

I. БИОМЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ И СИНЕРГЕТИКА

DOI: 10.12737/2306-174X-2022-5-16

ОРГАНИЗАЦИЯ ДВИЖЕНИЙ: ХАОС ИЛИ СТОХАСТИКА

В.В. ЕСЬКОВ¹, В.А. ГАЛКИН², Т.В. ГАВРИЛЕНКО¹,
М.А. ФИЛАТОВ¹, И.С. САМОЙЛЕНКО¹¹БУ ВО ХМАО-Югры «Сургутский государственный университет», ул. Ленина, 1, Сургут, Россия, 628400, e-mail: firing.squad@mail.ru²ФГУ «ФНЦ Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук». Обособленное подразделение «ФНЦ НИИСИ РАН» в г. Сургуте, ул. Базовая, 34, г. Сургут, Россия, 628400

Аннотация. Физиология и биомеханика активно используют последние 100-150 лет различные методы статистики. Однако, еще в 1948 году выдающийся биомеханик 20-го века Н.А. Бернштейн выдвинул гипотезу о «повторении без повторений» в организации движений. Через год, один из основоположников теории информации W. Weaver вообще предложил вывести все биосистемы за пределы детерминистской и стохастической науки. Однако только 20 лет назад началось доказательство этих двух гениальных гипотез. Был доказан эффект Еськова-Зинченко, в котором показано отсутствие статистической устойчивости любых выборок любых параметров функций организма. В частности, это четко проявляется в организации любых движений.

Ключевые слова: стабильность выборок, тремор, эффект Еськова-Зинченко.

MOVEMENTS ORGANIZATION: CHAOS OR STOCHASTICS

V.V. ESKOV¹, V.A. GALKIN², T.V. GAVRILENKO¹, M.A. FILATOV¹, I.S. SAMOILENKO¹¹Surgut State University, Lenina pr., 1, Surgut, Russia, 628400, e-mail: firing.squad@mail.ru²Federal research center for scientific research institute of system research of the Russian Academy of Sciences, Special division in Surgut, Bazovaya Str. 34, Surgut, Russia, 628400

Abstract. Physiology and biomechanics last 100-150 years ordinary use different stochastic methods. But in 1948 year N.A. Bernstein (outstanding biomechanics) presents the hypothesis about “repetition without repetition” for moving organization. One year last and W. Weaver presents the hypothesis about of third type of systems (biosystems) which are not objects of modern in science. It was proved this hypothesis of W. Weaver according to Eskov-Zinchenko effect. The effect presents absent of stochastic stability of any samples of any human body parameters. So it was proved the reality of N.A. Bernstein and W. Weaver propositions.

Key words: sample stability, tremor, Eskov-Zinchenko effect.

Введение. Последние 100-150 лет в физиологии нервно-мышечной системы (НМС) и в биомеханике активно используются различные методы статистики и модели на базе теории динамических систем [1-7].

Напомним, что нобелевский лауреат (в области теории НМС) A.V. Hill в своей фундаментальной работе «*Why biophysics*» [32] обосновывал использование методов теории динамических систем (ТДС) во всей биофизике и биологии. Однако основная

теория в изучении НМС и в биомеханике – это стохастическая теория.

В 1947 году Н.А. Бернштейн выступил с гипотезой о «повторении без повторений» у любого движения [25]. Однако он не дал точного количественного описания этой гипотезе. Через год W. Weaver предложил вывести все биосистемы (включая и НМС) из области детерминистской и стохастической науки (ДСН) и создать новую (третью) науку [39].

За 50 лет после этих публикаций никто даже не пытался проверить гипотезу Н.А. Бернштейна (повторение без повторений) и *W. Weaver* (биосистемы не объект науки – ДСН [39]). Однако, двадцать лет назад мы начали доказывать эти гипотезы сначала в биомеханике [9-18], а затем и в физиологии НМС [12-16]. В итоге, был доказан эффект Еськова-Зинченко в виде отсутствия статистической устойчивости выборок треморограмм (ТМГ) [10-19] и электромиограмм (ЭМГ) [12-16].

1. Возникновение реальной **Uncertainty** в организации движений.

В 1947 году Н.А. Бернштейн выпустил монографию [25], в которой он обосновал невозможность повторения любого движения. При этом выдающийся биомеханик 20-го века не представил никаких количественных доказательств своей гипотезе о «повторении без повторений» [25].

Н.А. Бернштейн представил серьезные физиологические доказательства своей гипотезы в виде реальности пяти систем регуляции движений (системы *A, B, C, D, E*). Он говорил, что это разные системы и они могут хаотически (произвольно) включаться и выключаться в организации любого движения человека [25].

В итоге, возникла гипотеза (о «повторении без повторений»), которую никто за 50 лет даже не пытался доказать экспериментально. О каких «повторениях» следует говорить и о каких «неповторениях» говорил Н.А. Бернштейн? Можно ли говорить более точно о детерминистском или стохастическом «повторении».

Подчеркнем, что до настоящего времени в биомеханике и физиологии НМС все ученые используют или теорию динамических систем (детерминистский подход) или статистику. Других моделей и подходов во всей биомедицине пока нет. Об этом четко в 1948 году сказал один из основателей теории информации *W. Weaver* [39].

Более 70-ти лет назад он дал общую классификацию систем живой и неживой природы, в которой особо выделил системы третьего типа (СТТ) – биосистемы [39]. Это

было его гениальной гипотезой: СТТ – не объект современной детерминистской и стохастической науки (ДСН). Вторая его гипотеза: для СТТ будет создана третья (новая) наука [7], также осталась без внимания.

Обе эти гипотезы взаимосвязаны и они следуют из общей классификации всех систем у *W. Weaver*. Он предложил выделить системы первого типа (СПТ) – детерминистские системы, системы второго типа (СВТ) – стохастические системы и СТТ- биосистемы. Эти СТТ не могут быть объектом ДСН [39].

Никаких доказательств этому *W. Weaver* не представил. Это были гипотезы, на которые более 50-ти лет никто не обращал внимания. Однако, 20 лет назад мы начали активно изучать и проверять эти гипотезы *W. Weaver* и Н.А. Бернштейна [9-18]. Ключевым словом здесь является «повторение» у Бернштейна [25].

При этом надо было ответить на два вопроса: о каких «повторениях» (повторениях чего?) и «неповторениях» может идти речь? Как что-то может не повторяться: точно (в рамках детерминизма) или приближенно (в рамках рассуждений *W. Weaver* [39]).

Действительно, СПТ (детерминистские) могут описываться вектором состояния биосистемы $x=x(t)=(x_1, x_2, \dots, x_m)^T$ в m -мерном фазовом пространстве состояний (ФПС). В таком ФПС точка $x(t_f)$, которая представляет конечное состояние СПТ в ФПС, может быть многократно (и точно!) повторена, если мы знаем начальное состояние $x(t_0)$ системы и уравнение для описания СПТ.

В детерминизме любой процесс может быть повторен (точно) как для $x(t_f)$, так и для $x(t_0)$ по известному уравнению (дифференциальному, интегральному, разностному и т.д.). В детерминизме все точно задано и повторяется. Но в стохастике этого уже нет. Для СВТ мы можем повторять $x(t_0)$ и сам процесс, но получить точного повторения $x(t_f)$ уже невозможно.

Поэтому *W. Weaver* и ввел понятие *Disorganized Complexity* для СВТ. Однако, в стохастике мы можем (по определенным

правилам статистики) повторить выборку $x(t_f)$. После многих повторов опыта получается выборка $x(t_f)$ и эта выборка может быть повторена на втором интервале времени измерения Δt_2 . Первая выборка получена на Δt_1 ($\Delta t_1 = \Delta t_2$).

Подчеркнем, что для биосистем мы никогда не можем повторить одну точку $x(t_f)$ любой выборки. Но есть правила сравнения выборок в статистике. При этом сразу появляются множество *Complexity* и неопределенностей для СВТ. Например, выборки никогда (по точкам) точно не повторяются. Это уже большая *Uncertainty* и *Complexity* для всех СВТ.

Однако, за 50 лет после публикаций W. Weaver и Н.А. Бернштейна [25, 39] никто не задавал вопрос: можно ли повторить выборку $x(t_f)$, т.е. облако точек $x(t_f)$ в ФПС? Можно ли в рамках статистики два раза подряд повторить выборку $x(t_f)$?

На этот тривиальный вопрос мы получили ответ 20 лет назад в биомеханике при изучении выборок треморограмм (ТМГ). Оказывается, если два раза подряд (по 5 секунд) повторить регистрацию постурального тремора (при этом ТМГ квантуется – разбивается на 500 разных точек – дискретных значений $x_i(t)$ положения пальца по отношению к датчику движения), то эти две выборки ТМГ статистически не совпадают.

В итоге, мы регистрировали по 2 ТМГ (каждая по 5 секунд и по 500 точек) и их сравнивали статистически. Этот парный опыт мы повторяли 100 раз и находили частоту парных статистических совпадений двух выборок ТМГ у одного и того же испытуемого (сидя, в спокойном состоянии). Оказалось, что после 100 таких парных повторений регистраций ТМГ мы получаем частоту совпадения выборок ТМГ $p_{i,i+1} \leq 0,02$.

В 100-а таких повторах обычно не более 2-х пар выборок ТМГ могут показать критерий Вилкоксона $p_{i,i+1} \geq 0,05$. В остальных 98% опытов две выборки статистически не совпадают. Для них критерий Вилкоксона $p_{i,i+1} < 0,05$. Это все доказывает крайне низкое статистическое совпадение выборок ТМГ.

Отсюда был сделан вывод: выборки ТМГ статистически не устойчивы. Их невозможно два раза подряд статистически повторить. Вероятность их совпадения менее 0,02, что в статистике определяется как невозможное событие. Напомним, что в статистике (при повторах испытаний) обычно требуют вероятность совпадения $p \geq 0,95$. Такова например, доверительная вероятность $\beta \geq 0,95$.

Отсутствие статистических совпадений выборок ТМГ говорит о статистической неустойчивости выборок. Это дает ответ на гипотезу Н.А. Бернштейна (нет повторений самих выборок $x_i(t)$). Такой результат (после многих тысяч измерений) мы обозначили как эффект Еськова-Зинченко (ЭЭЗ) [1-7, 9-14, 17-24].

2. Статистика в биомеханике.

Отметим, что постуральный тремор – это попытка реализовать статистику (неподвижность) при организации биомеханического акта. Человек пытается удержать палец (или руку) в равновесии (и должно быть $dx_1/dt = 0$ ($x_1 = const$)), но это невозможно. Возникает другой (второй после ЭЭЗ) постулат: в биомеханике невозможен покой, $dx_1/dt \neq 0$ всегда.

Напомним, что $x_1(t)$ – это координата пальца испытуемого по отношению к датчику. В итоге мы имеем уже две фундаментальные аксиомы биомеханики: конечность человека не может находиться в покое, т.к. $dx_1/dt \neq 0$ всегда. Тремор – это базовое свойство в биомеханике (при попытках удержать палец в покое).

Второй постулат (аксиома): не только $dx_1/dt \neq 0$ (координата $x_i(t)$ непостоянна), но и выборку $x_i(t)$ для любого испытуемого невозможно два раза повторить произвольно. Мы раскрыли суть гипотезы Бернштейна: нет «повторений» самих выборок ТМГ, это и есть «повторения без повторений». Одновременно мы доказали почему СТТ не могут быть объектом ДСН (СТТ требуют новую (третью) науку) [25-31, 34-37].

Во всех последующих опытах мы не делали уже парных испытаний, а просто 15 раз подряд регистрировали ТМГ (у одного и того же испытуемого). В итоге мы получали 15 выборок ТМГ (у одного

человека, в покое, сидя) и попарно сравнивали все 15 выборок ТМГ между собой.

Такая методика позволяет сравнивать все 15 выборок ТМГ и анализировать биомеханику и физиологию НМС за длительный интервал времени $\Delta t = \Delta t_1 + \Delta t_2 + \dots + \Delta t_{15}$. Мы узнавали, что происходит с человеком до Δt_2 и после Δt_2 , что никто даже не пытался проверить до нас за последние 100-150 лет [1-4, 8-11].

Это принципиальный вопрос, т.к. во всей биомеханике никто и никогда не пытался узнать, что было с биосистемой до Δt_1 и после интервала Δt_1 . В биомеханике условно считается, что с биосистемой ничего не происходит до и после интервала измерения Δt_1 . Это оставалось догмой последние 100-150 лет и это было огромным заблуждением (ошибкой!) [29-36].

С биосистемой непрерывно и хаотически что-то происходит так, что $dx_1/dt \neq 0$ и все выборки $x_i(t)$ непрерывно и хаотически изменяются (ЭЭЗ) [8-11, 17-24]. Это уже аксиома всей НМС и всей биомедицины. Это означает, что статистика уже не работает (описывает прошлое СТТ).

Если любая выборка $x_i(t)$ – это прошлое для СТТ, то мы уже не можем делать прогноз будущего состояния биосистемы. Без прогноза будущего (после окончания опыта) нет науки (нет ДСН). Мы приходим ко 2-й гипотезе *W. Weaver*: нужно создавать новую (третью) науку для описания биосистемы [39].

Для иллюстрации всего сказанного представим характерную матрицу парных сравнений 15-ти выборок ТМГ, которые были получены от одного испытуемого (регистрация ТМГ подряд по 5 секунд и с последующей дискретизацией ТМГ). Подчеркнем, что в каждой такой выборке было не менее 500 точек. В табл. 1 даны критерии Вилкоксона $p_{i,j}$ для каждой i -й и j -й выборок.

Оказалось, что числа k_I пар выборок ТМГ, для которых критерий Вилкоксона $p_{i,j} \geq 0,05$ (тогда такая пара ТМГ может иметь общую генеральную совокупность) весьма мало ($k_I=4$). В табл. 1 более 95% пар (из всех 105-ти разных пар сравнения) не могут иметь общую генеральную совокупность, их $p_{i,j} < 0,05$. В итоге, мы доказали ЭЭЗ, т.е. уникальность любой выборки ТМГ.

Таблица 1

Матрица парного сравнения выборок треморограмм (ТМГ) одного и того же человека (без нагрузки, число повторов $n=15$), использовался критерий Вилкоксона (критерий различия $p < 0,05$, число совпадений $k_I=4$)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,69	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	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	0,07	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00
9	0,69	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
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,75	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75		0,00	0,00	0,00	0,00
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
14	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
15	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	

Подчеркнем, что таких таблиц было построено несколько сотен (для разных испытуемых – мужчин, женщин, детей и т.д.) и везде закономерность одинакова:

$k_I \leq 5\%$ от всех 105-ти разных пар ТМГ в каждой такой матрице. Это завершает использование статистики в изучении любых биомедицинских процессов.

Возникает проблема объяснения таких хаотических процессов.

3. Хаос в биомеханике возникает из-за хаоса в электромиограммах.

Очевидно, что невозможность выполнения условий статики (там всегда $dx_1/dt=0$) еще не гарантирует хаос в выборках ТМГ. Обеспечение устойчивости в ТМГ связано со статистической устойчивостью выборок ЭМГ. Иными словами, мы должны ответить на вопрос: может ли сохраняться электромиограмма – ЭМГ при статическом напряжении любой мышцы?

Действительно, если мышца развивает некоторое статическое (неизменное) напряжение, то мышца как бы находится в неизменном (статичном) состоянии. Удержание пальца в режиме $dx_1/dt=0$ ($x_1=const$) должно бы было привести к

статистической устойчивости выборок ЭМГ.

Нами было выполнено тысячи измерений ЭМГ различных мышц при их неизменном напряжении с $F=const$ (в режиме 15-ти повторений регистрации выборок ЭМГ по 5 секунд, период квантования 1000 Гц). В итоге были построены сотни матриц парных сравнений выборок (в каждой выборке по 5000 точек) ЭМГ (от одного испытуемого). В итоге сотни таких матриц показали отсутствие статистической устойчивости выборок ЭМГ (в виде ЭЕЗ).

Для примера мы представляем типичную (из многих сотен других) матрицу парных сравнений 15-ти выборок ЭМГ (один испытуемый, регистрация биполярными электродами ЭМГ от мышцы *abductor digiti nova*, при сжатии в кисти динамометра с силой $F_1=100Н$).

Таблица 2

Матрица парного сравнения выборок электромиограмм (ЭМГ) одного и того же человека (при слабой статической нагрузке, $F_1=100Н$), использовался критерий Вилкоксона (критерий различий $p<0,05$, число совпадений $k_2=8$)

	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	0,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	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		0,08	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00
4	0,00	0,00	0,08		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,22	0,00	0,00
6	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	0,00
7	0,46	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	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	0,77	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,46	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,46		0,00	0,00	0,00	0,00
12	0,05	0,00	0,13	0,10	0,05	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
14	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
15	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	

В этой табл. 2 число пар выборок ЭМГ, у которых критерий Вилкоксона $p_{i,j} \geq 0,05$ (эти две выборки могут иметь одну, общую генеральную совокупность) очень невелико ($k_2=8$). Подчеркнем, что во всех наших исследованиях с разными мышцами (в режиме удержания заданного напряжения, $F_1=const$) это число $k_2 \leq 15\%$ от всех 105-ти разных пар (в каждой матрице).

Очевидно, что это число k_2 в 2-3 раза больше, чем k_1 для биомеханического (в виде ТМГ) компонента, но всегда $k_2 \leq 15\%$. Это доказывает реальность ЭЕЗ и для мышц, но мышцы несколько более статистически устойчивы, чем механические параметры. Включение в работу суставов, кожи, костей и т.д. усиливает долю статистического хаоса.

В целом, вся биомеханика и физиология НМС доказывает отсутствие статистической устойчивости выборок ТМГ и ЭМГ. Иными словами, организация движений происходит в рамках ЭЕЗ. В этом случае выборки уникальны и использовать далее методы и модели статистики для описания организации движений весьма проблемно. Нет прогноза будущего по уже полученным выборкам ТМГ и ЭМГ.

Обсуждение. В настоящее время во всей биомедицине, психологии, экологии и других науках о живых системах господствует догма о статистической устойчивости любой выборки любого параметра биосистемы. В нашем случае речь идет о биомеханическом компоненте (треморограмме – ТМГ) и о биоэлектрическом компоненте (ЭМГ) для одного испытуемого [1-7, 11-19, 21-24].

Регистрация ТМГ и ЭМГ представляет статику в организации движений, т.е. подразумевается определенная неизменность параметров ТМГ или ЭМГ. При этом никто и никогда не ставил вопрос о том, что происходит с биосистемой до интервала времени Δt_1 (время регистрации выборки ТМГ или ЭМГ) и после интервала Δt_1 .

Сохраняются ли выборки этих параметров на длительном интервале времени T или хотя бы на следующем интервале Δt_2 ($\Delta t_1 = \Delta t_2$ по величине). Никто не пытался проверить гипотезу Н.А. Бернштейна (о «повторении без повторений» [25]) и гипотезу *W. Weaver* (биосистемы – СТТ не могут быть объектом всей ДСН) [7].

Мы это начали делать (проверять устойчивость выборок ТМГ и ЭМГ) 20 лет назад и доказали ЭЕЗ [1-4, 8-11, 29-34]. Оказалось, что любая выборка ТМГ или ЭМГ может совпадать с другой выборкой (на интервале измерения Δt_2) с вероятностью $p_1 \leq 0,02$ для ТМГ и $p_2 \leq 0,1$ для ЭМГ.

Для статистики это крайне малые величины и это доказывает ЭЕЗ. Напомним, что в статистике обычно такое $p \geq 0,95$, а в доказательной медицине требуют и $p \geq 0,99$ (и более). Все это

совершенно невозможно для организации движений, где обычно $p \leq 0,15$. Тогда возникает статистическая неустойчивость выборок $x(t)$ и дальше применять статистику уже невозможно.

Подчеркнем, что в данном сообщении, мы рассматривали случай статики, когда человек пытается удержать конечность в данном положении (постуральный тремор) или данную мышцу в заданном усилении ($F_1 = const$). Оказалось, что при этом выборки не будут совпадать (ЭЕЗ), т.е. статичность (устойчивость $x_i(t)$) невозможна [1-5, 12-17].

Учитывая все это (и ранее опубликованные данные по ТМГ и ЭМГ), мы можем сейчас говорить, что биомеханика и физиология НМС не могут базироваться на методах и моделях статистики (и всей стохастики в целом). Нужны другие методы и другая наука для изучения ТМГ и ЭМГ, т.е. статичных состояний НМС.

Зная прошлые выборки ТМГ и ЭМГ (на интервале Δt_1) мы ничего не можем сказать о будущем состоянии таких биосистем. Будущее не имеет прогноза в биомеханике и физиологии НМС. Мы сейчас должны создавать новые методы, модели для описания статистически неустойчивых биосистем (СТТ). Именно это и прогнозировал *W. Weaver* в 1948 году.

Гипотеза *W. Weaver* была доказана нами в биомеханике на примере статики – попыток удержать конечность (палец) в заданной точке пространства или создать фиксированное напряжение в мышце ($F_1 = const$). Однако НМС не может обеспечить статику. Непрерывно $dx_1/dt \neq 0$, где $x_1(t)$ – координата пальца или величина биопотенциалов мышц (ЭМГ).

Статика в биомеханике и физиологии НМС невозможна, хотя организм пытается это сделать (мысленно мы пытаемся создать $x_2 = dx_1/dt = const$, но реально $x_2 \neq 0$ непрерывно). Биосистема не может находиться в статике и начало этому заложено уже в ЭМГ. Любая мышца генерирует непрерывно изменяющиеся, хаотические $x_1(t)$ и $x_2(t)$. Это далее реализуется в движениях и «покое».

Выводы. Организация любого движения происходит по гипотезе Н.А. Бернштейна («повторение без повторений» [25]) и гипотезе *W. Weaver* (СТТ – не объект ДСН). За 20 последних лет мы доказали, что любая выборка в биомеханике (ТМГ) и электрофизиологии мышц (ЭМГ) не может быть произвольно статистически повторена. Мы имеем статистический хаос ТМГ и ЭМГ.

Существенно, что удержание пальца в данной точке пространства (или мышцы в заданном напряжении $F_1=const$) невозможно в принципе. Мы всегда имеем $dx_1/dx \neq 0$ ($x_2 \neq const$). Более того, получаемые выборки ТМГ и ЭМГ будут статистически уникальными, их невозможно произвольно два раза повторить. Возникают реальные *Complexity*, *Uncertainty* и *Unpredictability* для НМС.

Все это получило название эффекта Еськова-Зинченко (ЭЭЗ), который не имеет аналогов во всей современной науке. Это означает, что будущее в биомеханике и физиологии НМС невозможно прогнозировать. Необходимо создавать новую науку, новые методы и модели в физиологии НМС.

При этом становится очевидным, что первичный хаос возникает в мышцах, т.к. числа k_2 для ЭМГ в 2-3 раза всегда больше, чем в биомеханике (для ТМГ). Оба вида такой статистики не являются статикой в реальности. Организация движений (в статике) происходит по законам хаоса, но это не является детерминированным хаосом (о котором говорил *I.R. Prigogine* [38] и *Kelso* [33]).

Литература

- Бодин О.Н., Галкин В.А., Филатова О.Е., Башкатова Ю.В. Анализ возникновения динамического хаоса в биосистемах // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. – 2021. – Т. 15, № 4. – С. 46-51. DOI: 10.24412/2075-4094-2021-4-1-8
- Галкин В.А., Еськов В.В., Пятин В.Ф., Кирасирова Л.А., Кульчицкий В.А. Существует ли стохастическая устойчивость выборок в нейронауках? // Новости медико-биологических наук. – 2020. – Т. 20, № 3. – С. 126-132.
- Галкин В.А., Еськов В.В., Гавриленко Т.В., Башкатова Ю.В. Имеется ли хаос в работе сердца? // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2021. – № 3. – С. 28-39. DOI: 10.12737/2306-174X-2021-24-32
- Газя Г.В., Еськов В.В., Ерега И.Ф., Музиева М.И. Сравнительная характеристика действия промышленных электромагнитных полей на организм мужчин и женщин // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2021. – № 3. – С. 17-27. DOI: 10.12737/2306-174X-2021-15-23
- Газя Г.В., Еськов В.В., Бодин О.Н., Веденеев В.В. Системный анализ параметров сердечно-сосудистой системы мужчин и женщин Югры // Вестник новых медицинских технологий. – 2021. – № 4. – С. 26-29. DOI: 10.24412/1609-2163-2021-4-26-29
- Еськов В.В. Математическое моделирование гомеостаза и эволюции *complexity*: монография. Тула: Издательство ТулГУ, 2016. – 307 с.
- 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.
- Еськов В.В., Башкатова Ю.В., Шакирова Л.С., Веденева Т.С., Мордвинцева А.Ю. Проблема стандартов в медицине и физиологии // Архив клинической медицины. – 2020. – Т. 29, № 3. – С. 211-216.
- Еськов В.В., Пятин В.Ф., Шакирова Л.С., Мельникова Е.Г. Роль хаоса в регуляции физиологических функций организма / Под ред. А.А. Хадарцева. Самара: ООО «Порто-принт», 2020. – 248 с.
- Еськов В.В. Системный анализ и синтез в биомедицине // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. – 2021. – Т. 15, № 4. – С. 31-44. DOI: 10.12737/2306-174X-2022-26-34
- Еськов В.В., Галкин В.А., Гавриленко Т.В., Филатова О.Е., Веденева Т.С.

- Понятие сложности у W. Weaver И I.R. Prigogine // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2021. – № 4. – С. 45-57. DOI: 10.12737/2306-174X-2022-35-44
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. – С. 85-94. DOI: 10.12737/2306-174X-2022-61-72
13. Еськов В.В., Ивахно Н.В., Гриценко И.А., Мамина К.Е. Новое понятие системного синтеза в биомедицине и экологии человека // Вестник новых медицинских технологий. – 2021. – №4. – С. 118-122. DOI: 10.24412/1609-2163-2021-4-118-122
14. 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.
15. 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.
16. Еськов В.М., Галкин В.А., Пятин В.Ф., Филатов М.А. Организация движений: стохастика или хаос? / Под. ред. член-корр. РАН, д.биол.н., профессора Г.С. Розенберга. Самара: Издательство ООО «Порто-принт», 2020. – 144 с.
17. Еськов В.М., Галкин В.А., Филатова О.Е. Великие проблемы Гинзбурга и биомедицинские науки // Вестник новых медицинских технологий. – 2021. – №2. – С. 115-120. DOI: 10.24412/1609-2163-2021-2-115-120.
18. Козупица Г.С., Еськов В.В. Complexity и системы третьего типа в социологии // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2021. – № 3. – С. 50-61. DOI: 10.12737/2306-174X-2021-42-52
19. Пятин В. Ф., Еськов В. В., Филатова О. Е., Башкатова Ю. В. Новые представления о гомеостазе и эволюции гомеостаза // Архив клинической и экспериментальной медицины. – 2019. – Т. 28, № 1. – С. 21-27.
20. Филатова О.Е., Еськов В.В., Галкин В.А., Филатов М.А., Фаузитдинова К.А. Классификация неопределенностей в медицине // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2021. – № 2. – С. 59-68. DOI: 10.12737/2306-174X-2021-59-68
21. Филатова О.Е., Галкин В.А., Башкатова Ю.В., Шакирова Л.С. Новые возможности нейрокомпьютеров в биомедицине // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2021. – № 3. – С. 5-16. DOI: 10.12737/2306-174X-2021-5-14
22. Филатова О.Е., Мельникова Е.Г., Шакирова Л.С., Хвостов Д.Ю., Фадюшина С.И. Возрастная динамика нейровегетативного статуса приезжего населения Югры // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. – 2021. – Т. 15, № 3. – С. 107-112. DOI: 10.24412/2075-4094-2021-3-3-7
23. Хадарцев А.А., Еськов В.В., Башкатова Ю.В., Веденеев В.В. Место общей теории систем в когнитивных исследованиях // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2021. – № 2. – С. 31-47. DOI: 10.12737/2306-174X-2021-35-47
24. Чемпалова Л.С., Яхно Т.А., Манина Е.А., Игнатенко А.П., Оразбаева Ж.А. Гипотеза W. Weaver при изучении произвольных и непроизвольных движений // Вестник новых медицинских технологий. – 2021. – № 1. – С. 75-77. DOI: 10.24412/1609-2163-2021-1-75-77
25. Bernshtein N.A. The coordination and regulation of movements // Oxford, New York, Pergamon Press. – 1967.
26. Eskov V.M., Pyatin V.F., Eskov V.V., Ilyashenko L.K. The heuristic work of the brain and artificial neural networks // Biophysics. – 2019. – Vol. 64(2). – Pp. 293-299.
27. Eskov V.V., Filatova D.Y., Ilyashenko L.K., Vochmina Y.V. Classification of

- uncertainties in modeling of complex biological systems // Moscow university physics bulletin. – 2019. – Vol. 74(1). – Pp. 57-63. DOI: 10.3103/S0027134919010089
28. Eskov V.V., Filatov M.A., Galkin V.A., Filatova O.E. New computational methods for investigation of the third type of systems // AIP Conference Proceedings. – 2021. – Vol. 2402. – P. 050017. DOI: 10.1063/5.0073431
 29. Filatov M.A., Ilyashenko L.K., Kolosova A.I., Makeeva S.V. Stochastic and chaotic analysis of students' attention parameters of different ecological zones // Human Ecology. – 2019. – Vol. 7. – Pp. 11-16. DOI:10.33396/1728-0869-2019-7-11-16
 30. Filatov M.A., Ilyashenko L.K., Makeeva S.V. Psychophysiological parameters of students before and after translatititude travels // Human Ecology. – 2019. – Vol. 4. – Pp. 18-24. DOI:10.33396/1728-0869-2019-4-18-24
 31. 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. Vol. 1047. P. 012099 DOI: 10.1088/1757-899X/1047/1/012099
 32. Hill A.V. Why biophysics? // Science. – 1956. – Vol. 124(3234). – Pp.1233-1237.
 33. Kelso J.A.S. (– 2002). The Complementary Nature of Coordination Dynamics: Self-organization and Agency // Nonlinear Phenomena in Complex Systems. – 2002. – Vol. 5(4). – Pp. 364-371.
 34. Khadartsev A.A., Eskov V.V., Pyatin V.F., Filatov M.A. The Use of Tremorography for the assessment of motor functions // Biomedical engineering. – 2021. – Vol. 54(6). – Pp. 388-392. DOI:10.1007/s10527-021-10046-6
 35. Khadartseva K.A., Filatov M.A., Melnikova E.G. The problem of homogenous sampling of cardiovascular system parameters among migrants in the Russian North // Human Ecology. – 2020. – Vol. 7. – Pp. 27-31. DOI:10.33396/1728-0869-2020-7-27-31
 36. Kolosova A.I., Filatov M.A., Maistrenko E.V., Ilyashenko L.K. An analysis of the attention indices in students from Surgut and Samara oblast from the standpoint of stochastics and chaos // Biophysics. – 2019. – Vol. 64(4). – Pp. 662-666. DOI:10.1134/S0006350919040067
 37. 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. – Vol. 1889(5). – P. 052016. DOI:10.1088/1742-6596/1889/5/052016
 38. Prigogine I.R. The End of Certainty: Time, Chaos, and the New Laws of Nature (Free Press, 1996).
 39. Weaver W. Science and Complexity // American Scientist. – 1948. – Vol. 36. – Pp. 536-544.

References

1. Bodin O.N., Galkin V.A., Filatova O.E., Bashkatova Yu.V. Analiz vozniknoveniya dinamicheskogo khaosa v biosistemakh [Analysis of the occurrence of dynamic chaos in biosystems] // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii. Elektronnoe izdanie [Bulletin of new medical technologies. Electronic edition]. – 2021. – T. 15, № 4. – S. 46-51. DOI: 10.24412/2075-4094-2021-4-1-8
2. Galkin V.A., Es'kov V.V., Pyatin V.F., Kirasirova L.A., Kul'chitskii V.A. Sushchestvuet li stokhasticheskaya ustoichivost' vyborok v neironaukakh? [Is there stochastic stability of samples in neurosciences?] // Novosti mediko-biologicheskikh nauk [News of biomedical sciences]. – 2020. – T. 20, № 3. – S. 126-132.
3. Galkin V.A., Es'kov V.V., Gavrilenko T.V., Bashkatova Yu.V. Imeetsya li khaos v rabote serdtsa? [Is there chaos in the work of the heart?] // Slozhnost'. Razum. Postneklassika [Complexity. Mind. Postnonclassic]. – 2021. – № 3. – S. 28-39. DOI: 10.12737/2306-174X-2021-24-32
4. Gazya G.V., Es'kov V.V., Erega I.F., Muzieva M.I. Sravnitel'naya kharakteristika deistviya promyshlennykh

- elektromagnitnykh polei na organizm muzhchin i zhenshchin [Comparative characteristics of the action of industrial electromagnetic fields on the body of men and women] // Slozhnost'. Razum. Postneklassika [Complexity. Mind. Postnonclassic]. – 2021. – № 3. – S. 17-27. DOI: 10.12737/2306-174X-2021-15-23
5. Gazya G.V., Es'kov V.V., Bodin O.N., Vedeneev V.V. Sistemnyi analiz parametrov serdechno-sosudistoi sistemy muzhchin i zhenshchin Yugry [System analysis of the parameters of the cardiovascular system of men and women of Ugra] // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii [Bulletin of new medical technologies]. – 2021. – № 4. – S. 26-29. DOI: 10.24412/1609-2163-2021-4-26-29
 6. Eskov V.V. Matematicheskoe modelirovanie gomeostaza i evolyutsii complexity [Mathematical modeling of homeostasis and evolution of complexity] / Tula: Publishing house of TulSU, 2016. – 307 s.
 7. Eskov V.V., Pyatin V.F., Filatova D.Yu. Bashkatova Yu.V. Khaos parametrov gomeostaza serdechno-sosudistoi sistemy cheloveka [Chaos of homeostasis parameters of the human cardiovascular system] / Samara: Publishing house of Porto-Print LLC, 2018. – 312 s.
 8. Eskov V.V., Bashkatova Yu.V., Shakirova L.S., Vedeneeva T.S., Mordvintseva A.Yu. Problema standartov v meditsine i fiziologii [The problem of standards in medicine and physiology] // Arkhiv klinicheskoi i eksperimental'noi meditsiny [Archives of Clinical and Experimental Medicine]. – 2020. – T. 29, No. 3. – S. 211-216.
 9. Eskov V.V., Pyatin V.F., Shakirova L.S., Melnikova E.G. Rol' khaosa v regulyatsii fiziologicheskikh funktsii organizma [The role of chaos in the regulation of physiological functions of the body] / A.A. Khadartseva. Samara: Porto-print LLC, 2020. – 248 s.
 10. Es'kov V.V. Sistemnyi analiz i sintez v biomeditsine [System analysis and synthesis in biomedicine] // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii. Elektronnoe izdanie [Bulletin of new medical technologies. Electronic edition]. – 2021. – T. 15, № 4. – S. 31-44. DOI: 10.12737/2306-174X-2022-26-34
 11. Es'kov V.V., Galkin V.A., Gavrilenko T.V., Filatova O.E., Vedeneeva T.S. Ponyatie slozhnosti u W. Weaver I I.R. Prigogine [The concept of complexity in W. Weaver and I.R. Prigogine] // Slozhnost'. Razum. Postneklassika [Complexity. Mind. Postnonclassic]. – 2021. – № 4. – S. 45-57. DOI: 10.12737/2306-174X-2022-35-44
 12. Es'kov V.V., Galkin V.A., Gavrilenko T.V., Yushkevich D.P., Porosini N O.I. Modelirovanie neopredelennosti v ramkakh kompartmentno-klasternoii teorii [Uncertainty Modeling in the Framework of the Compartment-Cluster Theory] // Slozhnost'. Razum. Postneklassika [Complexity. Mind. Postnonclassic]. – 2021. – № 4. – S. 85-94. DOI: 10.12737/2306-174X-2022-61-72
 13. Es'kov V.V., Ivakhno N.V., Gritsenko I.A., Mamina K.E. Novoe ponyatie sistemnogo sinteza v biomeditsine i ekologii cheloveka [New concept of system synthesis in biomedicine and human ecology] // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii [Bulletin of new medical technologies]. – 2021. – №4. – S. 118-122. DOI: 10.24412/1609-2163-2021-4-118-122
 14. Eskov V.M., Galkin V.A., Filatova O.E. Complexity: khaos gomeostaticheskikh sistem [Complexity: Chaos of Homeostatic Systems] / G.S. Rosenberg. Samara: Publishing house of LLC "Porto-print", 2017. – 388 s.
 15. Eskov V.M., Galkin V.A., Filatova O.E. Konets opredelennosti: khaos gomeostaticheskikh sistem [The End of Certainty: Chaos of Homeostatic Systems] / Khadartseva A.A., Rosenberg G.S. Tula: publishing house Tula printing production association, 2017. – 596 s.
 16. Eskov V.M., Galkin V.A., Pyatin V.F., Filatov M.A. Organizatsiya dvizhenii: stokhastika ili khaos? [Organization of movements: stochastic or chaos?] / G.S. Rosenberg. Samara: Publishing house LLC "Porto-print", 2020. – 144 s.

17. Es'kov V.M., Galkin V.A., Filatova O.E. Velikie problemy Ginzburga i biomeditsinskie nauki [Ginzburg's great problems and biomedical sciences] // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii [Bulletin of new medical technologies]. – 2021. – Т. 28, №2. – С. 115-120. DOI: 10.24412/1609-2163-2021-2-115-120.
18. Kozupitsa G.S., Es'kov V.V. Complexity i sistemy tret'ego tipa v sotsiologii [Complexity and systems of the third type in sociology] // Slozhnost'. Razum. Postneklassika [Complexity. Mind. Postnonclassic]. – 2021. – № 3. – С. 50-61. DOI: 10.12737/2306-174X-2021-42-52
19. Pyatin VF, Eskov VV, Filatova OE, Bashkatova Yu. V. Novye predstavleniya o gomeostaze i evolyutsii gomeostaza [New ideas about homeostasis and the evolution of homeostasis] // Arkhiv klinicheskoi i eksperimental'noi meditsiny [Archives of Clinical and Experimental Medicine]. – 2019. – Т. 28, No. 1. – С. 21-27.
20. Filatova O.E., Es'kov V.V., Galkin V.A., Filatov M.A., Fauzidinova K.A. Klassifikatsiya neopredelennosei v meditsine [Classification of uncertainties in medicine] // Slozhnost'. Razum. Postneklassika [Complexity. Mind. Postnonclassic]. – 2021. – № 2. – С. 59-68. DOI: 10.12737/2306-174X-2021-59-68
21. Filatova O.E., Galkin V.A., Bashkatova Yu.V., Shakirova L.S. Novye vozmozhnosti neirokomp'yuterov v biomeditsine [New possibilities of neurocomputers in biomedicine] // Slozhnost'. Razum. Postneklassika [Complexity. Mind. Postnonclassic]. – 2021. – № 3. – С. 5-16. DOI: 10.12737/2306-174X-2021-5-14
22. Filatova O.E., Mel'nikova E.G., Shakirova L.S., Khvostov D.Yu., Fadyushina S.I. Vozrastnaya dinamika neirovegetativnogo statusa priezzhego naseleniya Yugry [Age dynamics of the neurovegetative status of the visiting population of Ugra] // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii. Elektronnoe izdanie [Bulletin of new medical technologies. Electronic edition]. – 2021. – Т.15, № 3. – С. 107-112. DOI: 10.24412/2075-4094-2021-3-3-7
23. Khadartsev A.A., Es'kov V.V., Bashkatova Yu.V., Vedeneev V.V. Mesto obshchei teorii sistem v kognitivnykh issledovaniyakh [The place of general systems theory in cognitive research] // Slozhnost'. Razum. Postneklassika [Complexity. Mind. Postnonclassic]. – 2021. – № 2. – С. 31-47. DOI: 10.12737/2306-174X-2021-35-47
24. Chempalova L.S., Yakhno T.A., Manina E.A., Ignatenko A.P., Orazbaeva Zh.A. Gipoteza W. Weaver pri izuchenii proizvod'nykh i neproizvod'nykh dvizhenii [W. Weaver's hypothesis in the study of voluntary and involuntary movements] // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii [Bulletin of new medical technologies]. – 2021. – Т. 28, No. 1. – С. 75-77. DOI: 10.24412/1609-2163-2021-1-75-77
25. Bernshtein N.A. The coordination and regulation of movements // Oxford, New York, Pergamon Press. – 1967.
26. Eskov V.M., Pyatin V.F., Eskov V.V., Ilyashenko L.K. The heuristic work of the brain and artificial neural networks // Biophysics. – 2019. – Vol. 64(2). – Pp. 293-299.
27. Eskov V.V., Filatova D.Y., Ilyashenko L.K., Vochmina Y.V. Classification of uncertainties in modeling of complex biological systems // Moscow university physics bulletin. – 2019. – Vol. 74(1). – Pp. 57-63. DOI: 10.3103/S0027134919010089
28. Eskov V.V., Filatov M.A., Galkin V.A., Filatova O.E. New computational methods for investigation of the third type of systems // AIP Conference Proceedings. – 2021. – Vol. 2402. – P. 050017. DOI: 10.1063/5.0073431
29. Filatov M.A., Ilyashenko L.K., Kolosova A.I., Makeeva S.V. Stochastic and chaotic analysis of students' attention parameters of different ecological zones // Human Ecology. – 2019. – Vol. 7. – Pp. 11-16. DOI:10.33396/1728-0869-2019-7-11-16
30. Filatov M.A., Ilyashenko L.K., Makeeva S.V. Psychophysiological parameters of students before and after translatitude

- travels // *Human Ecology*. – 2019. – Vol. 4. – Pp. 18-24. DOI:10.33396/1728-0869-2019-4-18-24
31. 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. Vol. 1047. P. 012099 DOI: 10.1088/1757-899X/1047/1/012099
32. Hill A.V. Why biophysics? // *Science*. – 1956. – Vol. 124(3234). – Pp.1233-1237.
33. Kelso J.A.S. (– 2002). The Complementary Nature of Coordination Dynamics: Self-organization and Agency // *Nonlinear Phenomena in Complex Systems*. – 2002. – Vol. 5(4). – Pp. 364-371.
34. Khadartsev A.A., Eskov V.V., Pyatin V.F., Filatov M.A. The Use of Tremorography for the assessment of motor functions // *Biomedical engineering*. – 2021. – Vol. 54(6). – Pp. 388-392. DOI:10.1007/s10527-021-10046-6
35. Khadartseva K.A., Filatov M.A., Melnikova E.G. The problem of homogenous sampling of cardiovascular system parameters among migrants in the Russian North // *Human Ecology*. – 2020. – Vol. 7. – Pp. 27-31. DOI:10.33396/1728-0869-2020-7-27-31
36. Kolosova A.I., Filatov M.A., Maistrenko E.V., Ilyashenko L.K. An analysis of the attention indices in students from Surgut and Samara oblast from the standpoint of stochastics and chaos // *Biophysics*. – 2019. – Vol. 64(4). – Pp. 662-666. DOI:10.1134/S0006350919040067
37. 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. – Vol. 1889(5). – P. 052016. DOI:10.1088/1742-6596/1889/5/052016
38. Prigogine I.R. *The End of Certainty: Time, Chaos, and the New Laws of Nature* (Free Press, 1996).
39. Weaver W. *Science and Complexity* // *American Scientist*. – 1948. – Vol. 36. – Pp. 536-544.