

## АНАЛИЗ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКОГО ХАОСА В БИОСИСТЕМАХ

О.Н. БОДИН\*, В.А. ГАЛКИН\*\*, О.Е. ФИЛАТОВА\*\*, Ю.В. БАШКАТОВА\*\*

\*Пензенский государственный технологический университет,  
проезд Байдукова, ул. Гагарина, д. 1а/11, г. Пенза, 440039, Россия

\*\*ФГУ «ФНЦ Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук». Обособленное подразделение «ФНЦ НИИСИ РАН» в г. Сургуте,  
ул. Базовая, д. 34, г. Сургут, 628400, Россия, e-mail: firing.squad@mail.ru

**Аннотация.** Известны основные три признака регистрации динамического хаоса Лоренца в моделях различных систем. **Цель исследования.** Доказать отсутствие динамического хаоса в поведении параметров биосистем (на примере сердечно-сосудистой системы). **Объекты и методы исследования.** Исследовалась группа женщин (30 человек), средний возраст  $\langle T \rangle = 28$  лет по основным параметрам работы сердца. При этом детально подвергались анализу параметры кардиоинтервалов. У каждого испытуемого (из всей группы) регистрировали по 15 выборок кардиоинтервалов (по 5 минут каждая) и рассчитывали матрицы парных сравнений выборок и значения показателей Ляпунова. В итоге было построено 15 таких матриц и для каждого испытуемого рассчитывались по 15 значений параметров Ляпунова  $\lambda$  (показатели в экспоненте). **Результаты и их обсуждение.** Установлено, что все 15 матриц показали разные числа  $k$  пар выборок кардиоинтервалов, для которых критерий Вилкоксона  $p_{ij} \geq 0,05$ . При этом любой испытуемый демонстрирует (на своих 15-ти выборках) разные значения показателя Ляпунова (наибольший показатель может быть положительным, отрицательным или принимать значения ноль). **Выводы.** Все 15 матриц парных сравнений выборок показывают отсутствие статистических совпадений ( $k \leq 15\%$ ). При этом произвольное (хаотическое) изменение знака у наибольшего показателя Ляпунова доказывает отсутствие динамического хаоса Лоренца. Выборки статистически неустойчивы и не могут демонстрировать динамический хаос Лоренца. Отсутствует свойство перемешивания, автокорреляционные функции не стремятся к нулю. Биосистемы не могут быть объектом современной науки.

**Ключевые слова:** стохастика, константы Ляпунова, эффект Еськова-Зинченко.

## ANALYSES OF THE OCCURRENCE OF DYNAMIC CHAOS IN BIOSYSTEMS

O.N. BODIN\*, V.A. GALKIN\*\*, O.E. FILATOVA\*\*, YU.V. BASHKATOVA\*\*

\*Penza State Technological University, Baydukov's passage, st. Gagarina, 1a / 11, Penza, 440039, Russia

\*\*Federal research center for scientific research institute of system research of the Russian Academy of Sciences, Special division in Surgut, Bazovaya Str., 34, Surgut, 628400, Russia, e-mail: firing.squad@mail.ru

**Abstract.** There are three basic principles for registration dynamical chaos in different nature systems. **Goal of researching.** We must prove the absent of deterministic chaos for biosystems behavior (as an example for cardio-vascular system). **Object and methods.** It was investigated one group of woman (30 woman) average age  $\langle T \rangle = 28$  years according to basic parameters of heart rate (cardiointervals). For every woman it was registrated 15 samples of cardiointervals (during 5 minutes). We calculated the matrix of pare comparison of all such 15 samples and the Lyapunov exponents. So it was calculated 15 matrixes (for all 15 woman) and for every woman we calculated such Lyapunov exponents  $\lambda$  (for exponent value  $e^{\lambda x}$ ). **Result.** All 15 matrixes demonstrated different value of number  $k$  (the number of pare with Wilcoxon's parameter  $p_{ij} \geq 0,05$ ). Every woman demonstrated different Lyapunov value  $\lambda$ . sometimes  $\lambda > 0$ , or  $\lambda = 0$ , or  $\lambda < 0$  for one woman, for 15 it samples. **Conclusion.** All 15 matrixes of pare comparison demonstrated the absent of stochastic stability ( $k \leq 15\%$ ). We registrated voluntary changes of Lyapunov exponents ( $\lambda < 0$ ,  $\lambda = 0$ ,  $\lambda > 0$  for one (every) woman with stable state of heart regulation systems). All samples are stochastic instability and it is not dynamical (deterministic) chaos. So all biosystems are not objects of (traditional stochastic or deterministic) science.

**Keywords:** stochastics, chaos, Lyapunov exponents, Eskov-Zinchenko effect.

**Введение.** В связи с открытием динамического хаоса Лоренца многие нобелевские лауреаты были уверены, что такой хаос имеет место и у биосистем. До настоящего времени никто в этом не сомневался, включая четырех нобелевских лауреатов: I.R. Prigogine [22], M. Gell-Mann [16], R. Penrose [21] и В.Л. Гинзбурга [17]. В итоге, только W. Weaver в 1948 году высказал сомнения в дальнейшем использовании детерминистской и стохастической науки (ДСН) в изучении биосистем [23].

Однако, за последние 20 лет был открыт эффект *Еськова-Зинченко* (ЭЗ), который доказывает завершение дальнейшего использования ДСН в биомедицине. В связи с этим возникает и закономерный вопрос о дальнейшем применении теории динамического хаоса Лоренца в изучении биосистем. Все эти нобелевские лауреаты (и сотни тысяч других ученых) были твердо уверены в возможности динамического хаоса при моделировании динамики биосистем [1-7].

В настоящей работе показывается, что и хаос Лоренца не имеет никакого отношения к изучению биосистем и человека в частности. Медицина не может использовать методы и модели ДСН в дальнейшей работе врача из-за отсутствия статистической устойчивости выборок параметров биосистем [7-13].

В работе показаны конкретные примеры того, почему это истина, почему ДСН уже не может быть использована в изучении функций организма человека. Хаос и отсутствие устойчивых показателей (константы Ляпунова во всех исследованиях 225-ти выборках *кардиоинтервалов* (КИ) убедительно доказывают это. Эпоха ДСН завершается и модели хаоса Лоренца бесполезны [10-15, 18-20].

**Объекты и методы исследования.** Обследовалась группа из 15-ти женщин (средний возраст группы  $\langle T \rangle = 28$  лет) согласно Хельсинской декларации с помощью прибора «Элокс-01». Регистрация повторялась у каждого испытуемого по 15 раз подряд. В итоге для каждого испытуемого всего получено по 15 выборок КИ, в каждой из которых было не менее 300 КИ (измерялись в мсек.) [1-7].

По полученным выборкам КИ для каждого человека мы строили матрицы парных сравнений выборок КИ [3-15, 18-20]. В этих матрицах было по 105 разных пар сравнения в виде элементов матрицы  $p_{ij}$ . Здесь  $p_{ij}$  – это критерии Вилкоксона, которые при (для  $i$ -й и  $j$ -й выборки)  $p_{ij} \geq 0,05$  показывают возможность статистического совпадения этих двух выборок. При  $p_{ij} < 0,05$  выборки статистически не совпадают.

В итоге были рассчитаны все такие числа  $k$  пар, у которых  $p_{ij} \geq 0,05$ , для всех 15-ти матриц сравнений выборок. Это доказывает реальность ЭЗ. Далее мы для всех 15-ти выборок для каждого человека рассчитывали показатели Ляпунова  $\lambda_i$  и находили положительные значения этих параметров ( $\lambda_i > 0$ ).

Расчет показателей Ляпунова позволяет нам найти наибольшее положительное число  $\lambda_i$ , по которому можно говорить о расхождении близлежащих фазовых траекторий для выборок КИ. В этом случае мы можем говорить о возникновении динамического хаоса Лоренца.

**Результаты и их обсуждение.** Напомним, что существуют три критерия динамического хаоса. Во-первых, мы в фазовом пространстве (в пределах аттрактора Лоренца) можем регистрировать свойство перемешивания. Это означает, что количество точек в таком странном аттракторе, которые попадают в малый объем  $\Delta V$ , будут приблизительно одинаково для разных областей этого аттрактора.

Во-вторых, автокорреляционные функции должны стремиться к нулю. В-третьих, константы Ляпунова  $\lambda_i$  должны быть положительными. Последнее означает, что две, близлежащие *фазовые траектории* (ФТ) в таком *фазовом пространстве состояний* (ФПС), должны всегда расходиться. Расчет этих  $\lambda_i$  позволяет изучать эти аттракторы.

Таблица 1

**Матрица парных сравнений выборок кардиоинтервалов (КИ) одного испытуемого (без нагрузки, число повторов n=15), использовался критерий Вилкоксона (критерий различий  $p < 0,05$ , число совпадений  $k=10$ )**

|    |      |      |      |      |      |             |      |      |             |             |             |             |             |      |      |
|----|------|------|------|------|------|-------------|------|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------|------|
|    | 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        | 0,00 | 0,00 | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00 | 0,00 |
| 2  | 0,00 |      | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00        | 0,00 | 0,00 | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00 | 0,00 |
| 3  | 0,00 | 0,00 |      | 0,00 | 0,02 | 0,00        | 0,00 | 0,00 | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00 | 0,00 |
| 4  | 0,00 | 0,00 | 0,00 |      | 0,00 | 0,04        | 0,04 | 0,00 | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00 | 0,00 |
| 5  | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 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 | 0,04 | 0,00 |             | 0,78 | 0,00 | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00 | 0,00 |
| 7  | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,00 | <b>0,78</b> |      | 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        | 0,00        | 0,00 | 0,00 |
| 9  | 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 | 0,77 |
| 10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00        | 0,00 | 0,00 | 0,00        |             | 0,25        | 0,04        | 0,67        | 0,73 | 0,00 |
| 11 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00        | 0,00 | 0,00 | 0,00        | <b>0,25</b> |             | 0,02        | 0,38        | 0,49 | 0,00 |
| 12 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00        | 0,00 | 0,00 | 0,00        | 0,04        | 0,02        |             | 0,08        | 0,14 | 0,00 |
| 13 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00        | 0,00 | 0,00 | 0,00        | <b>0,67</b> | <b>0,38</b> | <b>0,08</b> |             | 0,30 | 0,00 |
| 14 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00        | 0,00 | 0,00 | 0,00        | <b>0,73</b> | <b>0,49</b> | <b>0,14</b> | <b>0,30</b> |      | 0,00 |
| 15 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00        | 0,00 | 0,00 | <b>0,77</b> | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00 |      |

Первоначально мы построили 15 матриц парных сравнений выборок КИ. В этих матрицах были рассчитаны числа  $k$  пар выборок КИ, которые имеют критерий Вилкоксона  $p_{ij} \geq 0,05$ . Для примера мы представляем одну, типичную такую матрицу в виде табл. 1, где проставлены все критерии Вилкоксона  $p$ . Очевидно, что в табл. 1 это число  $k=10$  весьма невелико. Это означает отсутствие статистических совпадений выборок, т.е. ЭЗ [1-8].

В итоге, все 15 матриц показали числа  $k$ , которые всегда  $k \leq 15\%$  от всех 105 разных пар сравнения. Это доказывает реальность ЭЗ, т.е. выборки уникальны и частота их статистических совпадений для одного и того же испытуемого весьма мала ( $p^* \leq 0,15$ ). Для статистики это тоже малое число, т.к. обычно статистика требует  $p^* \geq 0,95$ , а у нас 85% (и более) не совпадают.

В итоге возникает базовый вопрос: с каким видом хаоса мы имеем дело при изучении параметров ССС? Могут ли КИ показывать динамический хаос Лоренца? Для ответов на эти вопросы мы для каждой выборки КИ рассчитали экспоненты Ляпунова и выяснили, что в любой выборке (из 15-ти значений) для каждого человека мы наблюдаем неустойчивость знака  $\lambda_i$ . В одной выборке КИ  $\lambda_i$  могут быть отрицательными, в другой положительными.

Такое поведение  $\lambda_i$  иллюстрируется рис. 1, где мы представляем данные по  $\lambda_i$  по 10-ти выборкам КИ одного и того же испытуемого, но всего испытуемых было двое. Один испытуемый (рис. 1.А) был в нормогенезе (без патологии). Второй испытуемый (рис. 1.В) с выраженной брадикардией. Очевидно, что  $\lambda_i$  принимают разные значения (разные знаки). В итоге, мы имеем схождение или расхождение ФТ и этот процесс хаотический. Нет доказательства динамического хаоса Лоренца для КИ. Подчеркнем, что рис. 1 получается при разбиении одной выборки КИ (на 10 равных отрезков). В итоге, в каждом таком отрезке было не менее 30-ти точек (КИ). Рисунок показывает, что имеется хаотическое изменение знака старшего показателя Ляпунова даже на интервале 5 минут (регистрации КИ).

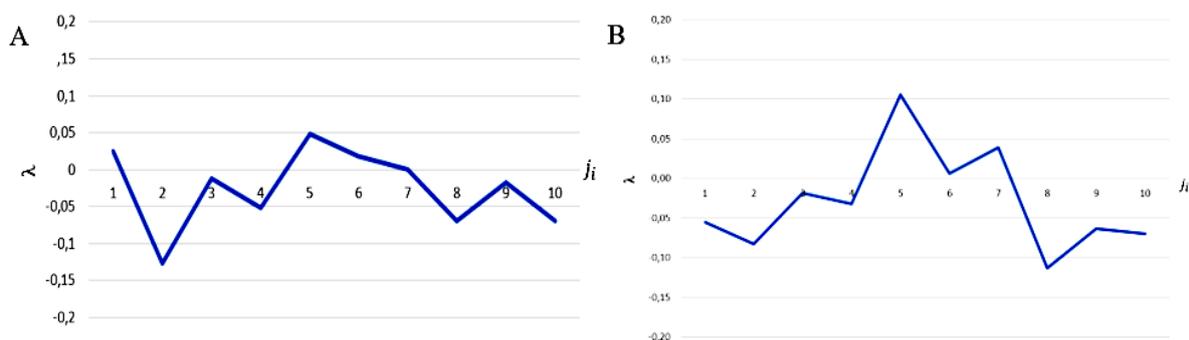


Рис. 1. Расчет старшего показателя Ляпунова для временных рядов КИ испытуемой: А) нормогенез; В) брадикардия

Как видно из рис. 1 (А, В) знак старшего показателя Ляпунова ( $\lambda$ ) все время меняется на разных временных интервалах ( $j_i$ ) одного временного ряда, что подтверждает наличие хаотичности во временных рядах кардиосигналов. Аналогичные результаты показали и расчеты старшего показателя Ляпунова при 15-ти повторях регистрации кардиосигналов.

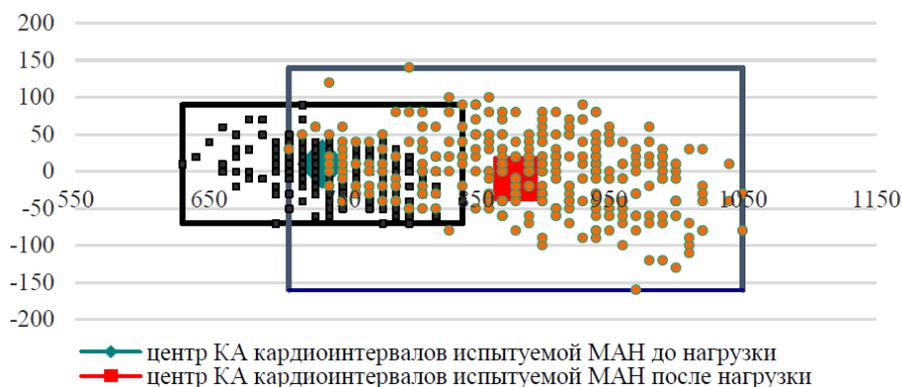


Рис. 2. Фазовые портреты состояния параметров кардиоинтервалов испытуемой МАН до физической нагрузки ( $S_1=0,034 \times 10^6$  у.е.) и после нагрузки ( $S_2=0,102 \times 10^6$  у.е.)

Графической иллюстрацией этому являются фазовые портреты выборок КИ, которые представлены на рис. 2. Очевидно, что фазовые траектории на этом рисунке пересекаются. Это доказывает отсутствие расхождения двух соседних ФТ. Очевидно, что и константы  $\lambda_i$  не могут быть положительными. Более того, из рис. 2 следует, что нет свойства перемешивания. Плотности вероятности в пределах фазового портрета рис. 2 хаотически изменяются (нет равномерного распределения).

Таких фазовых портретов (подобных рис. 2) нами было построено несколько тысяч и везде картина одинакова: нет равномерной плотности точек. Рисунок это доказывает, т.к. показывает разные статистические функции для разных интервалов времени  $\Delta t_i$ . Это значит, что мы не можем повторить выборки и плотность вероятности непрерывно и хаотически изменяется каждые 5 минут регистрации КИ.

Фазовые траектории то сходятся, то расходятся, иногда пересекаются. Все это показывает отсутствие странного аттрактора Лоренца. Нет и свойства перемешивания, что показывает хаотическое изменение знака у старшей константы Ляпунова на рис. 1. Табл. 1 тоже это доказывает, т.к. сердце генерирует на каждом интервале  $\Delta t_i$  свою статистическую функцию. Эти статистические функции не совпадают, т.к. мы не можем получить равномерного распределения (нет свойства перемешивания), отсутствует равномерное распределение.

**Выводы.** Статистическая неустойчивость выборок КИ доказывает ЭЗ. В этой связи возникает базовая проблема: имеется ли динамический хаос для этих выборок? Если его нет, то тогда мы не можем использовать и стохастику (из-за ЭЗ), и динамический хаос Лоренца. Последний можно зарегистрировать тремя разными способами (об этом мы говорили в самом начале статьи).

Два из этих способов (доказательство свойства перемешивания и расчет констант  $\lambda_i$  Ляпунова) были использованы в настоящей работе. Оказалось, что константы Ляпунова  $\lambda_i$  меняют свой знак при переходе от одной выборки к другой у одного и того же испытуемого. Это означает отсутствие хаоса Лоренца. Надежды нобелевских лауреатов оказались нереализованными.

Одновременно все 225 фазовых портретов выборок КИ показали возможность хаотического пересечения их фазовых траекторий (в рамках одного фазового портрета). Одновременно отсутствует инвариантность мер. В разных областях псевдоаттрактора на ФПС мы регистрируем разную плотность точек (из ФТ). В целом хаос Лоренца для КИ совершенно отсутствует. Мы имеем ЭЗ – статистический хаос КИ.

### Литература

1. Горбунова М.Н., Мордвинцева А.Ю., Веденева Т.С., Воробей О.А., Мандрыка И.А. Проблема однородности выборок произвольных и непроизвольных движений человека // Вестник новых медицинских технологий. 2021. Т. 28, №1. С. 60–63. DOI: 10.24412/1609-2163-2021-1-60-63.
2. Еськов В.В., Башкатова Ю.В., Шакирова Л.С., Веденева Т.С., Мордвинцева А.Ю. Проблема стандартов в медицине и физиологии // Архив клинической и экспериментальной медицины. 2020. Т. 29, № 3. С. 211–216.
3. Еськов В.В. Математическая трактовка стационарных состояний в биомеханике // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2021. № 1. С. 69–82. DOI: 10.12737/2306-174X-2021-60-69.
4. Еськов В.М., Галкин В.А., Еськов В.В., Филатов М.А. Физические и живые системы различаются существенно // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2020. № 4. С. 52–59. DOI: 10.12737/2306-174X-2021-57-64.
5. Козлова В.В., Филатов М.А., Еськов В.В., Шакирова Л.С. Новые подходы в измерении биосистем с позиций "Complexity" W. Weaver и "Fuzziness" L.A. Zadeh // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2021. № 1. С. 83–93. DOI: 10.12737/2306-174X-2021-70-78.
6. 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.
7. Филатов М.А., Еськов В.М., Козлова В.В., Филатова Д.Ю., Мельникова Е.Г. Доказательство гипотезы W. Weaver в электрофизиологии // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2021. № 1. С. 5–12. DOI: 10.12737/2306-174X-2021-5-8.
8. Хадарцев А.А., Гавриленко Т.В., Горбунов Д.В., Веденев В.В. Математические аспекты статьи W. Weaver "Science and complexity" // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2020. № 4. С. 70–79. DOI: 10.12737/2306-174X-2021-74-84.
9. 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. P. 57–63. DOI: 10.3103/S0027134919010089.
10. Eskov V.M., Gudkov A.B., Filatov M.A., Eskov V.V. Principles of homeostatic regulation of functions in human ecology // Human Ecology. 2019. Vol. 10. P. 41–49. DOI:10.33396/1728-0869-2019-10-41-49.
11. 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. 2017. Vol. 5. P. 27–32. DOI:10.33396/1728-0869-2017-5-27-32.

12. 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. P. 11–16. DOI:10.33396/1728-0869-2019-7-11-16.
13. Filatov M.A., Ilyashenko L.K., Makeeva S.V. Psychophysiological parameters of students before and after translatitude travels // *Human Ecology*. 2019. Vol. 4. P. 18–24. DOI:10.33396/1728-0869-2019-4-18-24.
14. Filatova D.Yu., Bashkatova Yu.V., Filatov M.A., Ilyashenko L.K. Parameter evaluation of cardiovascular system in schoolchildren under the conditions of latitudinal displacement // *Human Ecology*. 2018. Vol. 4. P. 30–35. DOI:10.33396/1728-0869-2018-4-30-35.
15. 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.
16. Gell-Mann M. Fundamental Sources of Unpredictability // *Complexity*. 1997. Vol. 3, №1. P. 13–19.
17. Ginzburg V.L. What problems of physics and astrophysics seem now to be especially important and interesting (thirty years later, already on the verge of XXI century)? // *Physics-Uspekh*. 1999. Vol. 42. P. 353–373. DOI: 10.1070/PU1999v042n04ABEH000562.
18. 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. P. 052027. DOI:10.1088/1742-6596/1515/5/052027.
19. Grigorenko N.B., Nazina V.V., Filatov M.A., Chempalova L.S., Tretyakov S. A. New information technologies in the estimation of the third type systems // *Journal of Physics: Conference Series* 1889. 2021. P. 032003. DOI:10.1088/1742-6596/1889/3/032003.
20. 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. P. 27–31. DOI:10.33396/1728-0869-2020-7-27-31.
21. Penrose R. Newton, quantum theory and reality. In: Hawking, S.W. Israel, W.: 300 Years of Gravity. Cambridge University Press: Cambridge, 1987.
22. Prigogine I.R. *The End of Certainty: Time, Chaos, and the New Laws of Nature*, 1996.
23. Weaver W. Science and Complexity // *American Scientist*. 1948. Vol. 36. P. 536–544.

## References

1. Gorbunova MN, Mordvintseva AYu, Vedeneeva TS, Vorobey OA, Mandryka IA. Problema odnorodnosti vyborok proizvol'nykh i neproizvol'nykh dvizhenii cheloveka [The problem of uniformity of samples of voluntary and involuntary human movements]. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii* [Bulletin of new medical technologies]. 2021;28(1):60-3. DOI: 10.24412 / 1609-2163-2021-1-60-63. Russian.
2. Eskov VV, Bashkatova YuV, Shakirova LS, Vedeneeva TS, Mordvintseva AYu. Problema standartov v meditsine i fiziologii [The problem of standards in medicine and physiology]. *Arkhiv klinicheskoi i eksperimental'noi meditsiny*. 2020;29(3):211-6. Russian.
3. Eskov VV. Matematicheskaya traktovka statsionarnykh sostoyanii v biomekhanike [Mathematical interpretation of stationary states in biomechanics]. *Complexity. Mind. Postnonclassics*. 2021;1:69-82. DOI: 10.12737 / 2306-174X-2021-60-69. Russian.
4. Eskov VM, Galkin VA, Eskov VV, Filatov MA. Fizicheskie i zhivye sistemy razlichayutsya sushchestvenno [Physical and living systems differ significantly]. *Slozhnost'. Razum. Postneklassika*. 2020;4:52-9. DOI: 10.12737 / 2306-174X-2021-57-64. Russian.
5. Kozlova VV, Filatov MA, Eskov VV, Shakirova LS. Novye podkhody v izmerenii biosistem s pozitsii "Complexity" W. Weaver i "Fuzziness" L.A. Zadeh [New approaches to measuring biosystems from the standpoint of "Complexity" W. Weaver and "Fuzziness" L.A. Zadeh]. *Slozhnost'. Razum. Postneklassika*. 2021;1:83-93. DOI: 10.12737 / 2306-174X-2021-70-78. Russian.
6. Pyatin VF, Eskov VV, Filatova OE, Bashkatova YuV. Novye predstavleniya o gomeostaze i evolyutsii gomeostaza [New ideas about homeostasis and the evolution of homeostasis]. *Arkhiv klinicheskoi i eksperimental'noi meditsiny*. 2019;28(1):21-7. Russian.
7. Filatov MA, Eskov VM, Kozlova VV, Filatova DYu, Melnikova EG. Dokazatel'stvo gipotezy W. Weaver v elektrofiziologii [Proof of W. Weaver's hypothesis in electrophysiology]. *Slozhnost'. Razum. Postneklassika*. 2021;1:5-12. DOI: 10.12737 / 2306-174X-2021-5-8. Russian.
8. Khadartsev AA, Gavrilenko TV, Gorbunov DV, Vedeneev VV. Matematicheskie aspekty stat'i W. Weaver "Science and complexity" [Mathematical aspects of W. Weaver's article "Science and complexity"]. *Slozhnost'. Razum. Postneklassika*. 2020;4:70-9. DOI: 10.12737 / 2306-174X-2021-74-84. Russian.
9. Eskov VV, Filatova DY, Ilyashenko LK, Vochmina YV. Classification of uncertainties in modeling of complex biological systems. *Moscow university physics bulletin*. 2019;74(1):57-63. DOI: 10.3103/S0027134919010089.

10. Eskov VM, Gudkov AB, Filatov MA, Eskov VV. Principles of homeostatic regulation of functions in human ecology. *Human Ecology*. 2019;10:41-9. DOI:10.33396/1728-0869-2019-10-41-49.
11. Eskov VM, Zinchenko YP, Filatov MA, Ilyashenko LK. Glansdorff-Prigogine theorem in the description of tremor chaotic dynamics in cold stress. *Human Ecology*. 2017;5:27-32. DOI:10.33396/1728-0869-2017-5-27-32.
12. Filatov MA, Ilyashenko LK, Kolosova AI, Makeeva SV. Stochastic and chaotic analysis of students' attention parameters of different ecological zones. *Human Ecology*. 2019;7:11-6. DOI:10.33396/1728-0869-2019-7-11-16.
13. Filatov MA, Ilyashenko LK, Makeeva SV. Psychophysiological parameters of students before and after translatititude travels. *Human Ecology*. 2019;4:18-24. DOI:10.33396/1728-0869-2019-4-18-24.
14. Filatova DYU, Bashkatova YuV, Filatov MA, Ilyashenko LK. Parameter evaluation of cardiovascular system in schoolchildren under the conditions of latitudinal displacement. *Human Ecology*. 2018;4:30-5. DOI:10.33396/1728-0869-2018-4-30-35.
15. Filatova OE, Bashkatova YuV, Shakirova LS, Filatov MA. Neural network technologies in system synthesis. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2021;1047:012099 DOI:10.1088/1757-899X/1047/1/012099.
16. Gell-Mann M. Fundamental Sources of Unpredictability. *Complexity*. 1997;3:13-9.
17. Ginzburg VL. What problems of physics and astrophysics seem now to be especially important and interesting (thirty years later, already on the verge of XXI century)? *Physics-Uspekhi*. 1999;42:353-73. DOI: 10.1070/PU1999v042n04ABEH000562
18. Grigorenko VV, Eskov VM, Nazina NB, Egorov AA. Information-analytical system of cardiographic information functional diagnostics. *Journal of Physics: Conference Series*. 2020;1515:052027 DOI:10.1088/1742-6596/1515/5/052027
19. Grigorenko NB, Nazina VV, Filatov MA, Chempalova LS, Tretyakov SA. New information technologies in the estimation of the third type systems. *Journal of Physics: Conference Series* 1889. 2021:032003. DOI:10.1088/1742-6596/1889/3/032003
20. Khadartseva KA, Filatov MA, Melnikova EG. The problem of homogenous sampling of cardiovascular system parameters among migrants in the Russian North. *Human Ecology*. 2020;7:27-31. DOI:10.33396/1728-0869-2020-7-27-31
21. Penrose R. Newton, quantum theory and reality. In: Hawking, S.W. Israel, W.: 300 Years of Gravity. Cambridge University Press: Cambridge, 1987.
22. Prigogine IR. *The End of Certainty: Time, Chaos, and the New Laws of Nature*. Free Press, 1996.
23. Weaver W. *Science and Complexity*. American Scientist. 1948;36:536-44.

---

**Библиографическая ссылка:**

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. №4. Публикация 1-8. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2021-4/1-8.pdf> (дата обращения: 30.08.2021). DOI: 10.24412/2075-4094-2021-4-1-8\*

**Bibliographic reference:**

Bodin ON, Galkin VA, Filatova OE, Bashkatova YuV. Analiz vozniknovenija dinamicheskogo haosa v biosistemah [Analyses of the occurrence of dynamic chaos in biosystems]. *Journal of New Medical Technologies, e-edition*. 2021 [cited 2021 Aug 30];4 [about 6 p.]. Russian. Available from: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2021-4/1-8.pdf>. DOI: 10.24412/2075-4094-2021-4-1-8

\* номера страниц смотреть после выхода полной версии журнала: URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2021-4/e2021-4.pdf>