complexity. Mind. Postnonclassic. 2013;3:21-9.

8. Eskov VM, Khadartsev AA, Eskov VV, Filatov MA. Cognitive and heuristic brain activity modeling by neural emulator. Complexity. Mind. Postnonclassic. 2014;1:69-76. DOI 10.12737/ issn. 2306 - 174X.

9. Eskov VM. Evolution of the emergent properties of three types of societies: The basic law of human development. Emergence: Complexity and Self-organization. 2014;16(2):107-15.

10. Eskov VM, Eskov VV, Gavrilenko TV, Zimin MI. Uncertainty in quantum mechanics and biophysics of complex systems. Moscow University Physics Bulletin. 2014;5:41-6.

11. Haken H. Principles of brain functioning: a synergetic approach to brain activity, behavior and cognition (Springer series in synergetics). Springer; 1995.

12. Mayr EW. What evolution is / Basic Books; New York; 2001.

13. Penrose R. Newton, quantum theory and reality. In: Hawking, S.W. Israel, W.: 300 Years of Gravity. Cambridge University Press: Cambridge; 1987.

14. Prigogine I. The philosophy of instability. Futures; 1989.

15. Prigogine I. The Die Is Not Cast. Futures. Bulletin of the World Futures Studies Federation. 2000;25(4):17-9.

16. Taleb N. The black swan: the impact of the highly improbable. Random House; New York; 2007.

17. Weaver W. Science and Complexity. Rockefeller Foundation, New York City. American Scientist; 1948.