

ДЕТЕРМИНИСТИЧЕСКИ-СТОХАСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД И ТРЕТЬЯ ПАРАДИГМА ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ В БИОМЕДИЦИНЕ

В.М. ЕСКОВ¹, А.А. ХАДАРЦЕВ², Ю.М. ПОПОВ³, М.А. ФИЛАТОВ⁴

¹ФГУ ФНЦ Научно-исследовательский институт системных исследований Российской Академии наук, пр-т Нахимовский, 36, Москва, Россия, 117218

²ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», медицинский институт, ул. Болдина, д. 128, г. Тула, 300012, Россия

³ФГБОУ ВО «Самарский государственный социально-педагогический университет», ул. М. Горького, 65/67, г. Самара, Россия, 443099

⁴БУ ВО ХМАО-Югры «Сургутский государственный университет», ул. Ленина, 1, Сургут, Россия, 628400

Аннотация. Успехи молекулярной биологии в целом и биофизики (на молекулярно-клеточном уровне) особо не способствуют пониманию феномена жизни. Достижения синергетики (Н. Хакен) и теории complexity (И. Пригожин) только усилили расхождения между физико-химическими представлениями о жизни и системными представлениями. Вместе с тем именно системный подход обеспечивает понимание эффектов живых объектов и особенно наиболее организованной и эволюционирующей её части – человека и человечества.

Ключевые слова: третья парадигма, эффект Еськова-Зинченко, хаос.

DETERMINISTIC-STOCHASTIC APPROACH AND THIRD PARADIGM OF NATURAL SCIENCES IN MEDICINE

V.M. ESKOV¹, A.A. KHADARTSEV², Yu.M. POPOV³, M.A. FILATOV⁴

¹Federal Science Center Scientific-research Institute for System Studies of the Russian Academy of Sciences, Nakhimovsky pr., 36, Moscow, Russia, 117218

²FSBEI HE "Tula State University", Medical Institute, Boldin Str., 128, Tula, 300012, Russia

³Samara State University of Social Sciences and Education, 65/67, Maxim Gorky St., Samara, Russia, 443099

⁴Surgut State University, Lenina pr., 1, Surgut, Russia, 628400

Abstract. The successes of molecular biology and biophysics (the molecular-cellular level) do not contribute to understanding the phenomenon of life. The achievements of synergetics (H. Haken) and complexity theory (I. Prigogine) reinforced the discrepancy between the physicochemical concepts of life and systemic concepts. At the same time, it is the systematic approach that provides an understanding of the effects of living objects, and especially the most organized and evolving parts of it - human and humanity.

Key words: third paradigm, the effect of Eskov-Zinchenko, chaos.

Введение. Человекомерные системы обладают уникальным свойством – непрерывным, хаотическим движением многих компонент вектора состояния (таких живых) систем $x = x(t)$. Учёт этого свойства приводит к отрицанию любых известных видов стационарных режимов (например, в виде $dx/dt=0$) и требует пересмотра понятия хаоса [1-10, 16-19].

В рамках третьей парадигмы и теории хаоса-самоорганизации (ТХС) сейчас

предлагается новый подход в понимании живых систем (в виде третьей парадигмы естествознания) и новые методы изучения живых систем (в виде теории хаоса-самоорганизации). Более того, сейчас возможно выделение точек соприкосновения физики и теории хаоса-самоорганизации на основе обобщенного принципа неопределённости и ограничений на параметры квазиаттракторов. Однако, остаётся открытым вопрос о соотношении

детерминистско-стохастического подхода (ДСП) и ТХС, о возможности использования метода и моделей ДСП в ТХС. Возникает соблазн вообще отказаться от ДСП при изучении систем третьего типа (СТТ), но полный релятивизм невозможен. Необходим синтез ДСП и ТХС вместе с третьей парадигмой [5-9, 14].

1. Новые аргументы в адрес ТХС.

Начиная от двух известных публикаций российских учёных [14, 17], связанных с попыткой обобщения и трактовки нового научного понимания жизни, особенностей живых систем в журналах, которые призваны эти темы освещать (УФН и Биофизика), в России открыта новая дискуссия в виде серии работ, связанных с главной темой всего естествознания – понимания человеком самого себя и других живых систем [12, 13, 17].

Очевидно, что момент начала формирования нового подхода и понимания этой глобальной проблемы настал, т.к. накопилось достаточное количество новых фактов, которые создают почву для новых размышлений, теорий и понятий. Детальное обоснование этого утверждения авторы представят ниже и специально, а в настоящем разделе следует отметить только два главных момента во всем этом новом калейдоскопе событий.

Во-первых, в американской научной печати уже появился ряд работ провокационных (для детерминистско-стохастического подхода – ДСП и всей традиционной науки) понятий и фактов. Речь идет в первую очередь о публикации группы ученых Stanford University в журнале Nature [23]. Внешне публикации [12, 17] и [23] – это разные работы, но речь идет об одном – о реальности (по классификации W.Weaver [34]) систем третьего типа (СТТ), которые существенно отличаются от традиционных ДСП-систем, изучаемых в физике, химии, технике.

Официального признания реальности СТТ авторы этих строк добиваются вот уже на протяжении 30 лет, но пока особых успехов на этом пути не достигнуто. Однако, вслед за признанием СТТ как со стороны биофизиков, так и со стороны ученых в области «чистой» физики, химии,

техники (т.е. ДСП-наук), должны последовать два других вопроса и ответы на них: «Как описывать, моделировать такие системы?» и «Имеет ли это все (реальность СТТ и их модели) какое-либо прагматическое (практическое) значение?».

Последние 20-30 лет авторы настоящего сообщения вместе со своими коллегами на многочисленных примерах демонстрируют положительные ответы на все три вопроса. Очевидно, что наши усилия, усилия биофизиков России, совместно с американскими коллегами, которые пытаются встать на позиции признания СТТ, должны привести к определенному научному результату. Подчеркнем, что взаимоотношения с физикой – это наиболее сложная и принципиальная проблема, т.к. признание реальности СТТ со стороны представителей ДСП положило бы началу активного изучения СТТ всем мировым сообществом (и не только учёными в области физики, химии и техники) [18, 19, 22].

Во-вторых, расширяется круг ученых, которые демонстрируют ограниченность и даже невозможность применения ДСП для описания СТТ, их особых свойств и динамики поведения. В первую очередь следует отметить серии работ Г.Р. Иваницкого и его коллег по проблеме биолого-иерархического отбора (БИО) и моделей возникновения хаотических структур в жидких средах (теплофизика камер, инфракрасные картины мира, модели хаотической эволюции в системах с памятью) [12, 13]. Вся серия этих работ связана с важнейшей проблемой эволюции живых систем, эволюцией, направленной на усложнение, на упорядочивание.

Проблема возникновения порядка из хаоса очень волновала и И.Р. Пригожина [32, 33], однако нобелевский лауреат не уделял особого внимания самоорганизации (самоструктурированию, которое Г.Р. Иваницкий и его коллеги демонстрируют уже на уровне молекул воды и далее на уровне кристаллогидратов). Однако, на это еще 65 лет назад обратил внимание W. Weaver [34], но дальнейшего продолжения усилия этого ученого не получили – организованная сложность остается не

изученной и в настоящее время с позиций ДСП-науки. Остаются одни декларации [5].

2. Сходство и различие между ДСП и ТХС.

Известная дискуссия между синергетикой (Н.Хакен) и теорией complexity (I.R. Prigogine) в рамках разрабатываемой нами сейчас третьей парадигмы [1-10] и теорией хаоса и самоорганизации (ТХС) – это иллюзия противоречивости, т.к. и Хакен, и Пригожин оставались в рамках понятий и определений ДСП [20, 32-34]. В разрабатываемой сейчас теории хаоса-самоорганизации нами постулируется, что хаос – это главнейшее свойство живых систем, равно как и самоорганизация, а вместе они образуют жизнь как антиэнтропийный процесс (по крайней мере, здесь энтропия ведет себя иначе, чем в ДСП-системах). Хаос и порядок (за счет самоорганизации), определенность и неопределенность, предсказуемость и принципиальная непредсказуемость (для живых систем) – все это составляет основу нового подхода, который должна развивать и биофизика, и физика (как фундамент науки о живых системах), и новые научные направления, которые мы определяем как теорию хаоса-самоорганизации [1-11, 15, 16, 24-27]. Именно на это обращал внимание и М. Gell-Mann в своем известном выступлении по проблеме непредсказуемости [28]. *В чем же заключается сходство и отличие систем третьего типа (сложных биосистем) от традиционных физических, химических и технических систем?* Попробуем ответить на этот вопрос в рамках чисто физических представлений.

Сразу отметим, что попытки выделить и описать системы третьего типа [20, 23, 29-34] производились давно. Если не считать (об этом уже было сказано выше) ученых древней Греции (все течет, все изменяется) и Китая (Конфуций и даосизм), то все разработчики общей теории систем (А.Богданов, Т. Котарбинский, Л. фон Берталанфи, Н. Винер и др.) многократно пытались формализовать описание СТТ, т.к. без этих систем нет живой природы,

нет социумов, общества, нет теории сложных систем.

Наиболее кратко и футурологически верно всю эту ситуацию описал Warren Weaver в своей выдающейся по качеству прогноза статье «Science and Complexity» [34]. Однако, за прошедшие 70 лет с момента ее опубликования ничего в науке существенного не произошло (в плане глобализации и всеобщего признания). Именно об этом один из авторов этих строк высказался в журнале «Emergence: Complexity and Organization» в память об этом выдающемся учёном, которого можно поставить в один ряд с Шэнноном и Пригожиным. Все современные достижения в изучении complexity остаются в рамках ДСП, а решение трёх задач, указанных во введении (признание СТТ, создания их моделей и возможности прогноза, практическое внедрение ТХС и других технологий на базе СТТ), остается без внимания. Возникает вопрос: это постоянное состояние всей нашей российской биологической (биофизической) науки? Таков удел всех наших достижений (вспомним непризнанные приоритеты в области изучения автоволновых процессов, алгоритма обучения нейроэмуляторов и т.д.)? Мы что-то создаем и демонстрируем первые, а потом приоритеты отдаются другим?

Ответы на эти вопросы мы увидим в ближайшем будущем, а сейчас рассмотрим в чем принципиальное отличие СТТ от ДСП-систем. При этом не будем детально останавливаться на особых свойствах СТТ и их 13-ти отличий от ДСП-объектов, т.к. все это было уже изложено в предыдущих работах авторов и наших коллег [1-4, 13-19], а выделим принципиальный момент, связанный с понятием науки вообще и борьбой с ненаукой в частности. И.Р. Пригожин в своем обращении к потомкам [34] указывал, что наука не занимается уникальными системами. С позиций ДСП (и третьей парадигмы, которая все это систематизировала [5]) следует, что наука занимается повторяющимися, воспроизводимыми объектами, процессами, системами, которые можно описывать

формальным аппаратом (наука требует моделей и математики) и на основе этих первых трех принципов (научности знаний) наука должна обеспечить прогноз будущего (при этом не отрицается возможность релятивизма, т.е. отрицания предыдущих моделей, теорий, прогнозов) [5-10, 24-27].

Все эти пять принципов или свойств (повторяемость, воспроизводимость, формализация (моделируемость), прогнозируемость и релятивизм) являются необходимыми атрибутами любых научных знаний, а уникальные процессы, действительно, под это все не попадают. Однако, они, т.е. уникальные системы и процессы, реально существуют и они находятся в природе в большинстве (это все живые и социальные системы, биосфера Земли, Вселенная). ДСП-системы не столь всеобщие и существуют локально (вообще говоря, в пределах наших допущений). При этом для СТТ отсутствует любая возможность произвольного (по желанию экспериментатора) или непроизвольного (повторяющиеся самостоятельно процессы в природе) воспроизведения не только промежуточных, но и конечных значений вектора состояния системы (ВСС) $x=x(t)=(x_1, x_2, \dots, x_m)^T$ в фазовом пространстве состояний (ФПС), а также и любого начального состояния $x(t_0)$.

Иными словами, ни $x(t_0)$, ни $x_i(t)$, как любые промежуточные значения ВСС, ни конечное состояние $x(t_k)$ для СТТ не повторимы и не воспроизводимы в принципе. Все это их существенно отличает от систем, изучаемых в физике, химии, технике. Однако, уже в рамках компартиментно-кластерной теории биосистем – ККТБ удалось создать новую теорию устойчивости биосистем, теорию идентификации степени синергизма в БДС и три новых метода идентификации параметров порядка (они отсутствуют в ДСП полностью) [1-11, 15, 16, 24-27].

Для СТТ справедлив 2-й постулат ТХС: любое конкретное состояние биосистемы (точка в ФПС) произвольно не повторимо и не воспроизводимо. Более того, любое $x_i(t)$ не прогнозируемо, а это уже свойство

хаотических систем, как отмечал М. Gell-Mann в своем известном выступлении [28]. Неповторяемые и невозпроизводимые системы с хаотической динамикой движения ВСС в ФПС не являются объектом моделирования в ДСП (здесь необходимо иметь возможность воспроизведения хотя бы начального состояния ВСС ($x(t_0)$)).

Второй постулат ТХС (или свойство непрерывного мерцания) принципиально отделяет СТТ от ДСП, но еще больший водораздел составляет свойство самоорганизации, которое обеспечивает хаотическую динамику ВСС в пределах определенных объемов V_G фазовых пространств состояний. Эти V_G мы представляем как квазиаттракторы – КА и они являются количественной характеристикой не только поведения, но и конкретного состояния СТТ. Более того, КА могут описывать эволюцию СТТ в фазовых пространствах, а это пока в ДСП не осуществляется [5-11, 24-27]. На базе понятия КА мы сейчас в ТХС вводим некоторые аналоги принципа неопределенности Гейзенберга, общеизвестного в физике элементарных частиц, которые всё-таки в физике можно описывать стохастическими функциями (в отличие от СТТ, где стохастика не эффективна).

В ТХС постулируется, что долго удерживать биосистему в пределах КА невозможно (из-за 3-го свойства СТТ – эволюции), т.к. сами КА хаотически движутся в ФПС (это движение образует макрохаос или хаос второго рода в других временных интервалах) [24-27]. Одновременно, любая СТТ имеет компартиментно-кластерную структуру, которую на молекулярном уровне с 1982 г. развивает Г.Р. Иваницкий с коллегами, вводя понятия иерархичности и дискретности в правило БИО (биолого-иерархического отбора) и с 1969 Н. Накен, развивая синергетику для макросистем.

Специально для первого постулата Н. Накен (мы не работаем с отдельными элементами системы, а только с пулами (кластерами, компартаментами)) автором настоящего сообщения была разработана

компаратментно-кластерная теория биосистем (ККТБ) [5, 9, 11, 26], которая математически реализовала только один (первый) принцип ТХС из всех пяти, которые декларируются в рамках третьей парадигмы [5]. Однако, уже реализация только этого принципа обеспечила получение целого ряда новых результатов в идентификации стационарных режимов СТТ, свойств их синергизма, параметров порядка и ряда других свойств, которые сейчас отсутствуют в ДСП для описания complexity [11, 15-16, 24-27].

В целом, эти пять принципов (или свойств СТТ) в виде: компартментно-кластерной организации, glimmering property, эволюции, телеологичности и возможности выхода за пределы 3-х сигм (имеются примеры выхода за 20 сигм) – все эти базовые пять свойств приводят физику и биофизику к необходимости признания реальности СТТ. Эти пять свойств, их отличия от ДСП-систем, требуют особых теорий и моделей для описания и прогноза СТТ. В рамках третьей парадигмы и разрабатываемой сейчас теории хаоса-самоорганизации, такие модели строятся и используются в практической работе врача, биолога-исследователя.

Основу здесь составляет расчет параметров порядка, которые в медицине можно трактовать как наиболее важные диагностические признаки x_i , составляющие координаты вектора состояния системы (ВСС) $x=x(t)=(x_1, x_2, \dots, x_m)^T$. Последний находится в непрерывном и хаотическом движении в пределах некоторых ограниченных объемов фазовых пространств состояний, которые, в разрабатываемой нами теории хаоса-самоорганизации мы определяем как квазиаттракторы. Как вводятся эти понятия и в чём их отличия и сходство с общепринятыми в физике понятиями? На эти вопросы кратко ответим в этом сообщении, но более подробно можно ознакомиться в ряде специальных публикаций авторов [1-11, 15, 16, 24-27].

Итак, в рамках ТХС сейчас постулируется непрерывное хаотическое движение ВСС в ФПС, но за счет самоорганизации биосистем это движение

происходит в пределах КА. Смысл КА несколько подобен смыслу частоты $P^*(A)$ события A , которая как-то может представлять вероятность события A , т.е. $P(A)$, но в рамках теоремы Бернулли это представление весьма приблизительное (особенно при малых выборках).

Для нормального распределения частота $P^*(A)$ сходится по вероятности к вероятности $P(A)$. Однако, если в рамках детерминистско-стохастического подхода число испытаний мы можем повторять сколь угодно большое число раз n (т.е. $n \rightarrow \infty$), то в ТХС биосистема не может долго находиться в пределах одного КА. С течением времени сам КА, его параметры эволюционируют (вместе с эволюцией самой биологической динамической системы – БДС). Эта эволюция (движение КА в ФПС) носит хаотический характер и в ТХС мы постулируем наличие двух видов хаоса (двух темпоральных видов): как кратковременное мерцание (микрохаотическое движение ВСС в ФПС за период времени τ) в пределах краткосрочного КА, а на больших интервалах времени T ($T \gg \tau$) как эволюцию КА в ФПС, при которой конечное состояние биосистемы полностью не определено (нет информации о моменте прекращения жизни объекта, о его состоянии перед смертью). При этом сам КА «дрейфует» в другие области ФПС и этот дрейф демонстрирует макрохаотическую динамику СТТ [4-9, 15, 16, 24, 25].

В целом, для любых живых организмов невозможно повторить дважды не только конечное состояние ($x(t_k)$), но и любое начальное состояние ($x(t_0)$). Все БДС являются уникальными системами, о которых И.Р. Пригожин говорил как об объектах, не изучаемых наукой [32-34]. Однако, сейчас в рамках ТХС мы такие СТТ изучаем, описываем параметрами квазиаттракторов и изучаем динамику эволюции этих КА в ФПС на больших интервалах времени T . В этой связи возникают уже указанные выше базовые вопросы: как теория хаоса-самоорганизации связана с традиционной ДСП-наукой имеются ли какие-либо

отличия между физикой, химией, техникой и ТХС? Для ответа на этот вопрос достаточно рассмотреть два базовых понятия квантовой физики: определенность (или неопределенность) и прогнозируемость (или непрогнозируемость) [1-11, 24-27]. Рассмотрим первую часть вопроса о связи ДСП и ТХС или имеются ли *физические аналогии в теории хаоса-самоорганизации?*

3. Некоторые аналогии с квантовой механикой. В своем известном выступлении М.Gell-Mann [28] акцентировал внимание на возможности прогнозируемости (или непрогнозируемости) в динамике сложных систем. При этом в квантовой механике имеются принципиальные ограничения на динамику поведения сопряженных (для биосистем – это обычные фазовые координаты x_i любого ВСС) физических величин в виде условия неопределенности Гейзенберга. Например, для фазовых координат в виде координаты частицы $x_1=x$ и ее скорости $x_2=dx/dt$ в фазовом пространстве вектора $x(t)=(x_1, x_2)^T$ мы имеем нижнюю границу $\Delta x_1 \times \Delta x_2 \geq \hbar/4\pi$, если для данной частицы её массу условно нормировать ($m=1$).

В терминах ТХС это означает наличие некоторого объема ФПС – квазиаттрактора (КА), площадь которого ограничивает движение x_1 и x_2 снизу за счет особых свойств элементарных частиц (их неопределённости, которая характерна и для СТТ) [5, 9].

Для БДС мы также имеем сходные ограничения, но обычно и снизу, и сверху, т.е. существуют нижние границы квазиаттрактора $\Delta S_{min} = \Delta x_1^1 \times \Delta x_2^1$ и верхние границы квазиаттрактора $\Delta S_{max} = \Delta x_1^2 \times \Delta x_2^2$. Нижние и верхние границы КА определяют динамику поведения конкретного объекта (биосистемы) и они являются характеристикой самого биообъекта. При этом теряется универсальность, свойственная физическим объектам (принцип неопределенности универсален для всех элементарных частиц). В ТХС постулируется: все биосистемы уникальны и для них необходимо определять индивидуальные параметры (КА, их

динамику изменения). Иными словами, биофизика отличается от физики индивидуальностью систем, но понятие КА можно ввести и в физике, и в биофизике [9, 15-16, 24-27].

Всегда для биосистем можно определить объемы фазовых пространств, внутри которых происходит непрерывное хаотическое движение вектора состояния конкретной биосистемы. И если в физике компонентами этого вектора могут быть сопряженные величины (например, координата положения частицы $x_1=x(t)$ и ее скорость $x_2=dx_1/dt$ при условии, что массу конкретной частицы гипотетически мы нормируем, т.е. $m=1$), то для БДС мы имеем множество примеров такого же фазового пространства с координатами x и dx/dt .

Для треморограмм, кардиограмм, электроэнцефалограмм и электромиограмм мы вводим $x(t)=(x_1, x_2)^T$ в виде аналогий обобщенной координаты (x_1) и скорости ее изменения (x_2). Для многих других типов ФПС мы повышаем размерность фазового пространства ($m>2$) и получаем некоторый критический (ограничивающий) объём граничного квазиаттрактора в виде произведений Δx_i :

$$V_G = \prod_{i=1}^m \Delta x_i \quad (1)$$

Во многих случаях координатами ФПС могут быть просто биохимические параметры крови или других биологических жидкостей, параметры гомеостаза в целом. Любые параметры вектора состояния организма человека (ВСОЧ), которые характеризуют гомеостаз организма человека, могут образовывать m -мерное фазовое пространство состояний (ФПС), внутри которого мы будем наблюдать хаотическое и непрерывное движение ВСОЧ – $x(t)$. При этом для каждого организма и для каждого особого состояния этого организма (находящегося в состоянии нормогенеза гомеостаза или в состоянии патогенеза) мы будем иметь свои константы ограничения на параметры квазиаттракторов (объемы ФПС, внутри которых хаотически движется ВСОЧ $x(t)$). При этом КА будет являться некоторым аналогом частоты события $P^*(A)$, но

истинный аттрактор ВСОЧ мы никогда не определим из-за эволюции БДС [9].

Хаос БДС фундаментален, но параметры этого хаоса в виде констант V_G являются реальными характеристиками физического (психического, экологического) состояния любой функциональной системы организма человека и гомеостаза в целом [5-9, 11].

Сохраняя идеологию квантовой физики в виде ограничений на размеры аттракторов ($\Delta x_1 \times \Delta x_2 \geq h/4\pi$), мы для каждой БДС будем иметь свои особые значения аналогов $h/4\pi$, которые мы сейчас будем обозначать как V_G . Эти значения V_G (константы БДС для их конкретного состояния) при этом будут характеристиками состояния СП, т.е. они будут характеризовать данный организм (конкретный ВСОЧ) и условия, в которых данная БДС находится. Это не универсальные физические константы, а постоянные величины для данного организма, находящегося в данных физических, химических, экологических условиях (или в данных условиях нормогенеза или патогенеза).

Сколько человек на Планете, столько будет таких биоконстант V_G для каждой особой биосистемы (системы регуляции тремора, состояния мозга данного человека – его электроэнцефалограммы, его электромиограммы, его биохимических показателей крови). С этого начинается индивидуальная медицина, психология, физиология, экология человека. С этого начинается ТХС и третья парадигма естествознания [9].

Ограничения на параметры квазиаттракторов для реальных биосистем при этом мы будем накладывать не только снизу, но и сверху, т.е. можем представлять две константы V_{Gmin} и V_{Gmax} , если БДС претерпевает какие-либо внутренние изменения. Например, по конкретной треморограмме мы всегда можем указать верхнюю границу $\Delta x_1 \times \Delta x_2 < V_{Gmax}$. Однако, при этом будет существовать и нижняя граница в регистрируемой треморограмме, т.к. Δx_1 и Δx_2 не могут принимать нулевые значения, $\Delta x_i \neq 0$. Нулевые значения интервала любой фазовой координаты x_i любой БДС обозначает переход от жизни к

смерти, когда все градиенты выравниваются и организм становится обычным термодинамическим объектом (достигает максимума энтропии) [6]. При этом будет $dx/dt=0$, что для СТТ невозможно [1-9].

Стремление к термодинамическому равновесию – базовое свойство физического тела, а живые системы, конкретно СТТ, должны уходить от таких стационарных значений. Для живых БДС энтропия S должна минимизироваться, а число управлений, сложность и упорядоченность (за счет самоорганизации) должны нарастать, как это отмечает и Г.Р. Иваницкий [12, 13], и В.В. Смолянинов [17]. Чем больше внутренних связей и управляющих контуров, тем сложнее система и тем дальше она отстоит от термодинамического равновесия, особенно если эта система обладает памятью, как отмечается в [12, 13].

Неравновесность, хаос вместе с самоорганизацией, нарастанием сложности и числом внутренних связей и состояний – это характеристики жизни. Рекордсменом таких систем (с памятью!) является мозг человека, который по нашим расчётам имеет число состояний, превышающих 10^{100} , т.к. последние годы произошла переоценка общего числа нейронов мозга (из-за мозжечка). Огромное число независимых состояний нейросетей мозга порождает огромное число (разнообразие) управляющих воздействий на эфферентные системы. Последние, в свою очередь, и сами тоже могут демонстрировать бесконечное (собственное) разнообразие своих состояний и поведения ВСС в ФПС. Хаос нейросетей мозга (но в пределах квазиаттракторов), как систем управления, порождает хаос в управляемых системах и никакой определённости и прогнозируемости мы для СТТ получить в принципе не можем. В этом заключается некоторая общность с динамикой поведения элементарных частиц: аттракторы известны, но конкретное состояние не имеет смысла, а состояние покоя, когда $dx/dt=0$, для частицы не достижимо, как и для любой СТТ (всегда $dx/dt \neq 0$). Недостижимость абсолютного

нуля в физике является ещё одним аналогом для биосистем, т.к. для них абсолютный покой (в виде $dx/dt=0$) соответствует смерти организма – потери свойств живого. Сложные живые системы должны находиться в непрерывном движении по своим фазовым координатам, но в пределах квазиаттракторов. Представим практические примеры использования такого подхода.

Поскольку в рамках нового подхода (ТХС) мы доказываем существование непрерывного хаотического движения вектора состояния $x=x(t)$ любой сложной биосистемы, в том числе и биомеханической системы, как сложной системы (complexity), то это означает отсутствие стационарных режимов биосистем в принципе (т.е. $dx/dt \neq 0$ всегда) и принципиальной невозможности любого произвольного движения. Например, человек пытается удержать руку с пальцем, к которому прикреплена металлическая пластина, взаимодействующая с токовихревым датчиком, но стационарный режим (в виде $dx/dt=0$) не осуществим для такой биосистемы. Это означает, что произвольное движение (в данном случае произвольное удержание пальца в точке пространства) не может быть в принципе реализовано произвольно – оно реализуется хаотически, в виде $dx/dt \neq 0$. Аналогично мы имеем картину хаотической динамики и при теппинге, когда испытуемый в максимальном по скорости режиме совершает периодические колебательные движения пальцем. По цели теппинг – это произвольное движение, но по реализации – характерный пример хаотического движения. В целом, в рамках ТХС, мы сейчас постулируем непрерывную хаотическую динамику поведения ВСС в ФПС, но в пределах квазиаттракторов для любых БДС.

Возникает вопрос об информационной значимости параметров измерения хаоса в таких (якобы произвольных) движениях. Целью серии таких исследований было доказательство информационной значимости измерения параметров хаоса в оценке якобы (в трактовке современной биомеханики и физиологии) произвольных

движений – теппинга и на основании разрабатываемого нового метода измерений параметров движения, демонстрация клинической значимости подобных измерений для идентификации нормы и патологии. Одновременно мы демонстрируем произвольность любого «произвольного» движения человека!

Испытуемому предъявлялось два типа заданий по произвольному движению пальца в вертикальном направлении (теппинг). В первом случае палец испытуемого должен был касаться поверхности токовихревого датчика, который взаимодействовал с пластиной (крепится к кончику пальца). Фактически, испытуемый ударял этой пластиной по поверхности датчика и эти движения производились с максимально возможной частотой движения в вертикальном направлении. Во втором случае испытуемый не должен был касаться поверхности датчика, двигая пальцем по вертикали с максимальной частотой.

Фактически, эти два движения различаются степенью произвольности: в первом случае имеется физическое ограничение в нижней точке (из-за удара о датчик), во втором случае степень произвольности резко возрастает, здесь уже произвольно (по цели!) испытуемый ограничивает движение пальца сам как в верхней точке, так и в нижней. С физической точки зрения испытуемый имеет одну степень свободы, т.е. по оси y . Однако, движение в первом случае жестко управляется (ограничивается) в нижней точке, а во втором случае – произвольно испытуемый ограничивает движения пальца и в нижней, и верхней точке. При этом, наша экспериментальная установка прецизионно регистрирует и координату $x_1=y(t)$, и координату $x_2=dy(t)/dt$. Однако, на фазовой плоскости строились фазовые траектории, которые ограничивались прямоугольником сверху $\Delta S = \Delta x_{1max} * \Delta x_{2max}$, где отрезки по осям x_1 и x_2 определялись как границы интервалов измерения координат x_1 и x_2 [6-9].

Заключение. Исходя из принципов ТХС, которые мы изложили ранее [1-10, 15, 16, 24-27], мы постулируем, что

предельные площади квазиаттракторов ΔS являются индивидуальными характеристиками каждого испытуемого (они зависят и от физиологического, психического, физического состояния обследуемого). С физической точки зрения эти параметры $x(t)$ являются биологическим аналогом для принципа неопределённости Гейзенберга, когда на сопряженные координаты (x и dx/dt) вводится ограничение не сверху, а снизу.

В соотношении Гейзенберга известное неравенство может быть индивидуальным для каждого объекта, если его массу m перенести в правую часть неравенства и записать:

$$\Delta x \cdot \Delta v \geq h/4\pi m, \quad (2)$$

где x – координата, v – скорость изменения этой координаты.

Таким образом, аналогии между квантовой механикой и ТХС весьма выразительны и они основываются на неопределённости координаты и скорости изменения объекта, которые эквивалентны координате и скорости изменения параметра любого биологического объекта. При этом неравенство (2) имеет выраженный индивидуальный смысл (для каждой частицы с массой m имеем свой предел аттрактора неопределённости $h/4\pi m$). Применительно к теппингу (впрочем, и для тремора, и для любых других, якобы «произвольных», движений) мы получаем сходную картину в виде индивидуальных квазиаттракторов V_G , в других случаях x_1 не имеет биомеханического смысла.

Литература

- Буданов В.Г., Еськов В.М. Постнеклассика и третья парадигма естествознания // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2019. – № 1. – С. 53-61.
- Буданов В.Г., Майстренко Е.В., Тен Р.Б., Повторейко В.В., Горбунова М.Н. Роль знаний в развитии социальных систем // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2018. – № 1. – С. 52-56.
- Буданов В.Г., Попов Ю.М., Шелим Л.И., Журавлева О.А. Философские аспекты проблемы гомеостатичности // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2017. – № 3. – С.71-82
- Буданов В.Г. Синергетическая парадигма и ее творцы // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2018. – № 3. – С. 56-72.
- Еськов В.М. Третья парадигма. Часть I. / Самара: Изд-во ООО «Офорт» (Гриф РАН), 2011. – 250 с.
- Еськов В.М., Галкин В.А., Филатова О.Е. Complexity: хаос гомеостатических систем. / Под ред. Г.С. Розенберга. Самара: Изд-во ООО «Порто-принт», 2017. – 388 с.
- Еськов В.М., Зинченко Ю.П., Филатова О.Е. Признаки парадигмы и обоснование третьей парадигмы в психологии // Вестник Московского университета. Серия 14: Психология. – 2017. – № 1. – С. 3-17.
- Еськов В.М., Попов Ю.М., Якунин В.Е. Конец определенности в естествознании: хаос и самоорганизация complexity // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2017. – № 1. – С. 64-74.
- Еськов В.М., Галкин В.А., Филатова О.Е. Конец определенности: хаос гомеостатических систем / Под ред. Хадарцева А.А., Розенберга Г.С. Тула: изд-во Тульское производственное полиграфическое объединение, 2017. – 596 с.
- Еськов В.В., Дронова Е.В., Митюшкина О.А., Светлова С.Ю. Сложные динамические биомедицинские системы. Возможности их анализа с помощью инструментов теории хаоса и самоорганизации систем // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2017 – № 4. – С. 112-136.
- Еськов В.В., Пятин В.Ф., Филатова Д.Ю., Башкатова Ю.В. Хаос параметров гомеостаза сердечно-сосудистой системы человека / Самара: Изд-во ООО «Порто-Принт», 2018. – 312 с.
- Иваницкий Г.Р. XXI век: что такое жизнь с точки зрения физики // УФН. – 2010. – Т. 180, № 4. – С. 337-369.
- Иваницкий Г.Р. Вирази закономерностей. Правило БИО – стержень науки / Г.Р. Иваницкий; [отв.

- ред. А.Б. Медвинский]; Ин-т теорет. и экспер. биофизики РАН, Пушинский гос. ун-т Минобрнауки РФ (М.: Наука, 2011).
14. Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г. Нелинейная динамика и проблемы прогноза // Вестник РАН. – 2001. – Т 71, № 3. – С. 210-224.
 15. Попов Ю.М., Полухин В.В., Шелим Л.И., Сазонова Н.Н. Системный социально-философский анализ в России с позиций третьей парадигмы // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2018. – № 2. – С. 49-58.
 16. Попов Ю.М., Хвостов Д.Ю., Муравьева А.Н., Гумарова О.А. Роль парадигм и методологии в развитии науки. Неизбежность 3-й парадигмы // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2018. – № 4. – С. 34-43.
 17. Смолянинов В.В. Об истоках некоторых спорных биофизических концепций (что такое жизнь с разных точек зрения) // Биофизика. – 2010. – Т. 55, № 3 – С. 563-576.
 18. Степин В.С. Типы научной рациональности и синергетическая парадигма // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2013. – № 4. – С. 35-44.
 19. Стёпин В.С., Еськов В.М., Буданов В.Г. Новые представления о гомеостазе и эволюции // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2016. – № 3. – С. 52-58.
 20. Хакен Г. Синергетика как мост между естественными и социальными науками (перевод Е.Н. Князевой) // В сб. Синергетическая парадигма. Человек и общество в условиях нестабильности. – 2003. – С. 106-123.
 21. Bertalanffy L. von. General Theory of Systems: Application to Psychology // Social Science. Information sur les Sciences Sociales. – 1967. – Vol. VI (6). – Pp. 125-126.
 22. Castells M. The Rise of the Network Society, The Information Age: Economy, Society and Culture Vol. I. Malden, MA; Oxford, UK: Blackwell, 2009. – 624 p.
 23. Churchland M. M. et al. Neural population dynamics during reaching // Nature. – 2012. – Vol. 487. – Pp. 51-56.
 24. Eskov V.M. Evolution of the emergent properties of three types of societies: The basic law of human development // E:CO Emergence: Complexity and Organization. – 2014. – Vol. 16(2). – Pp. 107-115.
 25. Eskov V.M., Eskov V.V., Vochmina J.V., Gavrilenko T.V. Evolution of chaotic dynamics of collective modes as a way of behavioral description of living systems // Moscow University Physics Bulletin. – 2016. – Vol. 16(2). – Pp. 143-154.
 26. Eskov V.M., Filatova O.E., Eskov V.V., Gavrilenko T.V. The Evolution of the Idea of Homeostasis: Determinism, Stochastics and Chaos–Self-Organization // Biophysics. – 2017. – Vol. 62(5). – Pp. 809-820.
 27. Eskov V.V., Filatova D.Yu., Ilyashenko L.K., Vochmina Yu.V. Classification of uncertainties in modeling of complex biological systems // Moscow University Physics Bulletin. – 2019. – Vol. 74(1). – Pp. 57-63.
 28. Gell-Mann M. Fundamental Sources of Unpredictability // Complexity. – 1997– Vol. 3(1). – Pp.13-9.
 29. Glansdorf P., Prigogine I. Thermodynamic Theory of Structure, Stability and Fluctuations. – М: "Mir", 1973. – 280 p.
 30. Haken H. Principles of brain functioning: a synergetic approach to brain activity, behavior and cognition (Springer series in synergetics). Springer, 1995. – 349 p.
 31. Mayr E.W. What evolution is / Basic Books; New York, 2001. – 349 p.
 32. Prigogine I.R. The philosophy of instability // Futures. –1989. – Pp. 396-400.
 33. Prigogine I.R. The Die Is Not Cast // Futures. Bulletin of the World Futures Studies Federation. – 2000. –Vol. 25(4). – Pp.17-19.
 34. Weaver W. Science and Complexity // American Scientist. – 1948. – Vol. 36(4). – Pp. 536-544.

References

1. Budanov V.G., Es'kov V.M. Postneklassika i tret'ya paradihma estestvoznaniya [Postnonclassics and the third paradigm of natural science] // Slozhnost'. Razum.

- Postneklassika [Complexity. Mind. Postnonclassic]. – 2019. – No. 1. – S. 53-61.
2. Budanov V.G., Maistrenko E.V., Ten R.B., Povtoreiko V.V., Gorbunova M.N. Rol' znaniy v razvitiy sotsial'nykh sistem [The role of knowledge in the development of social systems] // Slozhnost'. Razum. Postneklassika [Complexity. Mind. Postnonclassic]. – 2018. – No. 1. – S. 52-56.
 3. Budanov V.G., Popov Yu.M., Shelim L.I., Zhuravleva O.A. Filosofskie aspekty problemy gomeostatichnosti [Philosophical aspects of the problem of homeostaticity] // Slozhnost'. Razum. Postneklassika [Complexity. Mind. Postnonclassic]. – 2017. – No. 3. – S.71-82.
 4. Budanov V.G. Sinergeticheskaya paradigma i ee tvortsy [Synergetic paradigm and its creators] // Slozhnost'. Razum. Postneklassika [Complexity. Mind. Postnonclassic]. – 2018. – No. 3. – S. 56-72.
 5. Es'kov V.M. Tret'ya paradigma. Chast' I [The third paradigm. Part I] / Samara: Izd-vo OOO «Ofort» (Grif RAN), 2011. – 250 s.
 6. Es'kov V.M., Galkin V.A., Filatova O.E. Complexity: khaos gomeostaticeskikh sistem [Complexity: chaos of homeostatic systems] / Pod red. G.S. Rozenberga. Samara: Izd-vo OOO «Porto-print», 2017. – 388 s.
 7. Es'kov V.M., Zinchenko Yu.P., Filatova O.E. Priznaki paradigmy i obosnovanie tret'ei paradigmy v psikhologii [Signs of a paradigm and justification of the third paradigm in psychology] // Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 14: Psikhologiya [Moscow University Bulletin. Series 14: Psychology]. – 2017. – No. 1. – S. 3-17.
 8. Es'kov V.M., Popov Yu.M., Yakunin V.E. Konets opredelennosti v estestvoznanii: khaos i samoorganizatsiya complexity [The end of certainty in natural science: chaos and self-organization complexity] // Slozhnost'. Razum. Postneklassika [Complexity. Mind. Postnonclassic]. – 2017. – No. 1. – S. 64-74.
 9. Es'kov V.M., Galkin V.A., Filatova O.E. Konets opredelennosti: khaos gomeostaticeskikh sistem [The end of certainty: the chaos of homeostatic systems] / Pod red. Khadartseva A.A., Rozenberga G.S. Tula: izd-vo Tul'skoe proizvodstvennoe poligraficheskoe ob"edinenie, 2017. – 596 s.
 10. Es'kov V.V., Dronova E.V., Mityushkina O.A., Svetlova S.Yu. Slozhnye dinamicheskie biomeditsinskie sistemy. Vozmozhnosti ikh analiza s pomoshch'yu instrumentov teorii khaosa i samoorganizatsii sistem [Complex dynamic biomedical systems. The possibilities of their analysis using the tools of chaos theory and self-organization of systems] // Slozhnost'. Razum. Postneklassika [Complexity. Mind. Postnonclassic]. – 2017 – No. 4. – S. 112-136.
 11. Es'kov V.V., Pyatin V.F., Filatova D.Yu., Bashkatova Yu.V. Khaos parametrov gomeostaza serdechno-sosudistoi sistemy cheloveka [Chaos of human cardiovascular system homeostasis parameters] / Samara: Izd-vo OOO «Porto-Print», 2018. – 312 s.
 12. Ivanitskii G.R. XXI vek: chto takoe zhizn' s tochki zreniya fiziki [21st century: what is life from the point of view of physics] // UFN [Physics – Uspekhi]. – 2010. – T. 180, No. 4. – S. 337-369.
 13. Ivanitskii G.R. Virazhi zakonomernostei. Pravilo BIO – sterzhen' nauki [Turns of laws. Rule BIO - the core of science] / G.R. Ivanitskii; [otv. red. A.B. Medvinskii]; In-teoret. i eksper. biofiziki RAN, Pushchinskii gos. un-t Minobrnauki RF (M.: Nauka, 2011).
 14. Kurdyumov S.P., Malinetskii G.G. Nelineinaya dinamika i problemy prognoza [Nonlinear dynamics and forecasting problems] // Vestnik RAN [Bulletin RAS]. – 2001. – T 71, No. 3. – S. 210-224.
 15. Popov Yu.M., Polukhin V.V., Shelim L.I., Sazonova N.N. Sistemnyi sotsial'no-filosofskii analiz v Rossii s pozitsii tret'ei paradigmy [Systematic socio-philosophical analysis in Russia from the standpoint of the third paradigm] // Slozhnost'. Razum. Postneklassika [Complexity. Mind. Postnonclassic]. – 2018. – No. 2. – S. 49-58.
 16. Popov Yu.M., Khvostov D.Yu., Murav'eva A.N., Gumarova O.A. Rol' paradigmy i metodologii v razvitiy nauki. Neizbezhnost' 3-i paradigmy [The role of paradigms and methodology in the development of science. Inevitability of the 3rd paradigm] // Slozhnost'. Razum. Postneklassika [Complexity. Mind. Postnonclassic]. – 2018. – No. 4. – S. 34-43.

17. Smolyaninov V.V. Ob istokakh nekotorykh spornykh biofizicheskikh kontseptsii (chto takoe zhizn' s raznykh toчек zreniya) [About the origins of some controversial biophysical concepts (what life is from different points of view)] // *Biofizika* [Biophysics]. – 2010. – Т. 55, No. 3 – S. 563-576.
18. Stepin V.S. Tipy nauchnoi ratsional'nosti i sinergeticheskaya paradigm [Types of scientific rationality and a synergistic paradigm] // *Slozhnost'. Razum. Postneklassika* [Complexity. Mind. Postnonclassic]. – 2013. – No. 4. – S. 35-44.
19. Stepin V.S., Es'kov V.M., Budanov V.G. Novye predstavleniya o gomeostaze i evolyutsii [New ideas about homeostasis and evolution] // *Slozhnost'. Razum. Postneklassika* [Complexity. Mind. Postnonclassic]. – 2016. – No. 3. – S. 52-58.
20. Khaken G. Sinergetika kak most mezhduestestvennyimi i sotsial'nymi naukami (perevod E.N. Knyazevoi) [Synergetics as a bridge between the natural and social sciences (translation by EN Knyazeva)] // *V sb. Sinergeticheskaya paradigma. Chelovek i obshchestvo v usloviyakh nestabil'nosti* [In coll. Synergetic paradigm. Man and society in conditions of instability]. – 2003. – S. 106-123.
21. Bertalanffy L. von. General Theory of Systems: Application to Psychology // *Social Science. Information sur les Sciences Sociales*. – 1967. – Vol. VI (6). – Pp. 125-126.
22. Castells M. The Rise of the Network Society, The Information Age: Economy, Society and Culture Vol. I. Malden, MA; Oxford, UK: Blackwell, 2009. – 624 p.
23. Churchland M. M. et al. Neural population dynamics during reaching // *Nature*. – 2012. – Vol. 487. – Pp. 51-56.
24. Eskov V.M. Evolution of the emergent properties of three types of societies: The basic law of human development // *E:CO Emergence: Complexity and Organization*. – 2014. – Vol. 16(2). – Pp. 107-115.
25. Eskov V.M., Eskov V.V., Vochmina J.V., Gavrilenko T.V. Evolution of chaotic dynamics of collective modes as a way of behavioral description of living systems // *Moscow University Physics Bulletin*. – 2016. – Vol. 16(2). – Pp. 143-154.
26. Eskov V.M., Filatova O.E., Eskov V.V., Gavrilenko T.V. The Evolution of the Idea of Homeostasis: Determinism, Stochastics and Chaos–Self-Organization // *Biophysics*. – 2017. – Vol. 62(5). – Pp. 809-820.
27. Eskov V.V., Filatova D.Yu., Ilyashenko L.K., Vochmina Yu.V. Classification of uncertainties in modeling of complex biological systems // *Moscow University Physics Bulletin*. – 2019. – Vol. 74(1). – Pp. 57-63.
28. Gell-Mann M. Fundamental Sources of Unpredictability // *Complexity*. – 1997–Vol. 3(1). – Pp.13-9.
29. Glansdorf P., Prigogine I. Thermodynamic Theory of Structure, Stability and Fluctuations. – M: "Mir", 1973. – 280 p.
30. Haken H. Principles of brain functioning: a synergetic approach to brain activity, behavior and cognition (Springer series in synergetics). *Springer*, 1995. – 349 p.
31. Mayr E.W. What evolution is / Basic Books; New York, 2001. – 349 p.
32. Prigogine I.R. The philosophy of instability // *Futures*. –1989. – Pp. 396-400.
33. Prigogine I.R. The Die Is Not Cast // *Futures. Bulletin of the World Futures Studies Federation*. – 2000. –Vol. 25(4). – Pp.17-19.
34. Weaver W. Science and Complexity // *American Scientist*. – 1948. – Vol. 36(4). – Pp. 536-544.