

DOI: 10.12737/2306-174X-2020-15-23

ПРЕДСТАВЛЕНИЯ W. WEAVER И ТЕОРИИ ХАОСА-САМООРГАНИЗАЦИИ О СИСТЕМАХ ТРЕТЬЕГО ТИПА

Г.С. РОЗЕНБЕРГ¹, Ю.М. ПОПОВ², В.В. ПОЛУХИН³, Н.В.САЗОНОВА², Ю.В. САЛИМОВА³

¹ФГБУН «Институт экологии Волжского бассейна» РАН, ул. Комзина, 10, Тольятти,
Самарская обл., Россия, 445003

²ФГБОУ ВО «Самарский государственный социально-педагогический университет», г.
Самара, ул. М. Горького, 65/67, Россия, 443099, E-mail: kafedra_afgch@mail.ru

³БУ ВО «Сургутский государственный университет», ул. Ленина, 1,
Сургут, Россия, 628400

Аннотация. Вся биомедицинская наука сейчас основана на причинно-следственных связях. Их отсутствие создает трудности в изучении и моделировании таких систем. На возможность их существования указал еще в 1948 г. W. Weaver. В своей работе он представил общую классификацию всех систем неживой и живой природы. К системам третьего типа (живым системам) W. Weaver относил системы с особой динамикой поведения. За прошедший семидесятилетний период во всей науке так и не возникла теория и математический аппарат для изучения и моделирования систем третьего типа - биосистем. За последние 25 лет нами доказан эффект Еськова-Зинченко, в этом эффекте наблюдается отсутствие причинно-следственных связей. Все это требует разработки новых математических моделей и новой теории для описания и прогнозирования систем третьего типа. Одно из направлений в построении такого подхода основано на теории хаоса-самоорганизации. В этой теории вводятся понятия неопределенностей 1-го и 2-го типов. Экспериментально доказывается особая роль хаоса в организации таких систем. Доказано, что мозг человека является хаотически самоорганизующейся системой. Предлагается новый математический аппарат для описания особых систем третьего типа (живых систем).

Ключевые слова: стохастика, хаос, эффект Еськова-Зинченко, медицина.

W.WEAVER'S VISION AND THE THEORY OF CHAOS-SELF-ORGANIZATION CONCEPT ABOUT THE THIRD TYPE SYSTEMS

G.S. ROZENBERG¹, YU.M. POPOV², V.V. POLUCHIN³,
N.N. SAZONOVA³, YU.V. SALIMOVA²

¹Institute for Ecology of the Volga River Basin, Russian Academy of Sciences, Komzina str., 10,
Togliatti, Samara region, Russia, 445003

²Samara State University of Social Sciences and Education, 65/67, Maxim Gorky St., Samara,
Russia, 443099, E-mail: kafedra_afgch@mail.ru

³Surgut State University, Lenina pr., 1, Surgut, Russia, 628400

Abstract. All biomedical science is based on causal relations now. Their absence creates difficulties in the study and modeling of such systems. W. Weaver pointed the possibility of their existence in 1948. In his work, he presented a general classification of all systems in living nature and inanimate one. W. Weaver attributed to the third type systems (living systems) those with special dynamics of behavior. Over the past seventy-year period, the theory and mathematical apparatus for the study and modeling of the third type systems - biosystems - have not appeared in all of science. Over the past 25 years, we have proven the Eskov-Zinchenko effect, in this effect there was a lack of cause-and-effect relationships. All this requires the development of new mathematical models and a new theory to describe and predict systems of the third type. One of the directions in the construction of such an approach is based on the theory of chaos-self-organization. In this theory, the concepts of uncertainties of the 1st and 2nd types are introduced. The special role of chaos in the organization of such systems is proved experimentally. It has been proven that the human brain was a chaotically self-organizing system. A new mathematical apparatus for describing of special third type systems (living systems) was proposed.

Key words: stochastics, chaos, Eskov-Zinchenko effect, medicine.

Введение. В 1989 г. нобелевский лауреат I.R. Prigogine обратил внимание биофизиков и физиков на необходимость моделирования нестабильных систем [34,

35]. Известно, что термодинамика неравновесных систем, которую изучал *I.R. Prigogine*, была связана с исследованием систем, находящихся вдали от равновесия [34, 35]. Однако, эти неравновесные состояния в живых системах нобелевский лауреат не изучал. Динамика поведения биосистем вдали от равновесия сейчас в науке не изучается. Математические модели для их описания отсутствуют, а также не были изучены современной наукой детально и стационарные состояния биосистем [8, 27, 31, 36, 37, 38].

Задолго до *I.R. Prigogine* нестабильные биосистемы пытались изучать выдающиеся ученые 20-го века: Н.А. Бернштейн [10], *W. Weaver* [37]. Их исследования пришлись на 30-40-е годы 20-го столетия, однако за эти 70-80 лет ничего существенного в этом направлении (в биомедицине) не было сделано. Нестабильные системы являются загадкой для всей современной детерминистской и стохастической науки (ДСН). Отсутствуют модели и математический аппарат для описания нестабильных систем [8, 27, 31, 36, 37, 38].

При этом самое главное – это отсутствие понимания особенностей этой нестабильности. Не изучена ее природа, нет понимания специфики систем третьего типа – СТТ (по классификации *W. Weaver*). Нет математического аппарата для их (СТТ) описания [1-5, 21-29]. Имеется много публикаций о сложности (*complexity*), но механизм этой сложности пока в науке даже не затрагивается. Однако *W. Weaver* еще в 1948 г. говорил именно о сложности биосистем.

1. Трактовка нестабильности в науке. Отметим, что во всей науке существует общепринятое, традиционное понятие стабильности (или покоя) с позиций детерминистского подхода, например, в функциональном анализе – основе детерминизма с позиций математики, требуется для вектора состояния системы $x=x(t)=(x_1, x_2, \dots, x_m)^T$ в m -мерном фазовом пространстве состояний (ФПС) наличие нулевых значений скорости. В этом случае по всем координатам $x_i(t_0)$ такого вектора $x(t)$ мы должны регистрировать $dx/dt=0$, т.е.

$x_i(t_0)=const$. Это общеизвестное требование для $x(t)$ в ФПС. Оно означает: точка $x(t)$ в ФПС не меняет своей координаты со временем.

Существенно, что все живые системы (СТТ по *W. Weaver*) по всем своим параметрам $x_i(t)$ не могут демонстрировать такой покой, т.к. у них $dx/dt \neq 0$ непрерывно [1-5, 7, 15-24]. Это фундаментальное свойство жизни, т.е. жизнь – это непрерывное движение. Изменение параметров вектора состояния $x_i(t)$ организма для любого живого существа означает его жизнедеятельность за счет внутренних перестроек или под действием внешних факторов параметры организма непрерывно изменяются. Нужно учитывать, что все внешние факторы среды обитания непрерывно и хаотически изменяются. Более двух тысяч лет назад древние греки говорили: «все течет, все изменяется». Параметры организма $x_i(t)$ любого человека (сон – бодрствование, физическая активность) непрерывно различается (хаотически). Двигательная активность всегда непрерывно и хаотически изменяется, как и прием пищи (и ее качество).

Для любого организма покой в виде $dx/dt=0$ означает смерть. Однако пока основные математические модели для описания биосистем – это стохастика. При применении стохастических методов в конце любого процесса мы не можем точно попасть в определенную точку ФПС $x(t_k)$. Поэтому многократно повторяют (в биомедицине) одно и то же наблюдение с одной системой или берут сходные системы (с одинаковыми начальными параметрами $x(t_0)$) и затем изучают такую выборку $x(t_k)$ для всех n элементов (обследуемых) в некотором (якобы неизменном) наблюдении. Этот подход требует получения множества точек $x_p(t_k)$, где $p=1, 2, \dots, n$ (здесь n – представляет число повторений наблюдений с одним и тем же обследуемым, или n – это число обследуемых в группе) [1-5, 19-24, 39-40].

В такой постановке имеется изначально очень существенное замечание. Нет критериев идентичности процесса (одинаковым ли образом процесс

повторяться). Как доказать, что исследуемая группа содержит n одинаковых (в строгом математическом смысле слова) испытуемых? Считается, что в рамках стохастики любые начальные параметры объекта $x(t_0)$ будут одинаковыми (повторяться $x(t_0)$ для одного испытуемого или группа из n испытуемых должна выходить из одинаковой точки $x(t_0)$, т.е. они должны быть одинаковы (хотя бы из одной общей выборки), однако строгих критериев нет.

При соблюдении этих условий статистика не работает. Если выборки $x_i(t)$ после n опытов (и n повторений) сохраняют свои функции распределения $f(x)$, свои спектральные плотности сигнала (СПС) или автокорреляции $A(t)$ и т.д. В этом случае можно считать, что биосистема находится в стационарном (в рамках стохастики) состоянии. Подчеркнем, что начальное состояние биосистемы $x(t_0)$ в стохастике в любом случае должно быть повторимым (воспроизводимым), а в конце, в точке $x(t_k)$ мы должны получить выборку с неизменными $f(x)$, СПС, $A(t)$, т.е. одинаковыми с позиций стохастики параметры $f(x)$, СПС, $A(t)$. В этом случае система стохастически не изменяется, хотя конечное состояние ее не сохраняется (в точке $x(t_k)$). Напомним, что теория хаоса-самоорганизации исключает возможность повторений [1-5, 9, 15-20, 32, 33, 39-40].

Сейчас мы постулируем о существовании детерминистского понятия о стационарных системах (их состоянии покоя, т.е. стационарного режима (СР) для вектора $x(t)$) в виде $dx/dt=0$ или традиционного стохастического понятия о неизменности СТТ (биосистема с позиций ДСН находится в СР), если ее можно хотя бы на ближайшее будущее прогнозировать. Иначе невозможно попасть в данную точку $x(t_k)$ в ФПС в детерминизме или повторить выборку $x_i(t)$, т.е. сохранить $f(x)$, СПС, $A(t)$ и т.д. В детерминистско-стохастической науке мы имеем такие четкие причинно-следственные связи: изменение $x(t_0)$ приведет и к изменению $x(t_k)$.

2. Гипотеза W. Weaver о живых системах. В представлениях W. Weaver детерминистские системы – это системы

где жестко наблюдаются причинно-следственные связи (т.е. системы 1-го типа) [37]. Системы 2-го типа (по W. Weaver) – это стохастические системы (он называл такой тип систем - неорганизованная сложность). W. Weaver вводит особое понятие «сложность» для стохастических систем, хотя мы можем многократно повторить начальные параметры системы $x(t_0)$ и не можем в конце опыта попасть в конкретную точку ФПС – $x(t_k)$. В этом случае вектор $x(t)$ попадает в некоторую область, параметры которой ($f(x)$, СПС, $A(t)$ и т.д.) изменяются (нельзя выходить за пределы общей генеральной совокупности). Однако уже сложность, т.к. точно повторить линию ФПС для вектора $x(t)$ состояния биосистемы невозможно.

Что же следует понимать под *organized complexity* (организованной сложностью) для систем третьего типа, т.е. СТТ в современных представлениях и с позиций W. Weaver? Какими особыми (новыми) свойствами должны обладать эти СТТ-*complexity* (т.е. живые системы), т.е. в рамках ТХС и в представлениях W. Weaver? Ответы на все эти вопросы W. Weaver в 1948 году не представил [5] и вся современная стохастическая наука не находит вразумительного ответа. Известный физик S. Lloyd [34] 25 лет назад представил более 30-ти разных определений *complexity*, однако ни одного из них не принято в науке. Тогда о какой особой сложности живых систем (СТТ) следует говорить сейчас?

Следуя логике W. Weaver необходимо получить (особую не стохастическую) в конце изучаемого процесса (для $x(t_k)$). Тогда не должно быть повторения не только для попадания в ожидаемую точку $x(t_k)$ в ФПС, но не могут повторяться все выборки $x(t_k)$, их $f(x)$, СПС, $A(t)$ и т.д., Неопределенность по W. Weaver должна нарастает при переходе от простых систем 1-го типа к более сложным системам 2-го типа и, наконец, к СТТ. Какова неопределенность (или нестабильность) и как она должна проявляться?

На сегодня во всей физиологии и медицине имеются неопределенности (или нестабильности). Например, П.К. Анохин

использовал понятие обратной связи (в изучении работы функциональных систем организма – ФСО), а также акцептора результатов действия и особое понятие положительного эффекта (для организма). Этот положительный эффект как-то должен проявляться (конкретно, т.е. количественно и качественно) П.К. Анохин не представил оценку этого эффекта. Более того, в физиологии имеется понятие гомеостаза. Однако «постоянство внутренней среды организма» ничем точно не может быть описано. Существует мнение в биомедицине: работа ФСО и гомеостаз должны иметь стандарты (но какие и каких норм), эти стандарты не описаны точно.

Стандарты для ФСО и гомеостаза очевидно не могут быть представлены в виде точки (любая живая система демонстрирует $dx/dt \neq 0$). Попастъ в данную точку $x(t_k)$ в ФПС для любой СТТ совершенно невозможно. Многие биологи (и медики) при этом уверены, что организм любого человека работает в режиме удержания выборок (и их статистических средних, мод, медиан, $f(x)$, СПС, $A(t)$ и т.д.). Но это (как доказано в ТХС) тоже ошибочное понятие (как мы неоднократно показывали) [1-5, 7, 9-10, 13-26, 32, 33, 39-40]. В чем проявляется якобы положительный эффект для любого организма и как проявляется стабильность (или наоборот неустойчивость?) в работе ФСО, гомеостаза, для любых регуляторных систем организма?

Если представлять стандарт в виде точки (в виде $dx/dt=0$ и $x_i(t)=const$), то в ТХС такое состояние отсутствует, т.к. $x(t_k)$ не может показывать сохранение $f(x_i)$, СПС, $A(t)$ и т.д. Тогда в чем проявляется искомая стабильность биосистемы, в чем ее гомеостаз и якобы положительный эффект (для организма)? Могут ли биосистемы показывать стабильность? Или они непрерывно и постоянно нестабильные, т.е. находятся далеко от предполагаемого положения равновесия. Об этом пытался говорить I.R. Prigogine [34, 35] в своей термодинамике неравновесных систем?

Ответы на такие вопросы носят принципиальный характер для биологии,

медицины и психологии. Они значимы и для точных наук (химии, физики, техники). Напомним, что W. Weaver [37] говорил о СТТ как отличных от детерминистских и стохастических систем. Следуя логике рассуждений W. Weaver, мы должны иметь особую нестабильность (непрогнозируемость), т.е. запрета эпохи ДСН. Поэтому сейчас крайне важно показать и доказать чем СТТ отличаются от физических, химических, технических систем. Такие отличия можно установить по особым свойствам и по аппарату для их (СТТ) описания, которые должны быть основаны на нестабильности живых систем. В итоге современная детерминистская и стохастическая наука – ДСН не может описывать особые живые системы (СТТ), т.к. полностью распадаются причинно-следственные связи, которые должны учитывать их нестабильность и непрогнозируемость. Для таких СТТ должна отсутствовать причинно-следственная связь, стрела времени, невозможно решение обратной задачи в математике (будущее не поможет реконструкции прошлого). К этому подошел W. Weaver, но публично он этого не высказал (хотя такова логика его рассуждений). Отсюда следует и особая сложность СТТ-complexity: это системы с особыми (нестабильными) свойствами и требующие особых моделей для их описания.

3. Существует ли физиологическая норма или стандарт в биомедицине? В определении Ю.В. Наточина [6] в гомеостазе существует три главных элемента (точнее понятия). Во-первых, мы говорим о конкретном объекте в виде внутренней среды организма. Во-вторых, Ю.В. Наточин выделяет некоторые процессы, не совсем при этом понятно – эти процессы происходят с самой средой или с системами регуляции самого гомеостаза? В-третьих, в понятие гомеостаз биомедицина вводит конечный результат для всех этих процессов! К чему должен всегда стремиться гомеостаз, при этом нет четкого понимания его количественного описания.

Напомним, что у П.К. Анохина существует цель в работе любой ФСО – это некоторый положительный результат для организма. В теории гомеостаза [6, 21] речь идет о поддержании физиологической нормы (или стандарта гомеостаза). Как оценивать такую физиологическую норму (или стандарт) в работе ФСО, гомеостаза, любой регуляторной системы организма человека? Выше мы отметили, что в рамках ДСН ответ на этот вопрос получить нельзя (любые параметры $x_i(t)$ ФСО непрерывно изменяются, $f(x)$, СПС, $A(t)$ непрерывно и хаотически изменяются от одного интервала измерения Δt_1 к другому интервалу Δt_2).

Если все статистические функции $f(x)$ непрерывно и хаотически (вместе с СПС, $A(t)$ и т.д.) изменяются, то какие параметры брать в качестве стандарта, т.е. физиологической нормы для ФСО (гомеостаза) и других регуляторных систем организма? Напомним, что физиология изучает функции организма, механизмы их регуляции и для их оценки неизменности (или их изменения) этих функций мы должны иметь количественные оценки. В ДСН они просто не существуют (из-за особого эффекта Еськова-Зинченко – ЭЕЗ). Хаос параметров ФСО (и гомеостаза в целом) не позволяет формулировать какие-либо стандарты (в виде точки или статистических характеристик, СПС, $A(t)$), распадается причинно-следственная связь в рамках критериев ДСН [1-6].

В новой теории хаоса-самоорганизации – ТХС предлагаются совершенно другие понятия статики (и кинематики) для живых систем, т.е. *СТТ-complexity* и новые критерии для меры в их оценки. В ТХС для параметра $x_i(t)$, который входит в вектор состояния СТТ - биосистемы $x=x(t)=(x_1, x_2, \dots, x_m)^T$, можно задать фазовую плоскость (или трехмерное фазовое пространство). Например, в биомеханике базовым параметром является координата $x_1(t)$, т.е. положение пальца по отношению к датчику. Тогда можно рассчитать производную (скорость) $x_2=dx_1/dt$ и 2-ю производную (ускорение) $x_3=dx_2/dt$.

Движение конечности, например, пальца в таком двумерном фазовом

пространстве состояний –ФПС задается фазовой траекторией вектора $x(t)=(x_1, x_2)^T$. Для ТМГ и ТПГ эта траектория в ФПС будет ограничена некоторым прямоугольником со сторонами Δx_1 (вариационный размах по x_1) и Δx_2 (вариационный размах по скорости). В трехмерном ФПС добавляется Δx_3 и возникает трехмерный параллелепипед. Внутри этого параллелепипеда непрерывно и хаотически движется данный вектор $x_3=(x_1, x_2, x_3)^T$. Такие площади $S=\Delta x_1 \cdot \Delta x_2$ или объемы $Vg=\Delta x_1 \cdot \Delta x_2 \cdot \Delta x_3$ будут характеристиками любого состояния организма (или отдельной ФСО) гомеостаза всего организма.

При неизменном физиологическом состоянии (нормы или патологии) параметры таких псевдоаттракторов – ПА (в виде площади S или объема Vg) являются статистически неизменными. Тогда выборки S или Vg для одного и того же человека (при повторе испытаний) или одной и той же группы испытуемых могут принадлежать к общей генеральной совокупности.

Заключение. Сейчас возникает глобальная проблема такой оценки стабильности (или нестабильности) *СТТ-complexity* с позиций современной науки (ДСН). Какие параметры вектора состояния системы $x(t)$ могут сохраняться (при неизменном гомеостазе) или при стабильной работе ФСО, при стабильном состоянии нейросетей мозга? Может ли быть применим термин стабильное состояние для живых систем, какие инварианты нужно использовать? Предполагается рассчитывать параметры псевдоаттракторов, они в неизменном физиологическом состоянии конкретного организма будут относительно стабильными. Наоборот, при изменении состояния организма человека и параметры ПА будут изменяться.

Нами разрабатываются особая теория хаоса-самоорганизации (ТХС). В ней инвертируются понятия покоя (и движения). То, что в ДСН рассматривается как движение (нестабильность), в ТХС будет покоем и наоборот. Инверсия понятий, введение новых (особых)

терминов и определений приводит к новой науке (ТХС). Эта новая наука (ТХС) существенно отличается от традиционной (ДСН) и она требует особого понимания со стороны медицины и биологии.

Литература

1. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Попов Ю.М., Филатов М.А. Детерминистски-стохастический подход и третья парадигма естествознания в биомедицине. // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2020. – № 1. – С.46-57.
2. 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.
3. Еськов В. М., Пятин В.Ф., Башкатова Ю.В. Медицинская и биологическая кибернетика: перспективы развития. // Успехи кибернетики. – 2020. – Т.1, №1 -. С.64-72.
4. Мирошниченко И.В., Григоренко В.В., Башкатова Ю.В., Шакирова Л.С. Инварианты параметров систем третьего типа. // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2020. – № 1. – С.58-66.
5. Еськов В.В., Пятин В.Ф., Фадюшина С.И., Нувальцева Я.Н., Оразбаева Ж.А. Новые модели стандартов в биологии и медицине. // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2020. – № 2. – С.67-75.
6. Наточин Ю. В. Гомеостаз // Успехи физиологических наук. – 2017. – Т. 48, № 4. – С. 3–15.
7. Филатов М.А., Нувальцева Я.Н., Оразбаева Ж.А., Афаневич К.А. Медицинская кибернетика и биофизика с позиций общей теории систем. // Вестник новых медицинских технологий. – 2020. – Т. 27. – № 2. – С.116-119.
8. Albert S.T., Hadjiosif A.M., Jang J., Zimnik A.J., Soteropoulos D.S., Baker S.N., Churchland M.M., Krakauer J.W., Shadmehr R. Postural control of arm and fingers through integration of movement commands. // Elife. – 2020. – Vol. 9. – P. 1-35.
9. Bashkatova Yu. V., Filatov M.A., Shakirova L. S. State of athletes' cardiovascular system under physical load in the Russian North. // Human Ecology. – 2020. – №6 – Pp. 41-45.
10. Bernstein N.A. The coordination and regulation of movements // Oxford, New York, Pergamon Press. 1967. 196 p.
11. Eskov V.M., Filatova O.E., Ivashenko V.P. Computer identification of compartmental neuron circuits // Measurement techniques. – 1994. – Vol. 37(8). – Pp. 967-971.
12. Eskov V.M. Models of hierarchical respiratory neuron networks // Neurocomputing. – 1996. – Vol. 11(2-4). – Pp. 203-226.
13. Eskov V.M., Eskov V.V., Gavrilenko T.V., Vochmina J.V. Biosystem kinematics as evolution: Stationary modes and movement speed of complex systems: Complexity // Moscow university physics bulletin. – 2015. – Vol. 70(2). – Pp. 140-152.
14. Eskov V.M., Eskov V.V., Vochmina J.V., Gavrilenko T.V. The evolution of the chaotic dynamics of collective modes as a method for the behavioral description of living systems // Moscow university physics bulletin. – 2016. – Vol. 71(2). – Pp. 143-154.
15. Eskov, V.M., Eskov, V.V., Gavrilenko, T.V., Vochmina, Y.V. Formalization of the effect of “repetition without repetition” discovered by N.A. Bernshtein // Biophysics. – 2017. – 62(1). – Pp. 143-150.
16. Eskov V.V., Gavrilenko T.V., Eskov V.M., Vokhmina Y.V. Phenomenon of statistical instability of the third type systems – complexity // Technical physics. – 2017. – Vol. 62(11). – Pp. 1611-1616.
17. 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.
18. Eskov V.M., Eskov V.V., Vochmina Y.V., Gorbunov D.V., Ilyashenko L.K. Shannon entropy in the research on stationary regimes and the evolution of

- complexity // *Moscow University Physics Bulletin*. – 2017. – Vol. 72(3). – Pp. 309-317.
19. 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. – 62(5). – Pp. 809-820.
20. Eskov V.V Pyatin V.F., Eskov V.V., Ilyashenko L.K., Heuristic work of the brain and artificial neural networks. // *Biophysics*. – 2019. – Vol. 64. – No. 2. – Pp. 125–130.
21. Eskov, V.M. Gudkov, A.B., Filatov, M.A. Eskov, V.V. Principles of homeostatic regulation of functions in human ecology // *Human Ecology*. – 2019. – №10 –Pp. 41-49.
22. 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. – №7 –Pp. 11-16.
23. Filatova D.Yu., Bashkatova Yu.V., Melnikova E.G., Shakirova L.S. Homogeneity of the parameters of the cardiointervals in school children after north-south travel. // *Human Ecology*. – 2020. – №1 – Pp. 6-10.
24. Filatova O.E., Bazhenova A.E., Ilyashenko L.K., Grigorieva S.V. Estimation of the parameters for tremograms according to the Eskov–Zinchenko effect biophysics // *Biophysics*. – 2018. – Vol. 63. – No. 2. – Pp. 125–130.
25. Filatova O. E., Berestin D. K., Ilyashenko L. K., Bashkatova Yu. V. The influence of hypothermia on the parameters of the electromyogram at low muscle tone state// *Human Ecology*. – 2019. – №5. – Pp.43-48.
26. Filatova O. E., Gudkov A. B., Eskov V. V., Chempalova L. S. The concept of uniformity of a group in human ecology // *Human Ecology*. – 2020. – №2 – Pp. 40-44.
27. Gell-Mann M. Fundamental Sources of Unpredictability // *Complexity*. – 1997. – Vol. 3, №1. – Pp.13-19.
28. Grigorenko V.V., Eskov V.M., Nazina N.B., Egorov A.A. Information-analytical system of cardiographic information functional diagnostics // *Journal of Physics: Conference Series*. 2020. Vol. 1515. Pp. 052027
29. Grigorenko V.V., Bashkatova Yu.V., Shakirova L.S., Egorov A.A., Nazina N.B. New information technologies in the estimation of stationary modes of the third type systems // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020. Vol. 862. Pp. 052034
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. Hill A.V. Why biophysics? // *Science*. – 1956. – Vol. 124, № 3234.– P.1233–1237.
32. 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. – №7 – Pp. 27-31.
33. 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.
34. Prigogine I.R. The End of Certainty: Time, Chaos, and the New Laws of Nature (Free Press, 1996).
35. Prigogine I.R. The philosophy of instability // *Futures*. –1989. – Pp. 396-400.
36. Ramstead M.J.D., Badcock P.B., Friston K.J. Answering Schrödinger's question: A free-energy formulation. // *Physics of Life Reviews* – 2018 – Volume 24 – Pp. 1-16.
37. Weaver W. Science and Complexity // *American Scientist*. – 1948. – Vol. 36, №4. – Pp. 536-544.
38. Wheeler J.A. Information, physics, quantum: the search for links. In Feynman and Computation: Exploring the Limits of Computers, ed A.J.G. HeyCambridge, MA: Perseus Books, 1999. –309 p.
39. Zilov V. G., Khadartsev A. A., Eskov V. M., Ilyashenko L. K. New effect in physiology of human nervous muscle system // *Bulletin of experimental biology and medicine*. – 2019. – Vol. 167 (4). – P. 419-423.
40. Zilov V. G., Khadartsev A. A., Eskov V. V., Ilyashenko L. K., Kitanina K.

Yu. Examination of statistical instability of electroencephalograms. // Bulletin of experimental biology and medicine. – 2019. – Vol. 168 (7). – P. 5–9.

References

1. Es'kov V.M., Khadartsev A.A., Popov Yu.M., Filatov M.A. Deterministskistokhasticheskiy podkhod i tret'ya paradigma estestvoznaniya v biomeditsine [Deterministic-stochastic approach and the third paradigm of natural science in biomedicine] // Slozhnost'. Razum. Postneklassika [Complexity. Mind. Postnonclassic]. – 2020. – No. 1. – S. 46-57.
2. Eskov V.V., Pyatin V.F., Shakirova L.S., Melnikova E.G. Rol' xaos v regulyatsii fiziologicheskikh funktsiy organizma. [The role of chaos in the regulation of physiological functions of the body]. / Samara: «Porto-print», 2020.
3. Eskov V. M., Pyatin V.F., Bashkatova Yu.V. Medicinskaya i biologicheskaya kibernetika: perspektivy razvitiya. [Medical and biological cybernetics: perspectives of development]. // Uspexi kibernetiki [News of biomedical sciences]. – 2020. – Vol.1, No 1 - S.64-72.
4. Miroshnichenko I.V., Grigorenko V.V., Bashkatova Yu.V., Shakirova L.S. Invarianty parametrov sistem tret'ego tipa [Invariants of the parameters of systems of the third type] // Slozhnost'. Razum. Postneklassika [Complexity. Mind. Postnonclassic]. – 2020. – No. 1. – S. 58-66.
5. Eskov V.V., Pyatin V.F., Fadyushina S.I., Nuvalceva Ya.N., Orazbaeva Zh.A. Novye modeli standartov v biologii i medicine [New models of biological and medical standard]. // Slozhnost'. Razum. Postneklassika [Complexity. Mind. Postnonclassic]. – 2020. – No 2. – S.67-75.
6. Natochin Yu. V. Gomeostaz [Homeostasis] // Uspexi fiziologicheskikh nauk [Progress in physiological science]. – 2017. – Vol. 48, No 4. – S. 3–15.
7. Filatov M.A., Nuvalceva Ya.N., Orazbaeva Zh.A., Afanevich K.A. Medicinskaya kibernetika i biofizika s pozitsij obshhej teorii sistem [Systems theory: medical cybernetics and biophysics]. // Vestnik novyx medicinskih texnologij [Journal of new medical technologies]. – 2020. – Vol. 27. – No 2. – S.116-119.
8. Albert S.T., Hadjosif A.M., Jang J., Zimnik A.J., Soteropoulos D.S., Baker S.N., Churchland M.M., Krakauer J.W., Shadmehr R. Postural control of arm and fingers through integration of movement commands. // Elife. – 2020. – Vol. 9. – P. 1-35.
9. Bashkatova Yu. V., Filatov M.A., Shakirova L. S. State of athletes' cardiovascular system under physical load in the Russian North. // Human Ecology. – 2020. – №6 – Pp. 41-45.
10. Bernstein N.A. The coordination and regulation of movements // Oxford, New York, Pergamon Press. 1967. 196 p.
11. Eskov V.M., Filatova O.E., Ivashenko V.P. Computer identification of compartmental neuron circuits // Measurement techniques. – 1994. – Vol. 37(8). – Pp. 967-971.
12. Eskov V.M. Models of hierarchical respiratory neuron networks // Neurocomputing. – 1996. – Vol. 11(2-4). – Pp. 203-226.
13. Eskov V.M., Eskov V.V., Gavrilenko T.V., Vochmina J.V. Biosystem kinematics as evolution: Stationary modes and movement speed of complex systems: Complexity // Moscow university physics bulletin. – 2015. – Vol. 70(2). – Pp. 140-152.
14. Eskov V.M., Eskov V.V., Vochmina J.V., Gavrilenko T.V. The evolution of the chaotic dynamics of collective modes as a method for the behavioral description of living systems // Moscow university physics bulletin. – 2016. – Vol. 71(2). – Pp. 143-154.
15. Eskov, V.M., Eskov, V.V., Gavrilenko, T.V., Vochmina, Y.V. Formalization of the effect of “repetition without repetition” discovered by N.A. Bernshtein // Biophysics. – 2017. – 62(1). – Pp. 143-150.
16. Eskov V.V., Gavrilenko T.V., Eskov V.M., Vokhmina Y.V. Phenomenon of statistical instability of the third type systems – complexity // Technical physics. – 2017. – Vol. 62(11). – Pp. 1611-1616.

17. 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.
18. Eskov V.M., Eskov V.V., Vochmina Y.V., Gorbunov D.V., Ilyashenko L.K. Shannon entropy in the research on stationary regimes and the evolution of complexity // Moscow University Physics Bulletin. – 2017. – Vol. 72(3). – Pp. 309-317.
19. 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. – 62(5). – Pp. 809-820.
20. Eskov V.V., Pyatin V.F., Eskov V.V., Ilyashenko L.K., Heuristic work of the brain and artificial neural networks. // Biophysics. – 2019. – Vol. 64. – No. 2. – Pp. 125–130.
21. Eskov V.M., Gudkov A.B., Filatov M.A., Eskov V.V. Principles of homeostatic regulation of functions in human ecology // Human Ecology. – 2019. – №10 –Pp. 41-49.
22. 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. – №7 –Pp. 11-16.
23. Filatova D.Yu., Bashkatova Yu.V., Melnikova E.G., Shakirova L.S. Homogeneity of the parameters of the cardiointervals in school children after north-south travel. // Human Ecology. – 2020. – №1 – Pp. 6-10.
24. Filatova O.E., Bazhenova A.E., Ilyashenko L.K., Grigorieva S.V. Estimation of the parameters for tremograms according to the Eskov–Zinchenko effect biophysics // Biophysics. – 2018. – Vol. 63. – No. 2. – Pp. 125–130.
25. Filatova O. E., Berestin D. K., Ilyashenko L. K., Bashkatova Yu. V. The influence of hypothermia on the parameters of the electromyogram at low muscle tone state// Human Ecology. – 2019. – №5. – Pp.43-48.
26. Filatova O. E., Gudkov A. B., Eskov V. V., Chempalova L. S. The concept of uniformity of a group in human ecology // Human Ecology. – 2020. – №2 – Pp. 40-44.
27. Gell-Mann M. Fundamental Sources of Unpredictability // Complexity. – 1997. – Vol. 3, №1. – Pp.13-19.
28. Grigorenko V.V., Eskov V.M., Nazina N.B., Egorov A.A. Information-analytical system of cardiographic information functional diagnostics // Journal of Physics: Conference Series. 2020. Vol. 1515. Pp. 052027
29. Grigorenko V.V., Bashkatova Yu.V., Shakirova L.S., Egorov A.A., Nazina N.B. New information technologies in the estimation of stationary modes of the third type systems // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 862. Pp. 052034
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. Hill A.V. Why biophysics? // Science. – 1956. – Vol. 124, № 3234.– P.1233–1237.
32. 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. – №7 – Pp. 27-31.
33. 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.
34. Prigogine I.R. The End of Certainty: Time, Chaos, and the New Laws of Nature (Free Press, 1996).
35. Prigogine I.R. The philosophy of instability // Futures. –1989. – Pp. 396-400.
36. Ramstead M.J.D., Badcock P.B., Friston K.J. Answering Schrödinger's question: A free-energy formulation. // Physics of Life Reviews – 2018 – Volume 24 – Pp. 1-16.
37. Weaver W. Science and Complexity // American Scientist. – 1948. – Vol. 36, №4. – Pp. 536-544.
38. Wheeler J.A. Information, physics, quantum: the search for links. In Feynman and Computation: Exploring the Limits of

Computers, ed A.J.G. HeyCambridge, MA: Perseus Books, 1999. –309 p.

39. Zilov V. G., Khadartsev A. A., Eskov V. M., Piyashenko L. K. New effect in physiology of human nervous muscle system // Bulletin of experimental biology and medicine. – 2019. – Vol. 167 (4). – P. 419-423.
40. Zilov V. G., Khadartsev A. A., Eskov V. V., Piyashenko L. K., Kitanina K. Yu. Examination of statistical instability of electroencephalograms. // Bulletin of experimental biology and medicine. – 2019. – Vol. 168 (7). – P. 5–9.