

## МАТЕМАТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СТАТЬИ W.WEAVER «SCIENCE AND COMPLEXITY»

А.А. ХАДАРЦЕВ<sup>1</sup>, Т.В. ГАВРИЛЕНКО<sup>2</sup>, Д.В. ГОРБУНОВ<sup>2</sup>, В.В. ВЕДЕНЕЕВ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», медицинский институт, ул.  
Болдина, д. 128, г. Тула, 300012, Россия*

<sup>2</sup>*БУ ВО ХМАО-Югры «Сургутский государственный университет», ул. Ленина, 1,  
Сургут, Россия, 628400*

**Аннотация.** С момента публикации выдающейся работы W. Weaver (Science and Complexity) прошло более 70 лет. В научных изданиях за этот период появилось множество статей с анализом этой работы, однако эти публикации имеют косвенный характер при оценке истинного значения этой гениальной работы W. Weaver. Детальный анализ его работы показывает, что W. Weaver поднял две фундаментальные проблемы для всей науки. В математическом представлении это первая проблема самой науки (What is Science and What is not Science?) и вторая проблема – это complexity (с аналогичными вопросами). За последние 20 лет усилиями наших научных школ в РФ были получены адекватные и объективные ответы для этих фундаментальных вопросов науки. Краткое изложение ответов на эти вопросы мы и предлагаем в настоящем сообщении. Важно подчеркнуть действительно гениальное предвидение W. Weaver об изучении complexity через 50 лет, т.к. на рубеже 20-го и 21-го веков мы начали детально изучать эти две проблемы.

**Ключевые слова:** наука, сложность, эффект Еськова-Зинченко, псевдоаттракторы.

## MATHEMATICAL ASPECTS OF W. WEAVER'S ARTICLE "SCIENCE AND COMPLEXITY"

А.А. KHADARTSEV<sup>1</sup>, Д.В. GORBUNOV<sup>2</sup>, Т.В. GAVRILENKO<sup>2</sup>, В.В. VEDENEYEV<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*FSBEI HE "Tula State University", Medical Institute, Boldin Str., 128, Tula, 300012, Russia*

<sup>2</sup>*Surgut State University, Lenina, 1, Surgut, 628400, Russia*

**Abstract.** More than 70 years have passed since the publication of the outstanding work by W. Weaver (Science and Complexity). Many articles have appeared in scientific journals during this period, analyzing this paper, but these publications were not direct in assessing the true meaning of this genius work. Its detailed analysis shows us that W. Weaver raised two fundamental problems for all the science. In terms of mathematics, this was the first problem of science itself (What is Science and What is not Science?) and complexity, with similar questions. Over the past 20 years, with the efforts of Russian Federation scientific schools, correct and objective answers have been obtained for these fundamental questions of science. In this report, we offer a summary of the answers to these questions. It is important to emphasize the brilliant predition of W. Weaver about the study of complexity in 50 years, as at the turn of the 20th and 21st centuries, we began to study these two problems in detail.

**Key words:** science, complexity, Eskov-Zinchenko effect, psevdoattractors.

**Введение.** Поводом для написания настоящей статьи для нас послужило открытие особого эффекта статистической неустойчивости любых параметров  $x_i(t)$  живых систем и наличие многочисленных публикаций по поводу статьи W. Weaver «Science and Complexity» [39]. Возникает такая ситуация, что читатели этой статьи W. Weaver испытывают определенную незавершенность этой работы [39]. Одновременно ощущается и привлекательность в дискуссии, которую W. Weaver открыл этой публикацией [39].

Сам стиль изложения этой работы W. Weaver скорее не декларирующий, а дискутирующий. Но за эти 70 лет никто в серьезную дискуссию с гением W. Weaver не вступал. Подчеркнем, что гениальность этой статьи заключается не столько в постановке проблемы изучения живых систем с позиций современной науки (современной не только для W. Weaver, но и сейчас, для нас с вами), сколько в попытках решения этих двух глобальных проблем, которые W. Weaver обозначил так: What is Science? (или What is not

Science?) – это первая проблема, вторую проблему мы обозначили по аналогии с первой: What is Complexity (of living systems)? или What is not Complexity (of living systems)?

Подчеркнем, что эти две проблемы очень связаны, т.к. их можно свести к одной (общей) проблеме: можно ли изучать системы третьего типа (СТТ) - Complexity (living systems) в рамках современной науки? Это выполнить можно, если мы докажем невозможность изучения биосистем в рамках современной детерминистской и стохастической науки (ДСН). Тогда нам потребуется пересматривать понятие науки (и ненауки) и понятие complexity. Подчеркнем, что мы это уже сделали, когда доказали статистическую неустойчивость выборок любых параметров организма человека (в виде эффекта Еськова-Зинченко - ЭЕЗ) в биомеханике [3-9].

### **1. Точная математическая трактовка науки (ненауки) и complexity в интерпретации W. Weaver.**

Выше мы отметили, что W. Weaver в своей статье «Science and Complexity» поднимает две фундаментальные проблемы всей науки: он пытается дать определения самой науки и одновременно пытается высказаться о специфике живых систем. Эти системы он специально выделил в особый, третий, тип систем (системы третьего типа (СТТ) - organized complexity). Подчеркнем, забегая вперед, что именно СТТ и создают complexity для всей современной науки [3, 4, 32, 36, 37]. При этом, системы второго типа, которые содержат термин complexity в своем определении, на самом деле не имеют к complexity никакого отношения (эта complexity весьма условна).

Поскольку порядок изложения W. Weaver определен (он на первое место поставил понятие complexity), то мы и начнем изложение именно с этого слова. Действительно, в самом начале (в названии статьи) W. Weaver четко противопоставляет понятие науки и complexity. Тем самым complexity как бы выносится за пределы современной (и тогда, и сейчас, т.к. мы заново «revisited»

этую работу с позиций вновь открывшихся научных фактов) науки. Очень жаль, что никто в мире не обратил внимания на такое построение этой статьи.

Далее, в самой статье, W. Weaver раскрывает логическую сущность своего понимания такого противопоставления. Детально, с примерами и с исторической хроникой (за последние 400 лет) он раскрывает нам смысл самого понятия науки. Он представляет деление науки (научных методов, теорий, моделей) на науки 1-го типа, которые изучают системы 1-го типа (systems of the first type - SFT). Это простые системы (simplicity), которые изучались около 300 лет («...seventeenth, eighteenth, nineteenth centuries formed....physical science...») [39].

Для SFT W. Weaver дает их определение, которое связано с небольшим числом переменных и где законы могут определять будущее состояние этих систем. Фактически, речь идет об объектах и процессах, которые можно описывать в рамках устойчивых моделей. Это различные уравнения (дифференциальные, разностные, интегральные), в которых есть задача Коши и зная начальные параметры  $x(t_0)$  такой системы, мы можем точно определять конечное состояние  $x(t_f)$  [10-16]. Отметим, что сейчас и далее мы будем пользоваться термином вектор состояния системы  $x=x(t)=(x_1, x_2, \dots, x_m)^T$  [3, 5, 10, 11, 16, 17, 20, 22, 28, 33, 42-46].

Такой вектор описывает динамику системы в виде фазовой траектории в  $m$ -мерном фазовом пространстве состояний (ФПС). Для SFT мы всегда можем повторить начальное состояние этого вектора  $x(t_0)$  и спрогнозировать его конечное состояние  $x(t_f)$  точно (в ФПС). В итоге мы в ФПС можем найти первую  $x(t_0)$  и последнюю  $x(t_f)$  точки для таких фазовых траекторий. Это детерминистские системы, которые были описаны еще Лапласом и Ньютона (именно seventeenth century, о котором говорит W. Weaver).

Еще более четкое определение он дает для систем второго типа (SST), т.е. «Disorganized complexity». W. Weaver их определяет (эти SST) как объекты статистических методов, т.е. стохастики.

W. Weaver подчеркивает, что «...new statistical methods were applicable to problems of disorganized complexity» [39]. В итоге мы сейчас говорим, что эти системы являются обычно стохастическими.

Однако, для этих систем W. Weaver вводит первый раз слово complexity. Позже мы покажем, что это весьма условный термин для таких систем, т.к. они не обладают реальной complexity. Почему же все-таки W. Weaver применил этот термин к SST? Для нас сейчас очевидно, что это возникло из-за появления небольшой «неопределенности» в поведении SST. Это слово «неопределенность» является ключевым для многих ученых, которые изучают нестабильные системы в живой и неживой природе. Нобелевский лауреат M. Gell-Mann попытался даже определить источники такой неопределенности («см. [30] «Fundamental Sources of Unpredictability».

## **2. Неопределенность в стохастике и теории СТТ различна.**

Понятие «Unpredictability» является ключевым в определении СТТ по W. Weaver, т.к. в стохастике начальные условия вектора  $x(t_0)$  задаются точкой (и повторяются), а конечное состояние  $x(t_f)$  задается облаком точек (выборками). Соответственно, зная  $x(t_0)$  мы никогда (в стохастике) не можем представить точно конечное значение  $x(t_f)$ . Это и будет «Unpredictability» для таких систем (стохастических). Однако, это все-таки вполне определено, т.к. любая выборка (для стохастического процесса) всегда продемонстрирует «analyzable average properties», о которых говорил W. Weaver [39]. В стохастике мы имеем дело с повторяемыми (статистическими) выборками [1, 5-8, 17-27, 29, 31, 42-45].

Если стохастику называть сложностью, то только в определенном смысле: конечное состояние системы (SST) задается не точкой, а выборкой в ФПС, т.е. облаком точек в  $m$ -мерном ФПС. С позиций точности задания координат (статистическое среднее  $\langle x \rangle$  может очень сильно отличаться от этой одной точки  $x(t_f)$ ) сама выборка точно не повторяется (показывать это как complexity будет

ошибкой). Однако облако точек нам дает информацию о системе. Обращаем внимание читателей на переход от SFT (парадигмы Simplisity, парадигмы детерминизма) к SST (парадигмы некоторой сложности, к стохастике). В науке (парадигме) о SFT мы работаем с одной точкой, а в науке (парадигме) о SST мы должны повторять эксперимент и работать с облаком точек (с выборками) [1, 3, 5-8, 17-27, 29, 31, 42-45].

Далее W. Weaver переходит к особым системам третьего типа (СТТ) - organized complexity. Здесь уже возникает два ключевых слова: organized и complexity. Невольно возникает риторический вопрос: о какой сложности может идти речь, если мы имеем дело (у живых систем) с самоорганизацией? На этот вопрос W. Weaver не дал нам ответа, т.к. в этом разделе идет речь именно о многих элементах системы, но число этих элементов должно быть между несколькими (2-3 для SFT) и огромным числом (для SST). W. Weaver все-таки считает, что для СТТ число элементов (а лучше говорить о числе состояний) должно быть очень большим.

Это ошибочное мнение. Группа людей является самоорганизующейся системой (СТТ) и число людей в группе может быть и небольшим. Однако мозг каждого человека содержит десятки миллиардов нейронов, а число синаптических контактов (число состояний нейросетей мозга) очень велико. Считается, что мозг человека обладает количеством состояний, которое сравнимо с числом всех частиц во Вселенной. Тогда каждая реализация (выработка реакции) – это одно состояние из Google (для числа состояний  $N \geq 10^{100}$ ). Много людей даёт  $N \geq 10^{100}$  (в виде группы), что резко увеличивает это число состояний и выработка общего решения — это вообще чудо (с позиций теории вероятности, т.к. вероятность  $P$  этого решения  $P=1/10^{100}$ ).

В итоге, мы сейчас говорим, что мозг человека – это не распределение Jossian Willard Gibbs, но это еще более сложная система (она не может быть описана в рамках стохастики). Подчеркнем, что W. Weaver соглашался с тем, что «... as

contrasted with the disorganized situation with which statistics can cope, show the essential feature of organization. In fact, one can refer to this group of problems as those of organized complexity» [39].

В этой цитате W. Weaver четко противопоставляет системы 2-го типа (стохастические) особым системам с organized complexity . Очевидно, что СТТ не может описываться с помощью стохастики (и тем более детерминизма). W. Weaver подчеркивает: «... statistical techniques based on disorganized complexity» [39]. В итоге, становится совершенно очевидным, что еще в 1948 году W. Weaver предполагал вывести все живые системы за пределы детерминистской (изучает системы 1-го типа) и стохастической (изучает системы 2-го типа) науки. Однако какой должна быть наука о СТТ W. Weaver не представил [39].

### **3. Точное (математическое) определение науки и ненауки в рамках ТХС.**

Ни у кого не сомнений в том, что уникальные системы крайне сложно изучать (если только по артефактам, как это делает история и археология). В идеале любая наука требует повторений (в естественных условиях), воспроизведений (искусственно, в опытах ученых). При этом мы утверждаем, что повторение опыта должно привести к точному повторению конечного состояния вектора  $x(t)$ , который описывает системы, или к повторению выборки (в смысле ее статистических характеристик) [1, 3, 5-8, 9-14, 17-27, 29, 31, 42-45].

Точное или приближенное (в рамках стохастики) повторение всего процесса (или его окончания) гарантирует возможности его изучения и моделирование. Последнее осуществляется в рамках науки математики. Следовательно, формализация (в виде формул, символов) и сжатие информации является третьим и очень важным принципом (и признаком) научности знаний. Мы давно ушли от таблиц и графиков в построении моделей и теории.

Повторение, воспроизведение, формализация (математизация) знаний –

важные три принципа научности знаний. При этом остается много наук, где это невозможно и информация о процессах хранится в виде словесных знаний. Это история, археология, многие разделы биологии, медицины, психологии. Формально эти науки очень слабо подпадают под определение «наука». Не зря один из выдающихся физиков 20-го века говорил, из наук есть только физика и математика, а остальное – кашеварение.

Отчасти этот гений был прав, т.к. три признака науки для многих современных наук слабо подходят. Этот тезис усиливается четвертым признаком научности знаний: наука должна делать прогноз будущих событий и процессов. Если наука не может делать прогноз для  $x(t_f)$  в виде точки или выборки, то знания не могут быть научными. В этом случае мы имеем дело, например, с уникальными системами и процессами [1, 3, 5-8, 9, 11, 13, 15, 17-27, 29, 31, 42-45].

Последний, пятый признак (или принцип) научности знаний – это возможность релятивизма. Истинная наука всегда допускает возможности пересмотра теорий, методов, моделей и знаний в целом. Иногда наука превращается в догму (веру, иллюзию). Отход от реальных новых фактов и теорий приводит к потере научных знаний. Тогда знания становятся антинаучными.

Отметим, что по этим пяти признакам (принципам) научности знаний любая неточная (история, социология, биомедицина и т.д.) наука является квазинаукой. Религия использует обычно не повторяющиеся события и не воспроизводимые явления и процессы (явление Христа, например). У религии нет формального математического аппарата, и она не дает точных прогнозов на будущее (обычно оперируют чудом). Наконец, религия не допускает релятивизма. Если появляется раскол, то группу изменивших догме обвиняют в ереси и грехах. Поэтому религия – антинаука.

С этих же позиций многие науки можно назвать псевдонауками (или квазинауками), т.к. в истории, социологии, экономике очень трудно сделать прогноз, а

повторить прошедшие события и процессы в этих науках тоже невозможно (история не терпит сослагательных наклонений). Медицина тоже не может дать точный прогноз для конкретного человека, если она не применяет внешние управляющие воздействия (ВУВы) в виде лечения. Иногда наблюдается чудо: пациент должен жить, а он умер (или наоборот).

В медицине действуют много факторов, которые невозможно учесть. Однако, самый главный фактор – это эффект Еськова-Зинченко (ЭЕЗ). Для любого параметра  $x(t)$  организма человека мы не можем прогнозировать его будущее ни в виде точки (в ФПС), ни в виде выборки (точных статистических характеристик). Любая выборка уникальна и статистически неповторима (ЭЕЗ). В этом смысле СТТ не являются объектом ДСН, а также стохастика (и детерминизм) не могут описывать СТТ [1, 3, 5-8, 9-14, 17-27, 29, 31, 42-45].

С позиций 5-ти критериев (признаков) научности знаний, СТТ не являются повторимыми (или воспроизведимыми) системами. Аппарат ДСН не может описывать СТТ (нет моделей СТТ в ДСН) [17-23]. Наконец, для СТТ нет прогноза будущего, т.к. СТТ – это уникальные системы (прошлое не влияет на будущее) [3, 10, 12, 16, 20, 23, 34, 35]. Остается последний признак: возможность релятивизма.

Однако, этот пятый признак зависит не от СТТ (и их свойств уникальности), а от самой современной науки (ДСН). Сумеет ли наука признать особые свойства СТТ-complexity? Подчеркнем, что под complexity W. Weaver понимал неопределенность в изучении СТТ (для них нет четырех принципов науки). В итоге пятый признак остается открытым: сумеет ли наука (ДСН) признать гениальную гипотезу W. Weaver доказанной (СТТ нельзя изучать в рамках стохастики) и признает ли уникальность выборок (ЭЕЗ) [3, 10, 12, 16, 20, 23, 34-37]?

**Выводы.** Детальное (повторное) изучение статьи W. Weaver показало очевидный факт: и в названии статьи (Science and Complexity) и в определении

систем третьего типа (СТТ – живые системы) W. Weaver строго выделил СТТ в виде особых систем (не объект современной ДСН). Мы представляем конкретные цитаты, которые доказывают, что системы 2-го типа - стохастические, а СТТ выходит за рамки стохастики.

За последние 20 лет мы показали и доказали, что живые системы демонстрируют статистическую неустойчивость. Это получило название эффекта Еськова-Зинченко (ЭЕЗ). Следовательно, этот ЭЕЗ доказывает гипотезу W. Weaver (СТТ – не объект ДСН) и доказывает гипотезу Н.А. Бернштейна (о повторении без повторений) не только в биомеханике, но и в поведении любых систем регуляции функций организма (мы это показали на примере работы мышц, сердца, мозга и т.д.). В итоге мы показываем: как не может одна точка (любая!) описывать состояние систем 2-го типа (нужна выборка  $x_i(t)$ ), так и одна выборка (в рамках стохастики) не может описывать СТТ.

Для выхода из возникшего кризиса (ДСН не может описывать СТТ – живые системы!) мы предлагаем другой формальный аппарат и другую (третью) парадигму всей науки. В этом случае на первое место выходят хаос вместе с самоорганизацией и описывать СТТ можно с помощью псевдоаттракторов [1, 3, 5-8, 9-14, 17-27, 29, 31, 42-45]. Возникает новая наука (теория хаоса-самоорганизации – ТХС): в которой действуют другие законы и модели. Возникают и новые понятия (псевдоаттрактор, ЭЕЗ, неопределенности 1-го и 2-го типов). Ожидается новое понимание и для классификации науки, что связано с новым изучением трех парадигм науки (о них и говорил W. Weaver, когда предлагал подняться на третью ступень знаний). После детерминистской и стохастической парадигмы мы приходим к парадигме хаоса-самоорганизации.

## Литература

1. 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.
2. Bernstein N.A. The coordination and regulation of movements // Oxford, New York, Pergamon Press. 1967. 196 p.
  3. Betelin V.B., Eskov V.M., Galkin V.A., Gavrilenko T.V. Stochastic volatility in the dynamics of complex homeostatic systems // Doklady Mathematics. – 2017. – Vol. 95(1). – Pp. 92-94.
  4. Churchland MM, Cunningham JP, Kaufman MT, Foster JD, Nuyujukian P, Ryu SI, Shenoy KV. Neural population dynamics during reaching. // Nature. – Vol. 487– Pp. 51-56.
  5. Eskov V. M., Bazhenova A. E., Ilyashenko L. K., Grigorieva S. V. Effect of cold on involuntary movements in men with different levels of physical fitness in the Russian north. // Human Ecology. – 2019. – № 6. – Pp. 39-44.
  6. Eskov V. V., Popov Yu. M., Filatova D. Yu., Simanovskaya O. E. Chaos of involuntary movements under conditions of local cooling. // Human Ecology. – 2019.– №12 –Pp. 26-31.
  7. Eskov V.M. Models of hierarchical respiratory neuron networks // Neurocomputing. – 1996. – Vol. 11(2-4). – Pp. 203-226.
  8. Eskov V.M., Eskov V.V., Braginskii M.Ya., Pashnin A.S. Determination of the degree of synergism of the human cardiorespiratory system under conditions of physical effort // Measurement techniques. 2011. Vol. 54(7). Pp. 832-837.
  9. Eskov V.M., Eskov V.V., Filatova O.E. Characteristic features of measurements and modeling for biosystems in phase spaces of states // Measurement techniques. – 2011. – Vol. 53 (12). – Pp. 1404-1410.
  10. Eskov V.M., Eskov V.V., Gavrilenko T.V., Zimin M.I. Uncertainty in the quantum mechanics and biophysics of complex systems // Moscow University Physics Bulletin. – 2014. – No. 69 (5). – P. 406-411.
  11. 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.
  12. 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.
  13. 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.
  14. Eskov V.M., Gavrilenko T.V., Kozlova V.V., Filatov M.A. Measurement of the dynamic parameters of microchaos in the behavior of living biosystems // Measurement techniques. – 2012. – Vol. 55(9). – Pp. 1096-1101.
  15. Eskov V.M., Gavrilenko T.V., Vokhmina Y.V., Zimin M.I., Filatov M.A. Measurement of chaotic dynamics for two types of tapping as voluntary movements // Measurement techniques. – 2014. – Vol. 57(6). – Pp. 720-724.
  16. 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.
  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.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.
  19. 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.
  20. Eskov, V.M., Zinchenko, Y.P., Filatov, M.A., Ilyashenko, L.K. Glansdorff-

- Prigogine theorem in the description of tremor chaotic dynamics in cold stress // Human Ecology (Russian Federation). – 2017. – No. 5. – Pp. 27-32.
21. 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.
  22. Eskov, V.M., Filatova, O.E. Problem of identity of functional states in neuronal networks // Biophysics. 2003. 48(3), pp. 497-505.
  23. 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.
  24. 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.
  25. Filatova D.Yu., Bashkatova Yu.V., Melnikova E.G., Shakirova L.S. Homogeneity of the parameters of the cardiotervals in school children after north-south travel. // Human Ecology. – 2020. – №1 – Pp. 6-10.
  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. 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.
  28. Filatova O.E. Measurement and control facilities for investigating neuron systems // Measurement techniques. 1998. – Vol. 41(3). – Pp. 229-232.
  29. 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.
  30. Gell-Mann M. Fundamental Sources of Unpredictability // Complexity. – 1997. – Vol. 3, №1. – Pp.13-19.
  31. 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
  32. Haken H. Principles of brain functioning: a synergetic approach to brain activity, behavior and cognition (Springer series in synergetics). Springer, 1995. – 349 p.
  33. 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.
  34. 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.
  35. Prigogine I., Stengers I. The End of Certainty: Time, Chaos, and the New Laws of Nature, NY: First free Edition, 1997. – 228.
  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. Seising, R. Warren Weaver’s “Science and complexity” revisited. // Soft computing in humanities and social sciences. 2012. – Pp. 55–87.
  38. Vokhmina Y. V., Eskov V. M., Gavrilenko T. V., Filatova O. E. Measuring order parameters based on neural network technologies // Measurement techniques. 2015. Vol. 58 (4). P. 462–466.
  39. Weaver W. Science and Complexity // American Scientist. – 1948. – Vol. 36, №4. – Pp. 536-544.
  40. Wheeler J.A. Information, physics, quantum: the search for links. In Feynman and Computation: Exploring the Limits of Computers, ed A.J.G. Hey Cambridge, MA: Perseus Books, 1999. –309 p.
  41. Wheeler J.A. The universe as home for man American Institute of Physics Press, Woodbury: New York, 1996. – 365 p.

42. Zilov V. G., Eskov V. M., Khadartsev A. A., Eskov V. V. Experimental confirmation of the effect of "Repetition without repetition" N. A. Bernstein // Bulletin of experimental biology and medicine. 2017. Vol. 163 (1). P. 4–8.
43. Zilov V. G., Khadartsev A. A., Eskov V. V., Eskov V. M. Experimental study of statistical stability of cardiointerval samples // Bulletin of experimental biology and medicine. 2017. Vol. 164 (2). P. 115–117.
44. 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.
45. Zilov V. G., Khadartsev A. A., Ilyashenko L. K., Eskov V. V., Minenko I. A. Experimental analysis of the chaotic dynamics of muscle biopotentials under various static loads // Bulletin of experimental biology and medicine. – 2018. – Vol. 165 (4). – Pp. 415–418.
46. 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). – Pp. 419-423.
- References**
1. 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.
  2. Bernstein N.A. The coordination and regulation of movements // Oxford, New York, Pergamon Press. 1967. 196 p.
  3. Betelin V.B., Eskov V.M., Galkin V.A., Gavrilenko T.V. Stochastic volatility in the dynamics of complex homeostatic systems // Doklady Mathematics. – 2017. – Vol. 95(1). – Pp. 92-94.
  4. Churchland MM, Cunningham JP, Kaufman MT, Foster JD, Nuyujukian P, Ryu SI, Shenoy KV. Neural population dynamics during reaching. // Nature. – Vol. 487– Pp. 51-56.
  5. Eskov V. M., Bazhenova A. E., Ilyashenko L. K., Grigorieva S. V. Effect of cold on involuntary movements in men with different levels of physical fitness in the Russian north. // Human Ecology. – 2019. – № 6. – Pp. 39-44.
  6. Eskov V. V., Popov Yu. M., Filatova D. Yu., Simanovskaya O. E. Chaos of involuntary movements under conditions of local cooling. // Human Ecology. – 2019.– №12 –Pp. 26-31.
  7. Eskov V.M. Models of hierarchical respiratory neuron networks // Neurocomputing. – 1996. – Vol. 11(2-4). – Pp. 203-226.
  8. Eskov V.M., Eskov V.V., Braginskii M.Ya., Pashnin A.S. Determination of the degree of synergism of the human cardiorespiratory system under conditions of physical effort // Measurement techniques. 2011. Vol. 54(7). Pp. 832-837.
  9. Eskov V.M., Eskov V.V., Filatova O.E. Characteristic features of measurements and modeling for biosystems in phase spaces of states // Measurement techniques. – 2011. – Vol. 53 (12). – Pp. 1404-1410.
  10. Eskov V.M., Eskov V.V., Gavrilenko T.V., Zimin M.I. Uncertainty in the quantum mechanics and biophysics of complex systems // Moscow University Physics Bulletin. – 2014. – No. 69 (5). – P. 406-411.
  11. 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.
  12. 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.
  13. 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.
14. Eskov V.M., Gavrilenko T.V., Kozlova V.V., Filatov M.A. Measurement of the dynamic parameters of microchaos in the behavior of living biosystems // Measurement techniques. – 2012. – Vol. 55(9). – Pp. 1096-1101.
  15. Eskov V.M., Gavrilenko T.V., Vokhmina Y.V., Zimin M.I., Filatov M.A. Measurement of chaotic dynamics for two types of tapping as voluntary movements // Measurement techniques. – 2014. – Vol. 57(6). – Pp. 720-724.
  16. 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.
  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.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.
  19. 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.
  20. Eskov, V.M., Zinchenko, Y.P., Filatov, M.A., Ilyashenko, L.K. Glansdorff-Prigogine theorem in the description of tremor chaotic dynamics in cold stress // Human Ecology (Russian Federation). – 2017. – No. 5. – Pp. 27-32.
  21. 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.
  22. Eskov, V.M., Filatova, O.E. Problem of identity of functional states in neuronal networks // Biophysics. 2003. 48(3), pp. 497-505.
  23. 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.
  24. 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.
  25. 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.
  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. 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.
  28. Filatova O.E. Measurement and control facilities for investigating neuron systems // Measurement techniques. 1998. – Vol. 41(3). – Pp. 229-232.
  29. 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.
  30. Gell-Mann M. Fundamental Sources of Unpredictability // Complexity. – 1997. – Vol. 3, №1. – Pp.13-19.
  31. 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
  32. Haken H. Principles of brain functioning: a synergetic approach to brain activity, behavior and cognition (Springer series in synergetics). Springer, 1995. – 349 p.
  33. 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.
34. 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.
35. Prigogine I., Stengers I. The End of Certainty: Time, Chaos, and the New Laws of Nature, NY: First free Edition, 1997. – 228.
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. Seising, R. Warren Weaver's "Science and complexity" revisited. // Soft computing in humanities and social sciences. 2012. – Pp. 55–87.
38. Vokhmina Y. V., Eskov V. M., Gavrilenko T. V., Filatova O. E. Measuring order parameters based on neural network technologies // Measurement techniques. 2015. Vol. 58 (4). P. 462–466.
39. Weaver W. Science and Complexity // American Scientist. – 1948. – Vol. 36, №4. – Pp. 536-544.
40. Wheeler J.A. Information, physics, quantum: the search for links. In Feyman and Computation: Exploring the Limits of Computers, ed A.J.G. HeyCambridge, MA: Perseus Books, 1999. –309 p.
41. Wheeler J.A. The universe as home for man American Institute of Physics Press, Woodbury: New York, 1996. – 365 p.
42. Zilov V. G., Eskov V. M., Khadartsev A. A., Eskov V. V. Experimental confirmation of the effect of "Repetition without repetition" N. A. Bernstein // Bulletin of experimental biology and medicine. 2017. Vol. 163 (1). P. 4–8.
43. Zilov V. G., Khadartsev A. A., Eskov V. V., Eskov V. M. Experimental study of statistical stability of cardiointerval samples // Bulletin of experimental biology and medicine. 2017. Vol. 164 (2). P. 115–117.
44. 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.
45. Zilov V. G., Khadartsev A. A., Ilyashenko L. K., Eskov V. V., Minenko I. A. Experimental analysis of the chaotic dynamics of muscle biopotentials under various static loads // Bulletin of experimental biology and medicine. – 2018. – Vol. 165 (4). – Pp. 415–418.
46. 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). – Pp. 419-423.