

РЕАЛЬНО «ВЕЛИКИЕ» ПРОБЛЕМЫ ФИЗИКИ ЖИВЫХ СИСТЕМВ.А. ГАЛКИН¹, А. КУХАРЕВА², Е.Г. МЕЛЬНИКОВА², М.А. ФИЛАТОВ²¹НИЦ «Курчатовский институт» Сургутский филиал ФГУ «ФНЦ Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук», Сургут, ул. Энергетиков, 4, Сургут, Россия, 628400²БУ ВО ХМАО-Югры «Сургутский государственный университет», ул. Ленина, 1, Сургут, Россия, 628400

Аннотация. В 1999 году нобелевский лауреат В.Л. Гинзбург представил три «великие» проблемы физики, которые прямо или косвенно были связаны с живыми системами. Однако, более 24-х лет на эту статью никто не обращал внимание. За этот период был открыт эффект Еськова-Зинченко, который дал объяснение всем этим трем «великим» проблемам. Одновременно при этом выдвигались три новые реально «великие» проблемы для физики живых систем и всей науки. Они связаны с отсутствием аналогов (биосистем), доказывающих реальность моделей в рамках теории динамических систем, и связаны с потерей эргодичности биосистем, и потерей однородности групп (у биосистем). Это действительно великие проблемы физики живых систем, всех наук о живых системах.

Ключевые слова: кардиоинтервалы, биосистемы, стохастика, хаос, эффект Еськова-Зинченко, неопределенность.

REALLY "GREAT" PROBLEMS OF THE PHYSICS OF LIVING SYSTEMSV.A. GALKIN¹, A. KUKHAREVA², E.G. MELNIKOVA², M.A. FILATOV²¹Kurchatov Institute NRC "Federal Research Center Scientific Research Institute for System Research of the Russian Academy of Sciences", Separate Subdivision of the Federal Scientific Center NIISI RAS in Surgut, 4, Energetikov Street, Surgut, Russia, 628426²Surgut State University, Lenin Ave., 1, Surgut, Russia, 628408

Abstract. In 1999, Nobel laureate V.L. Ginzburg presented three "great" problems in physics that were directly or indirectly related to living systems. However, no one paid attention to this article for more than 24 years. During this period, the Eskov-Zinchenko effect was discovered, which provided an explanation for all these three "great" problems. At the same time, three new really "great" problems were put forward for the physics of living systems and all science. They are associated with the lack of analogues (biosystems) that prove the reality of models within the framework of the theory of dynamical systems, and are associated with the loss of ergodicity of biosystems, and the loss of homogeneity of groups (for biosystems). These are really great problems of the physics of living systems, of all the sciences of living systems.

Key words: cardiointervals, biosystems, stochastics, chaos, Eskov-Zinchenko effect, complexity, uncertainty.

Введение. Последние 150-200 лет во всех науках о жизни (биология, медицина, экология, психология и т.д.) господствовала догма о возможности моделирования биосистем. Считалось, что модели в рамках теории динамических систем (ТДС) могут описывать любые процессы в живой природе. Не отрицалась и роль стохастики. Более того, за ряд моделей были получены нобелевские премии (А.Нилл, например).

Априори считалось, что если ТДС не может описать биопроцесс, то его надо повторять n раз и получить выборку. Она

может описать состояния биосистемы с помощью вектора $x=x(t)=(x_1, x_2, \dots, x_m)^T$ в m -мерном фазовом пространстве состояний (ФПС). В это все верили [1-9], но строгих доказательств этому нет. Никто не проверял за последние 150 лет эргодичность биосистем. Это удивительный факт во всей науке.

Более того, за модели в рамках ТДС неоднократно ученые получали нобелевские премии. Например, в 30-е годы Лотка и Вольтерра получили нобелевскую премию за модель «хищник-жертва». В 50-е годы А. Нилл получил

премию за модель в области биомеханики. А группа ученых (Ходжкин, Хаксли) получили премию за модель, описывающую генерацию и распространение потенциалов действия в нейронах (за объяснение возникновения потенциалов на мембране нейрона кальмара). Считается что эти модели точно описывают биопроцессы. Никто не ставил под сомнения эти модели.

Все это были примеры из области ТДС, но при этом никто не задавался вопросом: существуют ли реально такие системы в живой природе? Никто не проверял (точно!) эти модели в условиях биологического эксперимента. Считалось, что если биопроцесс не попадает в модель, то там надо применять статистику и все должно было бы получиться. Априори считалось, что стохастика ликвидирует все нестыковки ТДС. Все ученые мира 150 лет верили в стохастическую.

Сейчас мы доказали (на основе эффекта Еськова-Зинченко (ЭЭЗ)), что все это иллюзия. В живой природе нет биосистем, которые мы можем (точно) описывать в рамках ТДС. Более того, нет и устойчивых (статистически) биосистем, т.е. вся детерминистская и стохастическая наука (ДСН) имеет скорее качественный характер (нет точного описания биопроцессов) [9-15]. Попытки такого количественного описания систем третьего типа (СТТ) по W.Weaver [10] не дадут успеха из-за ЭЭЗ [9-15].

1. Проблемы детерминизма (ТДС не имеет биоаналогов).

Сразу напомним, что проблема редукции, т.е. можно ли описывать моделями ДСН биосистему или систему третьего типа (СТТ) по классификации W.Weaver [10] - это третья «великая» проблема нобелевского лауреата В.Л. Гинзбурга [16]. Его первой «великой» проблемой была проблема возрастания энтропии (стрела времени). Фактически, речь идет о необратимости биосистем [16], если это применять к СТТ [9-15].

Справедливости ради отметим, что другой нобелевский лауреат I.R.Prigogine (основоположник термодинамики неравновесных систем – ТНС) уже в 90-ых

годах предложил полностью отказаться от детерминистских моделей в описании живых биосистем [17,18]. Его книга так и называется: «The End of Certainty: Time, Chaos, and the New Laws of Nature» [18]. В ней он отказывается от ТДС (детерминизма) в описании СТТ и полагается на стохастическую. Фактически Prigogine отказался от обратимости в рамках детерминизма.

Его рассуждения были очевидны: если биосистемы не могут находиться в равновесии, то их нельзя описывать в рамках ТДС. Любая фазовая траектория (ФТ) вектора состояния биосистемы $x(t)$ в ФПС для биосистемы не может быть повторена. Любая точка этой ФТ неповторима для СТТ. Нет точных моделей для СТТ.

Поэтому, еще в 19-м веке все биологи, медики, психологи начали работать с выборками параметров биопроцесса во времени. В итоге биосистему (СТТ) не изучали уже в точке $x(t_i)$. Однако, в 70-х годах 20-го века мы пришли к динамическому хаосу (ДХ) Лоренца, где это уже отрицалось на моделях ДХ. Фактически, ДХ является мостиком между ТДС и стохастикой. Однако об этом никто сейчас не говорит.

В ДХ мы не можем точно получить конечное состояние $x(t_i)$ и получали выборки этих точек, но эта выборка могла описываться в рамках стохастической. До настоящего времени все ученые мира верят в то, что статистика (стохастика) может описывать биосистемы. В этом были уверены нобелевские лауреаты А.Hill, I.R. Prigogine, M.Gell-Mann, В.Л. Гинзбург, R.Penrose. Все они неоднократно говорили о перспективах статистики и ДХ в описании СТТ. Prigogine этому посвятил целую книгу [18], где он отвергает ТДС (и весь детерминистский подход) в описании биосистем.

Все эти пять нобелевских лауреатов твердо верили, что стохастика может описывать биосистемы. Только В.Л. Гинзбург (в 1999 году) высказал сомнения: «Вместе с тем, можно ли считать, что возможность редукции биологии к современной физике несомненна? Здесь

ключевым является слово «современная». И с учетом этого слова дать положительный ответ было бы, как мне кажется, неправильно» [16, стр. 436-437]. Подчеркнем, слово «фундаментальном», т.к. потеря эргодичности СТТ – это уже фундаментальный уровень.

Гинзбург высказал надежду на прорыв в науке: «Пока дело не сделано нельзя исключать возможность того, что даже на фундаментальном уровне еще не знаем чего-то необходимого для редукции» [16, стр.437].

Нобелевский лауреат Гинзбург предчувствовал приближение этого фундаментального уровня. Мы уже в это время знали и проверяли гипотезу выдающегося биомеханика 20-го века Н.А. Берштейна «о повторении без повторений» [19]. Мы выявляли ЭЕЗ в биомеханике, который подтвердил сомнения Гинзбурга. У биосистем отсутствует статистическая устойчивость выборки любых параметров $x_i(t)$ [1-15].

В это время мы уже доказывали правоту W.Weaver, Н.А. Берштейна, В.Л. Гинзбурга и начали описывать биосистемы на фундаментальном уровне. Гинзбург говорил: «...будущее покажет. Об этом будущем нельзя не думать с завистью – сколько много важного и интересного мы узнаем даже в ближайшие десять лет». И именно это и произошло за 10 лет (начало 21-го века, открытие ЭЕЗ) [20-26]. За эти 10 лет СТТ ушли из ДСН [1-15].

Он оказался прав, за последние 10 лет мы доказали ЭЕЗ, потерю эргодичности любой биосистемы и потерю однородности любой группы испытуемых. Это все означало не только «The End of Certainty», но и завершение дальнейшего применения всей стохастики в попытках использовать статистику для всех биосистем. Фактически, речь идет о конце ДСН для биосистем [1-9]. Возникает 3-я наука в виде теории хаоса-самоорганизации (ТХС).

Именно об этом еще в 1948 году пытался сказать W.Weaver, когда вводил понятие систем третьего типа (СТТ), и предложил создать новую (третью, после ДСН) науку для описания биосистем [10].

Эти гипотезы от Weaver никто не принял всерьез и они были преданы забвению на почти 50 лет (до публикации Гинзбурга и появления наших работ). Однако, реальность оказалась «важной и интересной», как это и предполагал Гинзбург.

Фактически, Weaver говорил, что детерминистские системы (системы 1-го типа-СПТ) описываются моделями в рамках ТДС. Система 2-го типа (СВТ) описывается в рамках стохастики. А вот СТТ требует новую науку. Мы ее сейчас обозначаем как теорию хаоса-самоорганизации (ТХС) [1-9, 19-26].

Очевидно, что все нобелевские премии по моделям для биосистем с участием ТДС являются премиями по гипотетическим результатам (нет точных биологических аналогов). Эти модели имеют иллюстративный характер, их нет в живой природе. Нужны ли качественные модели? Абстракция полезна в аспекте демонстрации и не более. Но нам надо описывать реальные биосистемы. Имеется острая потребность и в прогнозах СТТ, но прогноз в виде точки $x(t_i)$ невозможен для биосистем [15-26], об этом говорит уже вся стохастика. Статистика работает с облаками точек (с выборками).

2. Проблемы стохастики. Все последние 150-200 лет считалось, что статистика может описывать любые биосистемы. И, например, ассоциация кардиологов Европы считает, что выборка кардиоинтервалов КИ (их регистрация не менее 5 минут) может быть вполне репрезентативной. Это было большим заблуждением.

Это один из примеров в стохастике для описания биосистем. Никто не пытался повторить опыт и сравнить две соседние выборки КИ для одного и того же испытуемого. Мы это сделали 20 лет назад и установили, что частота совпадения двух соседних выборок КИ для одного испытуемого (обычно $P_{i,j+1} \leq 0,2$, и менее) мала. Это ничтожная величина в стохастике. Отсутствует статистическая устойчивость выборки любых параметров биосистем.

Напомним, что в стохастике работают с доверительной вероятностью $\beta \geq 0,95$. Это означает, что из 100 опытов в 95 (и более) мы получим совпадение. Но у нас это совпадение получается только в 10-20 опытах из 100. Это очень малая величина и она завершает дальнейшее применение статистики в биомедицине. С такими системами статистика не может работать, они не эргодичны [1-9].

Для треморограмм (ТМГ) эта величина еще меньше (обычно $P_{i,j+1} \leq 0,05$). Очень странно, но за 150-200 лет никто не ставил вопрос о том, что происходит за пределами интервала измерения Δt любой биосистемы? Могут ли две выборки (на интервалах Δt_1 и Δt_2) статистически совпадать? Есть ли статистическая устойчивость таких выборок? Это все тривиальные вопросы, но их медики, биологи, психологи никогда не рассматривали.

Что происходит с биосистемой до Δt_1 , в интервале между Δt_1 и Δt_2 и после интервала времени Δt_2 ? Математически это означает проблему эргодичности любых параметров $x_i(t)$ любых биосистем. Мы ответили на этот вопрос более 20-ти лет назад сначала для ТМГ и теппинграмм (ТПГ) у одного испытуемого. Мы доказали

гипотезу биомеханика Н.А. Бернштейна о «повторении без повторений».

Если подряд у одного человека зарегистрировать 15 выборок ТМГ (по 500 точек измерения колебания пальца относительно поверхности, т.е. по отношению к датчику измерений), то можно построить матрицу парных сравнений ТМГ. В такой матрице будет 105 разных пар сравнений выборок ТМГ.

Для примера мы представляем одну (типичную) такую матрицу ТМГ, где число k пар выборок ТМГ с критерием Вилкоксона $P_{i,j+1} \geq 0,05$ очень мало. Оказалось, что данные из сотни таких матриц для разных людей показали такое число $k \leq 5\%$. Это означает, что с частотой $P^* \geq 0,95$ такие выборки между собой не совпадают! Фактически, это полный антипод статистике, где k должно быть не менее 95 из 100.

Напомним безумные идеи сторонников доказательной медицины, которые требовали совпадение выборок с вероятностями $P \geq 0,99$ или $P \geq 0,999$. Это просто фантастика, так как у нас с вероятностью $P \geq 0,95$ отсутствует совпадение выборок ТМГ. Для теппинграмм-ТПГ это число $k_2 \leq 0,15$, как и для кардиоритма.

Таблица 1

Матрица парного сравнения пятнадцати выборок треморограмм (ТМГ) одного и того же человека (использовался p - критерий Вилкоксона, число совпадений $k=3$, значимость $p < 0,05$)

	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	0,00	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	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,01	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	0,01	0,00		0,00	0,53	0,00	0,00	0,00	0,00
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,01	0,80
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,53	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	1,00
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	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	0,80	0,00	0,00	1,00	0,00	

Можно сказать, что вмешательство сознания повышает долю стохастики в 2-3

раза, но не более. Все это очень малые величины, и мы сейчас говорим о потере

эргодичности любых выборок любых параметров любых биосистем. Напомним, что два выдающихся математика 20-го века пытались построить теорию неэргодичных систем (проблема не решена еще). Это были Я.Г. Синай и В.И. Арнольд, которые внесли выдающийся вклад в развитие ТДС.

Для примера потери эргодичности мы представляем в таблицу 2 матрицу парных сравнений выборок КИ, где число $k_2 \leq 0,2$. Очевидно, что такая любая выборка КИ уникальна и ее нельзя использовать для прогноза будущего состояния сердечно-сосудистой системы (ССС) любого человека.

Таблица 2

Матрица парного сравнения пятнадцати выборок кардиоинтервалов (КИ) одного и того же человека (число k повторов регистрации КИ $n=15$), использовался критерий Вилкоксона (критерий различий $p < 0,05$, число совпадений $k=10$)

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21
2	0.13		0.00	0.00	0.00	0.00	0.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.03	0.00	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.13
6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	0.00	0.53	0.00	0.02	0.00	0.01		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.00
9	0.00	0.00	0.00	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10		0.00	0.00	0.00	0.00
12	0.00	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.01	0.00	0.00
13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01		0.00	0.00
14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.58
15	0.21	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.58	

Любая выборка ТМГ, ТПГ, КИ, электромиограммы (ЭМГ), электроэнцефалограммы (ЭЭГ) и других параметров функций человека имеет уникальный характер. Все (выборки) невозможно произвольно статистически повторить. Все это неэргодичные системы и для них надо создавать новую (третью, после ДСН) науку. Именно об этом говорил W.Weaver (75 лет назад) [10], но на его работу никто не обратил внимание.

Однако W.Weaver игнорировался (вместе с Н.А. Берштейном и В.Л. Гинзбургом) почти 80 лет. Через 10 лет после публикации Гинзбурга [16] мы доказали ЭЭЗ – потерю эргодичности любой выборки. Это и прогнозировал В.Л. Гинзбург: «Об этом будущем нельзя не думать с завистью – сколь много важного и интересного мы узнаем даже в ближайшие лет десять» [16]. Очевидно, что это были

пророческие слова, т.к. через 10 лет был открыт ЭЭЗ [11-26].

Это было озарение у нобелевского лауреата. В итоге ЭЭЗ завершает дальнейшее использование всей стохастики (статистики) в изучении биосистем. Отсутствие эргодичности у СТТ завершает дальнейшее применение ДСН в изучении любой биосистемы. СТТ не могут быть объектами всей ДСН [1-9].

Выводы. После доказательства ЭЭЗ во всей современной науке (ДСН) возникает строгое понимание всех трех «великих» проблем Гинзбурга и их неразрешимость в рамках самой ДСН. Нужна новая, третья (после ДСН) наука для описания биосистем. Именно об этом говорил W.Weaver в 1948 году.

Эта новая, третья наука должна учитывать (и уметь описывать) особые свойства СТТ в виде потери эргодичности выборок любых параметров $x_i(t)$ СТТ и

потерю эргодичности любой группы испытуемых. На сегодня в ДСН нет теории для описания не эргодичных систем и тем более нет описания неоднородных групп. СТТ не могут быть объектами ДСН из-за потери однородности групп и потери эргодичности.

После доказательства ЭЭЗ становится очевидным, что возникли три новые «великие» проблемы во всей науке (ДСН) при описании и изучении СТТ. Во-первых, в живой природе не существует аналогов моделей ТДС. Модели Мальтуса, Ферхюльста-Пирла, Лотки-Вольтерра, Ходжкина-Хаксли, Хилла (в биомеханике) имеют качественный характер, они описывают нереальные (идеальные) биосистемы.

Одновременно потеря эргодичности любых выборок любых параметров $x_i(t)$ любых функций организма требует создания новой теории неэргодичных СТТ (третьей науки). Тем более потеря однородности групп испытуемых требует отказа от стохастики и создания новой науки для описания и моделирования биосистем (СТТ). Это и есть три реальные (новые) «великие» проблемы всего естествознания. Всей современной науке это необходимо осознать и начать изучать реальные биосистемы с участием выше представленных реальных трех проблем ДСН в отношении биосистем.

Литература

1. 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. DOI:10.1134/S1064562417010240
2. 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. DOI: 10.1007/s11018-011-9673-4
3. Eskov V.M., Kulaev S.V., Popov Yu.M., Filatova O.E. Computer technologies in stability measurements on stationary states in dynamic biological systems // *Measurement techniques*. – 2006. – Vol. 49(1). – Pp. 59-65. DOI: 10.1007/s11018-006-0063-2
4. 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. DOI: 10.1007/s11018-014-0525-x
5. 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. DOI: 10.1134/S106378421711007X
6. Zilov V.G., Eskov V.M., Khadartsev A.A., Eskov V.V. Experimental Verification of the Bernstein Effect “Repetition with-out Repetition”. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, 2017, vol. 163 (1), pp. 1–5. DOI: 10.1007/s10517-017-3723-0
7. 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. DOI: 10.3103/S0027134916020053
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. DOI: 10.1007/S11018-011-9812-Y
9. Eskov V.M., Papshev V.A., Eskov V.V., Zharkov D.A. Measuring Biomechanical Parameters of Human Extremity Tremor. *Measurement Techniques*, 2003, vol. 46 (1), pp. 93–99. DOI: 10.1023/A:1023482026679
10. Weaver W. *Science and Complexity* // *American Scientist*. – 1948. – Vol. 36. – Pp. 536-544.
11. Eskov V.M. Models of Hierarchical Respiratory Neuron Networks. *Neurocomputing*, 1996, vol. 11 (2–4), pp. 203–226. DOI: 10.1016/0925-2312(95)00048-8

12. Eskov, V.M., Filatova, O.E., Ivashenko, V.P. Computer identification of compartmental neuron circuits // *Measurement Techniques*. – 1994.- Vol 37(8). - Pp. 967–971. DOI: 10.1007/BF00977157
13. 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), pp. 115–117. DOI: 10.1007/s10517-017-3937-1
14. 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. DOI: 10.3103/s0027134917030067
15. 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. DOI:10.1007/s11018-012-0082-0
16. 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-Uspekhi*. – 1999. – Vol. 42. – Pp. 353-373. DOI: 10.1070/PU1999v042n04ABEH000 56
17. Prigogine I. R. *The End of Certainty: Time, Chaos, and the New Laws of Nature*. N. Y. et al. // Free Press.- 1997. P.228
18. Prigogine I. The die is not cast // *Futures. Bulletin of the World Futures Studies Federation*.- 2000.- Vol. 25 (4). - Pp. 17–19.
19. Бернштейн Н.А. О построении движений – М.: Медгиз, 1947. – 254с.
20. 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 (Russian Federation)*. - 2017.- Vol. 62(1).- Pp. 143–150
21. Eskov V.M., Filatova O.E. Problem of identity of functional states in neuronal networks // *Biophysics*. - 2003. - Vol. 48(3).- Pp. 497–505
22. Eskov V.M., Bazhenova A.E., Vochmina U.V., Filatov M.A., Ilyashenko L.K. N.A. Bernstein hypothesis in the description of chaotic dynamics of involuntary movements of person // *Russian Journal of Biomechanics*.- 2017.- Vol. 21(1).- Pp.14-23
23. Eskov V.M. Hierarchical respiratory neuron networks // *Modelling, Measurement and Control C*. - 1995. Vol. 48(1-2).- Pp. 47–63
24. Eskov V.M. Cyclic respiratory neuron network with subcycles // *Neural Network World*.-1994. - Vol. 4(4).- Pp. 403–416
25. 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 (Russian Federation)*.-2017. - Vol. 62(5).- Pp. 809–820
26. Eskov, V.M., Khadartsev, A.A., Eskov, V.V., Vokhmina, J.V. Chaotic dynamics of cardio intervals in three age groups of indigenous and nonindigenous populations of Ugra // *Advances in Gerontology*. - 2016.- Vol. 6(3).- Pp.191–197

References

1. 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. DOI:10.1134/S1064562417010240
2. 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. DOI: 10.1007/s11018-011-9673-4
3. Eskov V.M., Kulaev S.V., Popov Yu.M., Filatova O.E. Computer technologies in stability measurements on stationary states in dynamic biological systems // *Measurement techniques*. – 2006. – Vol. 49(1). – Pp. 59-65. DOI: 10.1007/s11018-006-0063-2

4. 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. DOI: 10.1007/s11018-014-0525-x
5. 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. DOI: 10.1134/S106378421711007X
6. Zilov V.G., Eskov V.M., Khadartsev A.A., Eskov V.V. Experimental Verification of the Bernstein Effect “Repetition with-out Repetition”. Bulletin of Experimental Biology and Medicine, 2017, vol. 163 (1), pp. 1–5. DOI: 10.1007/s10517-017-3723-0
7. 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. DOI: 10.3103/S0027134916020053
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. DOI: 10.1007/S11018-011-9812-Y
9. Eskov V.M., Papshev V.A., Eskov V.V., Zharkov D.A. Measuring Biomechanical Parameters of Human Extremity Tremor. Measurement Techniques, 2003, vol. 46 (1), pp. 93–99. DOI: 10.1023/A:1023482026679
10. Weaver W. Science and Complexity // American Scientist. – 1948. – Vol. 36. – Pp. 536-544.
11. Eskov V.M. Models of Hierarchical Respiratory Neuron Networks. Neurocomputing, 1996, vol. 11 (2–4), pp. 203–226. DOI: 10.1016/0925-2312(95)00048-8
12. Eskov, V.M., Filatova, O.E., Ivashenko, V.P. Computer identification of compartmental neuron circuits // Measurement Techniques. – 1994.- Vol 37(8). - Pp. 967–971. DOI: 10.1007/BF00977157
13. 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), pp. 115–117. DOI: 10.1007/s10517-017-3937-1
14. 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. DOI: 10.3103/s0027134917030067
15. 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. DOI:10.1007/s11018-012-0082-0
16. 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-Uspekhi. – 1999. – Vol. 42. – Pp. 353-373. DOI: 10.1070/PU1999v042n04ABEH000 56
17. Prigogine I. R. The End of Certainty: Time, Chaos, and the New Laws of Nature. N. Y. et al. // Free Press.- 1997. P.228
18. Prigogine I. The die is not cast // Futures. Bulletin of the World Futures Studies Federation.- 2000.- Vol. 25 (4). - Pp. 17–19.
19. Bernshtejn N.A. O postroenii dvizhenij – M.: Medgiz, 1947. – 254s.
20. Eskov V.M., Eskov V.V., Gavrilenko T.V., Vochmina Y.V. Formalization of the effect of “repetition without repetition” discovered by N.A. Bernshtejn // Biophysics (Russian Federation). - 2017.- Vol. 62(1).- Pp. 143–150
21. Eskov V.M., Filatova O.E. Problem of identity of functional states in neuronal networks // Biophysics. - 2003. - Vol. 48(3).- Pp. 497–505
22. Eskov V.M., Bazhenova A.E., Vochmina U.V., Filatov M.A., Ilyashenko L.K. N.A. Bernstein hypothesis in the description of chaotic dynamics of

- involuntary movements of person // Russian Journal of Biomechanics.- 2017.- Vol. 21(1).- Pp.14-23
23. Eskov V.M. Hierarchical respiratory neuron networks // Modelling, Measurement and Control C. - 1995. Vol. 48(1-2).- Pp. 47–63
24. Eskov V.M. Cyclic respiratory neuron network with subcycles //Neural Network World.-1994. - Vol. 4(4).- Pp. 403–416
25. 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 (Russian Federation).-2017. - Vol. 62(5).- Pp. 809–820.
26. Eskov, V.M., Khadartsev, A.A., Eskov, V.V., Vokhmina, J.V. Chaotic dynamics of cardio intervals in three age groups of indigenous and nonindigenous populations of Ugra // Advances in Gerontology. - 2016. – Vol. 6(3). – Pp.191–197.