

I. БИМЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ И СИНЕРГЕТИКА

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

ХАОТИЧЕСКИЙ МОЗГ

В.М. ЕСЬКОВ¹, Т.В. ГАВРИЛЕНКО², В.А. ГАЛКИН¹, Г.В. ГАЗЯ¹

¹ФГУ «ФНЦ Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук». Обособленное подразделение «ФНЦ НИИСИ РАН» в г. Сургуте, ул. Базовая, 34, г. Сургут, Россия, 628400, e-mail: firing.squad@mail.ru

²БУ ВО ХМАО-Югры «Сургутский государственный университет», ул. Ленина, 1, Сургут, Россия, 628400

Аннотация. Исследования на основе расчета энтропии Шеннона в оценке упорядоченности работы нейросетей мозга (по параметрам электроэнцефалограмм) демонстрировалось неоднократно. Однако эта проблема приобрела особый смысл после открытия эффекта Еськова-Зинченко. В этом эффекте доказано отсутствие статистической устойчивости выборок любых параметров организма человека. Тогда возникает фундаментальная проблема: может ли энтропия оценивать (количественно) статистический хаос электроэнцефалограмм? Решение этой проблемы представлено в настоящей статье на примере оценки энтропии у больного и здорового испытуемого.

Ключевые слова: электроэнцефалограммы, энтропия, хаос, эффект Еськова-Зинченко.

CHAOTIC BRAIN

V.M. ESKOV¹, T.V. GAVRILENKO¹, V.A. GALKIN², G.V. GAZYA¹

¹Federal research center for scientific research institute of system research of the Russian Academy of Sciences, Special division in Surgut, Bazovaya Str. 34, Surgut, Russia, 628400, e-mail: firing.squad@mail.ru

²Surgut State University, Lenina pr., 1, Surgut, Russia, 628400

Abstract. It was demonstrated many time the usefulness of Shannon entropy for calculate on of neuron networks parameters (according to electroencephalogram). But of researcher use only statistic and only Eskov-Zinchenko effect presents the real state of such problem. The effect demonstrate the absent of statistic stability of any samples of electroencephalogram. So we must answer on the question: may the entropy presents the stochastic chaos of electroencephalogram. The solution of such a problem was presented in the article according to Eskov-Zinchenko effect.

Key words: electroencephalogram, entropy, chaos, Eskov-Zinchenko effect.

Введение. Традиционно во многих случаях энтропию используют как меру упорядоченности (или меру хаоса) в исследуемых системах. При этом энтропия может довольно точно оценить степень отклонения системы от равновесия. Известно, что еще *I.R. Prigogine* определял все биосистемы как системы далекие от равновесия [33]. Может ли энтропия оценивать такие системы?

Ответ на этот вопрос заключается в точной оценке покоя и изменения для биосистем. Может ли биосистема находиться в покое и как реально (точно) можно оценивать покой и изменение (уход от покоя) для особых биосистем? Особенность биосистем (систем третьего типа – СТТ) впервые пытался выделить один из основателей теории информации *W. Weaver* [34].

Напомним, что *W. Weaver* вывел все СТТ за пределы современной детерминистской и стохастической науки (ДСН) [34]. Он предлагал создать новую (третью после ДСН) науку для описания биосистем. Однако, никаких количественных доказательств этому *W. Weaver*

тогда не представил. СТТ упорно и в настоящее время описывают в рамках ДСН [3-8].

Действительно, последние 100-150 лет все биосистемы (СТТ) активно описывают в рамках стохастики и даже в рамках теории динамических систем (ТДС), т.е. в рамках детерминизма. Однако, это является глубоким заблуждением (иллюзией), т.к. 20 лет назад был открыт эффект Еськова-Зинченко (ЭЭЗ). В этом ЭЭЗ доказано отсутствие статистической устойчивости выборок любых параметров СТТ (т.е. ДСН не работает) [3-11]. В ЭЭЗ доказана уникальность любой выборки любого параметра организма человека [9-12].

1. Детерминизм и стохастика не могут описывать работу мозга.

Напомним, что основоположник термодинамики неравновесных систем *I.R. Prigogine* [33] неоднократно подчеркивал, что биосистемы (СТТ по *W. Weaver*) не могут быть объектом детерминизма (т.е. ТДС). Все СТТ не могут демонстрировать покой в виде $dx/dt=0$ ($x_i=const$), где $x=x(t)=(x_1, x_2, \dots, x_n)^T$ является вектором

состояния СТТ в m -мерном фазовом пространстве состояний (ФПС) [3-15].

Его активно поддерживал второй нобелевский лауреат *M. Gell-Mann*, который представлял базовые источники *Unpredictability* для многих систем природы [29]. Однако, *I.R. Prigogine* и *M. Gell-Mann* были твердо уверены, что все биосистемы можно описывать в рамках статистики [29, 33]. Это было глубоким заблуждением этих двух выдающихся ученых и многим миллионам других ученых во всем мире [14-22].

Двадцать лет назад мы доказали эффект Еськова-Зинченко (ЭЗ), в котором регистрируется уникальность любой выборки любого параметра любой биосистемы (у нас речь идет об организме человека). Оказалось, что повторная регистрация треморограммы (ТМГ) может показать статистическое совпадение таких двух (соседних) выборок ТМГ с вероятностью $p_{i,i+1} \leq 0,02$ [3-12].

Для произвольных движений (теппинграмм – ТПГ, электромиограмм (ЭМГ) мышц, находящихся в фиксированном напряжении) такая вероятность $p_{i,i+1} \leq 0,15$. Аналогичная величина регистрируется в наших исследованиях и для работы сердца. Выборки кардиоинтервалов (КИ) совпадают с вероятностью $p_{i,i+1} \leq 0,2$. Все это очень малые величины и они доказывают ЭЗ [3-12, 14-19, 23-28].

Этот ЭЗ доказывает уникальность выборок $x_i(t)$ и отсутствие возможности делать прогноз будущего состояния любой биосистемы (СТТ). Пропадает связь между прошлым и будущим для

биосистем. Но это составляет основы не только детерминизма (ТДС), но и всей стохастики.

Фактически, это означает, что ДСН не работает и мы имеем дело с нестабильными (статистически) системами. Такие системы (начальное $x(t_0)$ и конечное $x(t_f)$ состояние статистически не могут быть повторены) невозможно описывать в рамках ДСН. Об этом говорил *R. Penrose* [32].

Подчеркнем, что во всех наших исследованиях мы говорим об отсутствии статистической устойчивости любых выборок $x_i(t)$. Это было доказано в эффекте Еськова-Зинченко (ЭЗ) в биомеханике [3-12]. Однако, за последние 10 лет этот ЭЗ был доказан и в работе нейронных сетей мозга (НСМ) [9-17].

В спокойном состоянии, сидя, у испытуемого подряд регистрировались 15 выборок электроэнцефалограмм (ЭЭГ). Регистрация ЭЭГ производилась подряд по 5 секунд и эти аналоговые сигналы дискретизировались (с частотой $\nu=100$ Гц) так, что в каждой выборке было получено по 500 точек – значений ЭЭГ. В итоге эти 15 выборок ЭЭГ статистически сравнивались (попарно) [9-17].

В итоге, было построено несколько сотен матриц парных сравнений (таких 15-ти выборок ЭЭГ) у разных испытуемых. Типичную матрицу парных сравнений таких выборок ЭЭГ (для одного исследуемого) мы представляем в виде табл. 1. В ней представлены критерии Вилкоксона $p_{i,j}$ для каждой i -й и j -й пары сравнения. Очевидно, что в табл. 1 число пар k_l с $p_{i,j} \geq 0,05$ невелико (у нас $k_l=25$).

Таблица 1

Матрица парного сравнения ЭЭГ одного и того же здорового человека (число повторов $N=15$) в период релаксации в отведении *Fz-Ref*, использовался критерий Вилкоксона (критерий различий $p < 0,05$, число совпадений $k_l=25$)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0,00	0,03	0,29	0,65	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,71	0,19	0,64	0,00	0,00
2	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,03	0,00		0,15	0,19	0,11	0,00	0,00	0,00	0,02	0,79	0,00	0,88	0,00	0,00
4	0,29	0,00	0,15		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	0,07	0,48	0,00	0,00
5	0,65	0,00	0,19	0,00		0,65	0,00	0,00	0,00	0,10	0,31	0,00	0,38	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,11	0,00	0,65		0,00	0,02	0,00	0,22	0,34	0,00	0,68	0,00	0,00
7	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	0,00	0,00	0,00
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00		0,82	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,82		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	0,00	0,00	0,02	0,00	0,10	0,22	0,00	0,01	0,00		0,00	0,00	0,07	0,00	0,00
11	0,71	0,00	0,79	0,40	0,31	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,78	0,00	0,00
12	0,19	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00
13	0,64	0,00	0,88	0,48	0,38	0,68	0,00	0,00	0,00	0,07	0,78	0,00		0,00	0,00
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

Во всех случаях обычно $k_l \leq 35\%$ от всех разных 105-ти пар сравнения. Табл. 1 доказывает, что выборки ЭЭГ статистически неустойчивы. Напомним, что в статистике (при повторении испытаний) требуют, чтобы вероятность статистического совпадения выборок (с $p_{i,j} \geq 0,05$) была не менее $p \geq 0,95$. Это означает, что из 100 опытов более 95 должны закончиться совпадением,

а у нас наоборот (с частотой $p_l \geq 0,65$) выборки не совпадают.

Такие матрицы как табл. 1 доказывают реальность ЭЗ и для работы мозга, нейронных сетей мозга – НСМ. Отсутствует статистическая устойчивость выборок ЭЭГ для одного испытуемого, находящегося в покое. До настоящего времени во всей *Brain research* была базовая аксиома: биопотенциалы мозга (в виде $x_i(t)$, т.е.

ЭЭГ) не могут показывать покой. Всегда (и непрерывно) $dx_i/dt \neq 0$. Если $dx_i/dt = 0$, то это мертвый мозг – это аксиома.

Теперь мы предлагаем вторую базовую аксиому: не только $dx_i/dt \neq 0$ (непрерывно), но и выборки $x_i(t)$ в виде ЭЭГ не могут показывать устойчивость. В итоге, ЭЭЗ для ЭЭГ показывает, что НСМ (ЭЭГ) находится непрерывно в статистическом хаосе (выборки статистически неустойчивы). Тогда нет точки покоя (в виде $dx_i/dt = 0$) с позиций детерминизма и нет покоя (устойчивости) и с позиций стохастики.

Любая выборка ЭЭГ будет уникальной и она не может быть прогнозируемой с вероятностью $p \geq 0,65$. Если нет прогноза ЭЭГ, то ДСН невозможно дальше использовать. В итоге мы приходим к выводу о двух аксиомах для *Brain research*: стационарный режим НСМ невозможен (всегда $dx_i/dt \neq 0$) и нет статической устойчивости ЭЭГ (нет покоя НСМ с позиций и стохастики). Мозг непрерывно и хаотически генерирует ЭЭГ [9-17, 23-28, 30].

2. Каковы возможности энтропии в описании НСМ?

В предыдущем параграфе мы показали ЭЭЗ для НСМ. Это означает завершение дальнейшего применения любых методов стохастики в изучении мозга. С уникальными выборками (ЭЭГ) ДСН не может работать, нужна новая (третья) наука и новые методы и модели. Именно об этом говорил в 1948 году *W. Weaver*, но на его работу [34] никто за 50 лет не обратил внимание.

Двадцать лет назад мы начали доказывать эту гипотезу *W. Weaver* (СТТ – не объект ДСН) и начали создавать новую науку (теорию хаоса-

самоорганизации – ТХС) [3-11, 25-28, 31]. При этом оставался открытым вопрос о возможности использования расчета энтропии в оценке ЭЭГ и состояния мозга в целом. Может ли энтропия Шеннона H представлять покой (неизменность) НСМ или их реальные изменения?

Для изучения этой проблемы мы многократно (в покое или после фотостимуляционных воздействий на зрительный анализатор) регистрировали ЭЭГ у здоровых испытуемых и у испытуемых с эпилепсией. В итоге были получены устойчивые результаты, которые мы сейчас представим на примере двух испытуемых (одного здорового человека и одного больного эпилепсией). Регистрация ЭЭГ производилась по 15 раз (по 5 секунд).

Для всех полученных выборок ЭЭГ (в каждой выборке было по 500 точек) мы рассчитывали энтропию Шеннона H (по стандартной общеизвестной формуле для выборок $x_i(t)$). Полученные две выборки (в покое и после фотостимуляции с частотой $\nu = 10$ Гц) для здорового человека и аналогичные выборки для больного эпилепсией мы статистически обрабатывали в рамках параметрической (среднее $\langle H \rangle$) и непараметрической (медиана Me) статистики.

В итоге, была рассчитана табл. 2, в которой представлены значения H и результаты их статистической обработки (среднее статистическое $\langle H \rangle$ и медианы – Me). В табл. 2 мы имеем почти полное совпадение медиан Me_1 (в покое) и Me_2 (после фотостимуляции) для здорового человека, а также Me_3 и Me_4 для больного (покой – Me_3 и фотостимуляция – Me_4).

Таблица 2

Значения энтропии Шеннона H для ЭЭГ здорового человека и человека больного эпилепсией в период релаксации и фотостимуляции

	здоровый человек		человек больной эпилепсией	
	<i>Fz-Ref</i>		<i>FPI-F3</i>	
	H_1 , у.е., в период релаксации	H_2 , у.е., в период фотостимуляции	H_3 , у.е., в период релаксации	H_4 , у.е., в период фотостимуляции
1	3,122	3,122	3,122	3,122
2	3,122	3,322	2,922	3,122
3	3,322	3,322	3,322	2,722
4	3,122	3,122	2,922	2,922
5	2,846	2,922	3,122	2,722
6	3,122	3,122	2,722	2,922
7	3,122	2,922	2,446	2,446
8	3,122	3,122	2,722	2,922
9	3,122	3,122	2,722	2,922
10	3,122	3,122	2,646	3,122
11	2,846	3,122	2,446	2,646
12	2,722	3,322	2,922	2,922
13	3,322	2,922	2,922	2,922
14	3,322	3,122	2,722	2,922
15	3,122	3,122	2,922	2,722
$\langle H \rangle$	3,099	3,122	2,840	2,872
Me	3,1219	3,1219	-	-
	Критерий Вилкоксона, значимость различий выборок $f(x)$: $p=0,80$		T-критерий, значимость различий выборок $f(x)$: $p=0,65$	

Из этой табл. 2 легко видеть, что и первая пара ($Me_1=3,1219$ у.е. $=Me_2$) и вторая пара ($Me_3=2,840$ у.е. и $Me_4=2,872$ у.е.) существенно статистически не различаются (между собой). Однако сами эти пары (пара 1 и пара 2) все-таки различаются по величине Me_1 и Me_2 в сравнении с Me_3 и Me_4 .

Очевидно, что величина энтропии Шеннона H не может нам дать различия в состоянии покоя и под действием фотостимуляции как у здорового испытуемого, так и у больного эпилепсией. Однако, эта табл. 2 показывает различия в параметрах H для здорового и больного испытуемых. Используя расчет энергии H мы можем отличить здорового человека от больного эпилепсией. При этом сама энтропия H у каждого человека изменяется несущественно (под действием физического фактора – фотостимуляции).

Таким образом, энтропию можно использовать для установления различий между больным и здоровым индивидуумом. Однако выявить влияние фотостимуляцией на одного и того же испытуемого мы уже не можем по параметрам энтропии Шеннона H .

Заключение. Дальнейшее использование различных статистических методов и моделей в изучении работы нейросетей мозга уже невозможно. В ЭЭЗ доказано, что любая выборка ЭЭГ для одного испытуемого (в его неизменном физиологическом, психическом, физическом состоянии) не может демонстрировать устойчивость. Выборки ЭЭГ непрерывно и хаотически изменяются на разных интервалах времени $\Delta t_1, \Delta t_2, \dots, \Delta t_{15}$ (см. табл. 1).

Отсутствие статистической устойчивости выборок ЭЭГ завершает дальнейшее использование статистики в изучении мозга. Такой ЭЭЗ доказывает, что мозг является хаотическим объектом. Любая выборка ЭЭГ уникальна и мы уже не можем делать прогноз будущего состояния НСМ.

Возникает разрыв между прошлым и будущим состоянием биосистемы (мозга) и это доказывает особое состояние мозга даже в покое. Мы не можем в рамках статистики диагностировать не только стационарный режим НСМ (в виде $dx/dt=0$), но нет устойчивости и самих выборок ЭЭГ.

В настоящей работе мы изучили возможность использования энтропии Шеннона H в идентификации стационарного режима НСМ или их реального изменения. Оказалось, что $dx/dt \neq 0$ непрерывно (мозг нестабилен с позиции детерминизма). Более того нет и статистической устойчивости [9-17].

Табл. 2 (и сотни других, подобных табл. 2 таблиц) показала, что изменение психического или физического состояния испытуемого не может быть выявлено с помощью энтропии Шеннона H . В табл. 2 H_1 и H_2 (а также H_3 и H_4 для больного эпилепсией) существенно (в рамках статистики) не различаются.

Однако энтропия $H_1(H_2)$ и $H_3(H_4)$ могут различаться существенно. Иными словами больной и здоровый испытуемый могут различаться по H , но для одного испытуемого H не дает различий. При этом сами выборки (по статистическим функциям

распределения $f(x)$ и их характеристикам) могут различаться существенно и в покое и при воздействии фотостимуляции (см. табл. 1).

Выводы. За последние 20 лет началось активное доказательство гипотезы *W. Weaver* (СТТ не могут быть объектом ДСН). В рамках эффекта Еськова-Зинченко (ЭЭЗ) была доказана уникальность любой выборки. Это означает, что мы не можем в спокойном состоянии для параметра $x_i(t)$ у ЭЭГ получить покой ($dx/dt \neq 0$ непрерывно) или сохранить статистическую выборку (см. табл.1).

В итоге мы приходим к доказательству гипотезы *W. Weaver* и выводим СТТ (у нас это мозг, его НСМ) за пределы всей современной детерминистской и стохастической науки. Статистика не работает с уникальными системами. Однако, расчет энтропии Шеннона H можно использовать в оценке состояния мозга.

Оказалось, что для отдельного индивидуума энтропия H существенно не изменяется (в покое и при фотостимуляции H_1 и H_2 (или H_3 и H_4) статистически совпадают. Однако, для разных испытуемых (здоровый и больной эпилепсией человек) параметры энтропии H (конкретно H_1 и H_3) могут существенно различаться. В настоящее время мы установили, что статистика не работает (при изучении мозга), а энтропия Шеннона H может в ряде случаев использоваться для оценки состояния мозга человека.

Литература

1. Галкин В.А., Еськов В.В., Пятин В.Ф., Кирасирова Л.А., Кульчицкий В.А. Существует ли стохастическая устойчивость выборок в нейронауках? // Новости медико-биологических наук. – 2020. – Т. 20, № 3. – С. 126-132.
2. Галкин В.А., Еськов В.В., Гавриленко Т.В., Башкатова Ю.В. Имеется ли хаос в работе сердца? // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2021. – № 3. – С. 28-39. DOI: 10.12737/2306-174X-2021-24-32
3. Газя Г.В., Еськов В.В., Бодин О.Н., Веденев В.В. Системный анализ параметров сердечно-сосудистой системы мужчин и женщин Югры // Вестник новых медицинских технологий. – 2021. – № 4. – С. 26-29. DOI: 10.24412/1609-2163-2021-4-26-29
4. Еськов В.В. Математическое моделирование гомеостаза и эволюции *complexity*: монография. Тула: Издательство ТулГУ, 2016. – 307 с.
5. Еськов В.В., Пятин В.Ф., Филатова Д.Ю., Башкатова Ю.В. Хаос параметров гомеостаза сердечно-сосудистой системы человека / Самара: Изд-во ООО «Порто-Принт», 2018. – 312 с.
6. Еськов В.В., Башкатова Ю.В., Шакирова Л.С., Веденеева Т.С., Мордвинцева А.Ю. Проблема стандартов в медицине и физиологии // Архив клинической медицины. – 2020. – Т. 29, № 3. – С. 211-216.

7. 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.
8. Еськов В.В. Системный анализ и синтез в биомедицине // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. – 2021. – Т. 15, № 4. – С. 31-44. DOI: 10.12737/2306-174X-2022-26-34
9. Еськов В.В., Галкин В.А., Гавриленко Т.В., Филатова О.Е., Веденева Т.С. Понятие сложности у W. Weaver и I.R. Prigogine // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2021. – № 4. – С. 45-57. DOI: 10.12737/2306-174X-2022-35-44
10. Еськов В.В., Галкин В.А., Гавриленко Т.В., Юшкевич Д.П., Поросинин О.И. Моделирование неопределенностей в рамках компартментно-кластерной теории // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2021. – № 4. – С. 85-94. DOI: 10.12737/2306-174X-2022-61-72
11. Еськов В.В., Ивахно Н.В., Гриценко И.А., Мамина К.Е. Новое понятие системного синтеза в биомедицине и экологии человека // Вестник новых медицинских технологий. – 2021. – №4. – С. 118-122. DOI: 10.24412/1609-2163-2021-4-118-122
12. Еськов В.М., Галкин В.А., Филатова О.Е. Complexity: хаос гомеостатических систем / Под ред. Г.С. Розенберга. Самара: Изд-во ООО «Порто-принт», 2017. – 388 с.
13. Еськов В.М., Галкин В.А., Филатова О.Е. Конец определенности: хаос гомеостатических систем / Под ред. Хадарцева А.А., Розенберга Г.С. Тула: изд-во Тульское производственное полиграфическое объединение, 2017. – 596 с.
14. Еськов В.М., Галкин В.А., Пятин В.Ф., Филатов М.А. Организация движений: стохастика или хаос? / Под ред. член-корр. РАН, д.биол.н., профессора Г.С. Розенберга. Самара: Издательство ООО «Порто-принт», 2020. – 144 с.
15. Еськов В.М., Галкин В.А., Филатова О.Е. Великие проблемы Гинзбурга и биомедицинские науки // Вестник новых медицинских технологий. – 2021. – №2. – С. 115-120. DOI: 10.24412/1609-2163-2021-2-115-120.
16. Козупица Г.С., Еськов В.В. Complexity и системы третьего типа в социологии // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2021. – № 3. – С. 50-61. DOI: 10.12737/2306-174X-2021-42-52
17. 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.
18. Филатова О.Е., Еськов В.В., Галкин В.А., Филатов М.А., Фаузитдинова К.А. Классификация неопределенностей в медицине // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2021. – № 2. – С. 59-68. DOI: 10.12737/2306-174X-2021-59-68
19. Филатова О.Е., Галкин В.А., Башкатова Ю.В., Шакирова Л.С. Новые возможности нейрокompьютеров в биомедицине // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2021. – № 3. – С. 5-16. DOI: 10.12737/2306-174X-2021-5-14
20. Филатова О.Е., Мельникова Е.Г., Шакирова Л.С., Хвостов Д.Ю., Фадюшина С.И. Возрастная динамика нейровегетативного статуса приезжего населения Югры // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. – 2021. – Т. 15, № 3. – С. 107-112. DOI: 10.24412/2075-4094-2021-3-3-7
21. Хадарцев А.А., Еськов В.В., Башкатова Ю.В., Веденев В.В. Место общей теории систем в когнитивных исследованиях // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2021. – № 2. – С. 31-47. DOI: 10.12737/2306-174X-2021-35-47
22. Чемпалова Л.С., Яхно Т.А., Манина Е.А., Игнатенко А.П., Оразбаева Ж.А. Гипотеза W. Weaver при изучении произвольных и непроизвольных движений // Вестник новых медицинских технологий. – 2021. – № 1. – С. 75-77. DOI: 10.24412/1609-2163-2021-1-75-77
23. Eskov V.M., Pyatin V.F., Eskov V.V., Ilyashenko L.K. The heuristic work of the brain and artificial neural networks // Biophysics. – 2019. – Vol. 64(2). – Pp. 293-299.
24. Eskov V.V., Filatova D.Y., Ilyashenko L.K., Vochmina Y.V. Classification of uncertainties in modeling of complex biological systems // Moscow university physics bulletin. – 2019. – Vol. 74(1). – Pp. 57-63. DOI: 10.3103/S0027134919010089
25. Eskov V.V., Filatov M.A., Galkin V.A., Filatova O.E. New computational methods for investigation of the third type of systems // AIP Conference Proceedings. – 2021. – Vol. 2402. – P. 050017. DOI: 10.1063/5.0073431
26. Filatov M.A., Ilyashenko L.K., Kolosova A.I., Makeeva S.V. Stochastic and chaotic analysis of students' attention parameters of different ecological zones // Human Ecology. – 2019. – Vol. 7. – Pp. 11-16. DOI:10.33396/1728-0869-2019-7-11-16
27. Filatov M.A., Ilyashenko L.K., Makeeva S.V. Psychophysiological parameters of students before and after translatitidue travels // Human Ecology. – 2019. – Vol. 4. – Pp. 18-24. DOI:10.33396/1728-0869-2019-4-18-24
28. 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
29. Gell-Mann M. Fundamental Sources of Unpredictability // Complexity. – 1997. – Vol. 3(1). – Pp. 13-19.
30. Kolosova A.I., Filatov M.A., Maistrenko E.V., Ilyashenko L.K. An analysis of the attention

indices in students from Surgut and Samara oblast from the standpoint of stochastics and chaos // *Biophysics*. – 2019. – Vol. 64(4). – Pp. 662-666. DOI:10.1134/S0006350919040067

31. Kozlova V.V., Galkin V.A., Filatov M.A. Diagnostics of brain neural network states from the perspective of chaos // *Journal of Physics Conference Series*. – 2021. – Vol. 1889(5). – P. 052016. DOI:10.1088/1742-6596/1889/5/052016
32. Penrose R. Newton, quantum theory and reality. In: Hawking, S.W. Israel, W.: 300 Years of Gravity. Cambridge University Press: Cambridge. – 1987.
33. Prigogine I.R. *The End of Certainty: Time, Chaos, and the New Laws of Nature* (Free Press, 1996).
34. Weaver W. *Science and Complexity* // *American Scientist*. – 1948. – Vol. 36. – Pp. 536-544.

References

1. Galkin V.A., Es'kov V.V., Pyatin V.F., Kirasirova L.A., Kul'chitskii V.A. Sushchestvuet li stokhasticheskaya ustoychivost' vyborok v neironaukakh? [Is there stochastic stability of samples in neurosciences?] // *Novosti mediko-biologicheskikh nauk* [News of biomedical sciences]. – 2020. – T. 20, № 3. – S. 126-132.
2. Galkin V.A., Es'kov V.V., Gavrilenko T.V., Bashkatova Yu.V. Imeetsya li khaos v rabote serdtsa? [Is there chaos in the work of the heart?] // *Slozhnost'. Razum. Postneklassika* [Complexity. Mind. Postnonclassic]. – 2021. – № 3. – S. 28-39. DOI: 10.12737/2306-174X-2021-24-32
3. Gazya G.V., Es'kov V.V., Bodin O.N., Vedeneva V.V. Sistemnyi analiz parametrov serdechno-sosudistoi sistemy muzhchin i zhenshchin Yugry [System analysis of the parameters of the cardiovascular system of men and women of Ugra] // *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii* [Bulletin of new medical technologies]. – 2021. – № 4. – S. 26-29. DOI: 10.24412/1609-2163-2021-4-26-29
4. Eskov V.V. Matematicheskoe modelirovanie gomeostaza i evolyutsii complexity [Mathematical modeling of homeostasis and evolution of complexity] / Tula: Publishing house of TulSU, 2016. – 307 s.
5. Eskov V.V., Pyatin V.F., Filatova D.Yu. Bashkatova Yu.V. Khaos parametrov gomeostaza serdechno-sosudistoi sistemy cheloveka [Chaos of homeostasis parameters of the human cardiovascular system] / Samara: Publishing house of Porto-Print LLC, 2018. – 312 s.
6. Eskov V.V., Bashkatova Yu.V., Shakirova L.S., Vedeneva TS, Mordvintseva A.Yu. Problema standartov v meditsine i fiziologii [The problem of standards in medicine and physiology] // *Arkhiv klinicheskoi i eksperimental'noi meditsiny* [Archives of Clinical and Experimental Medicine]. – 2020. – T. 29, No. 3. – S. 211-216.
7. Eskov V.V., Pyatin V.F., Shakirova L.S., Melnikova E.G. Rol' khaosa v regulyatsii fiziologicheskikh funktsii organizma [The role of chaos in the regulation of physiological functions of the body] / A.A. Khadartseva. Samara: Porto-print LLC, 2020. – 248 s.
8. Es'kov V.V. Sistemnyi analiz i sintez v biomeditsine [System analysis and synthesis in biomedicine] // *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii. Elektronnoe izdanie* [Bulletin of new medical technologies. Electronic edition]. – 2021. – T. 15, № 4. – S. 31-44. DOI: 10.12737/2306-174X-2022-26-34
9. Es'kov V.V., Galkin V.A., Gavrilenko T.V., Filatova O.E., Vedeneva T.S. Ponyatie slozhnosti u W. Weaver i I.R. Prigogine [The concept of complexity in W. Weaver and I.R. Prigogine] // *Slozhnost'. Razum. Postneklassika* [Complexity. Mind. Postnonclassic]. – 2021. – № 4. – S. 45-57. DOI: 10.12737/2306-174X-2022-35-44
10. Es'kov V.V., Galkin V.A., Gavrilenko T.V., Yushkevich D.P., PorosiniN O.I. Modelirovanie neopredelennosti v ramkakh kompartmentno-klasternoï teorii [Uncertainty Modeling in the Framework of the Compartment-Cluster Theory] // *Slozhnost'. Razum. Postneklassika* [Complexity. Mind. Postnonclassic]. – 2021. – № 4. – S. 85-94. DOI: 10.12737/2306-174X-2022-61-72
11. Es'kov V.V., Ivakhno N.V., Gritsenko I.A., Mamina K.E. Novoe ponyatie sistemnogo sinteza v biomeditsine i ekologii cheloveka [New concept of system synthesis in biomedicine and human ecology] // *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii* [Bulletin of new medical technologies]. – 2021. – №4. – S. 118-122. DOI: 10.24412/1609-2163-2021-4-118-122
12. Eskov V.M., Galkin V.A., Filatova O.E. Complexity: khaos gomeostaticeskikh sistem [Complexity: Chaos of Homeostatic Systems] / G.S. Rosenberg, Samara: Publishing house of LLC "Porto-print", 2017. – 388 s.
13. Eskov V.M., Galkin V.A., Filatova O.E. Konets opredelennosti: khaos gomeostaticeskikh sistem [The End of Certainty: Chaos of Homeostatic Systems] / Khadartseva A.A., Rosenberg G.S. Tula: publishing house Tula printing production association, 2017. – 596 s.
14. Eskov V.M., Galkin V.A., Pyatin V.F., Filatov M.A. Organizatsiya dvizhenii: stokhastika ili khaos? [Organization of movements: stochastic or chaos?] / G.S. Rosenberg. Samara: Publishing house LLC "Porto-print", 2020. – 144 s.
15. Es'kov V.M., Galkin V.A., Filatova O.E. Velikie problemy Ginzburga i biomeditsinskie nauki [Ginzburg's great problems and biomedical sciences] // *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii* [Bulletin of new medical technologies]. – 2021. – T. 28, №2. – S. 115-120. DOI: 10.24412/1609-2163-2021-2-115-120.
16. Kozupitsa G.S., Es'kov V.V. Complexity i sistemy tret'ego tipa v sotsiologii [Complexity and systems of the third type in sociology] // *Slozhnost'. Razum. Postneklassika* [Complexity. Mind. Postnonclassic]. – 2021. – № 3. – S. 50-61. DOI: 10.12737/2306-174X-2021-42-52

17. Pyatin V.F., Eskov V.V., Filatova O.E., Bashkatova Yu. V. *Novye predstavleniya o gomeostaze i evolyutsii gomeostaza* [New ideas about homeostasis and the evolution of homeostasis] // *Arkhiv klinicheskoi i eksperimental'noi meditsiny* [Archives of Clinical and Experimental Medicine]. – 2019. – T. 28, No. 1. – S. 21-27.
18. Filatova O.E., Es'kov V.V., Galkin V.A., Filatov M.A., Fauzidina K.A. *Klassifikatsiya neopredelennosei v meditsine* [Classification of uncertainties in medicine] // *Slozhnost'. Razum. Postneklassika* [Complexity. Mind. Postnonclassic]. – 2021. – № 2. – S. 59-68. DOI: 10.12737/2306-174X-2021-59-68
19. Filatova O.E., Galkin V.A., Bashkatova Yu.V., Shakirova L.S. *Novye vozmozhnosti neirokomp'yutrov v biomeditsine* [New possibilities of neurocomputers in biomedicine] // *Slozhnost'. Razum. Postneklassika* [Complexity. Mind. Postnonclassic]. – 2021. – № 3. – S. 5-16. DOI: 10.12737/2306-174X-2021-5-14
20. Filatova O.E., Mel'nikova E.G., Shakirova L.S., Khvostov D.Yu., Fadyushina S.I. *Vozrastnaya dinamika neirovegetativnogo statusa prieszhego naseleniya Yugry* [Age dynamics of the neurovegetative status of the visiting population of Ugra] // *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii. Elektronnoe izdanie* [Bulletin of new medical technologies. Electronic edition]. – 2021. – T.15, № 3. – S. 107-112. DOI: 10.24412/2075-4094-2021-3-3-7
21. Khadartsev A.A., Es'kov V.V., Bashkatova Yu.V., Vedenev V.V. *Mesto obshchei teorii sistem v kognitivnykh issledovaniyakh* [The place of general systems theory in cognitive research] // *Slozhnost'. Razum. Postneklassika* [Complexity. Mind. Postnonclassic]. – 2021. – № 2. – S. 31-47. DOI: 10.12737/2306-174X-2021-35-47
22. Chempalova L.S., Yakhno T.A., Manina E.A., Ignatenko A.P., Orazbaeva Zh.A. *Gipoteza W. Weaver pri izuchenii proizvol'nykh i neproizvol'nykh dvizhenii* [W. Weaver's hypothesis in the study of voluntary and involuntary movements] // *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii* [Bulletin of new medical technologies]. – 2021. – T. 28, No. 1. – S. 75-77. DOI: 10.24412 / 1609-2163-2021-1-75-77
23. Eskov V.M., Pyatin V.F., Eskov V.V., Ilyashenko L.K. *The heuristic work of the brain and artificial neural networks* // *Biophysics*. – 2019. – Vol. 64(2). – Pp. 293-299.
24. Eskov V.V., Filatova D.Y., Ilyashenko L.K., Vochmina Y.V. *Classification of uncertainties in modeling of complex biological systems* // *Moscow university physics bulletin*. – 2019. – Vol. 74(1). – Pp. 57-63. DOI: 10.3103/S0027134919010089
25. Eskov V.V., Filatov M.A., Galkin V.A., Filatova O.E. *New computational methods for investigation of the third type of systems* // *AIP Conference Proceedings*. – 2021. – Vol. 2402. – P. 050017. DOI: 10.1063/5.0073431
26. Filatov M.A., Ilyashenko L.K., Kolosova A.I., Makeeva S.V. *Stochastic and chaotic analysis of students' attention parameters of different ecological zones* // *Human Ecology*. – 2019. – Vol. 7. – Pp. 11-16. DOI:10.33396/1728-0869-2019-7-11-16
27. Filatov M.A., Ilyashenko L.K., Makeeva S.V. *Psychophysiological parameters of students before and after transatlantic travels* // *Human Ecology*. – 2019. – Vol. 4. – Pp. 18-24. DOI:10.33396/1728-0869-2019-4-18-24
28. 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
29. Gell-Mann M. *Fundamental Sources of Unpredictability* // *Complexity*. – 1997. – Vol. 3(1). – Pp. 13-19.
30. Kolosova A.I., Filatov M.A., Maistrenko E.V., Ilyashenko L.K. *An analysis of the attention indices in students from Surgut and Samara oblast from the standpoint of stochastics and chaos* // *Biophysics*. – 2019. – Vol. 64(4). – Pp. 662-666. DOI:10.1134/S0006350919040067
31. Kozlova V.V., Galkin V.A., Filatov M.A. *Diagnostics of brain neural network states from the perspective of chaos* // *Journal of Physics Conference Series*. – 2021. – Vol. 1889(5). – P. 052016. DOI:10.1088/1742-6596/1889/5/052016
32. Penrose R. *Newton, quantum theory and reality*. In: Hawking, S.W. *Israel, W.: 300 Years of Gravity*. Cambridge University Press: Cambridge. – 1987.
33. Prigogine I.R. *The End of Certainty: Time, Chaos, and the New Laws of Nature* (Free Press, 1996).
34. Weaver W. *Science and Complexity* // *American Scientist*. – 1948. – Vol. 36. – Pp. 536-544.