

DOI:10.12737/article_5aaa6dcbb9fb10.61118128

МЕЖАТТРАКТОРНЫЕ РАССТОЯНИЯ ВЕКТОРА ВСР У ХИРУРГИЧЕСКИХ БОЛЬНЫХ

В.В. ЕСЬКОВ¹, Н.А. ДУДИН², Д.С. ГОРБУНОВА¹, О.А. МОРОЗ¹

¹БУ ВО «Сургутский государственный университет», ул. Ленина, 1, Сургут, 628400, Россия,
e-mail: firing.squad@mail.ru

²Негосударственное учреждение здравоохранения «Дорожная клиническая больница им.
Н.А. Семашко на ст. Люблино ОАО «РЖД», Ставропольская ул., д. 23, корп. 1, г. Москва,
109386, Россия

Аннотация. Изучение поведения квазиаттракторов variability сердечного ритма (ВСР) у хирургических больных составило предмет исследования в рамках новой теории хаоса-самоорганизации. Получены статистические данные о сезонном характере изменения параметров состояния вегетативной нервной системы и биохимического статуса крови у хирургических больных в условиях Севера Западной Сибири.

Ключевые слова: variability сердечного ритма, теория хаоса-самоорганизации, квазиаттракторы.

INTERATTRACTOR DISTANCES OF THE HRV VECTOR IN SURGICAL PATIENTS

V.V. ESKOV¹, N.A. DUDIN², D.S. GORBUNOVA¹, O.A. MOROZ¹

¹Surgut State University, Lenina pr., 1, Surgut, 628400, Russia, e-mail: firing.squad@mail.ru

²Semashko Road Clinical Hospital at Lyublino Station JSC Russian Railways, Stavropolskaya st.
23, building. 1, Moscow, 109386, Russia

Abstract. The study of the behavior of quasi-tractors of heart rate variability (HRV) in surgical patients was the subject of research within the framework of a new theory of chaos-self-organization. Statistical data on the seasonal nature of changes in the parameters of the vegetative nervous system and the biochemical status of blood in surgical patients in the conditions of the North of Western Siberia are obtained.

Key word: heart rate variability, chaos-self-organization theory, quasiattractors.

Введение. Общеизвестна связь состояния параметров *нейровегетативной системы* (ВНС) с характером течения заболевания и процессом выздоровления. Однако, количественные взаимоотношения между параметрами ВНС и параметрами гомеостаза остаются все еще мало изученными. Управление динамикой *высшей нервной деятельностью* (ВНС) в виде волнового перехода от парасимпатотонии к симпатотонии осуществляется в том числе и на психическом уровне. В этой связи изучении динамики таких переходов и их влияния на репарационные процессы и выздоровление в целом представляет особый интерес не

только для хирургии, но и для общей теории патологии в целом [1-6,9-12]. Количественная идентификация процессов смены парасимпатотонических и симпатотонических (тонических и фазических) состояний гомеостаза у хирургических больных – это особая проблема для хирургии.

В первую очередь это обусловлено тем, что задержка организма после операции в состоянии парасимпатотонии чревата серьезными последствиями для пациента (выздоровление будет затягиваться, возможны хронические процессы). Наоборот, удержание гомеостаза в глубокой симпатотонии (что характерно для предоперационного

периода) будет задерживать начало репарационных процессов, увеличивает сроки пребывания пациента в больнице.

В этой связи мы можем говорить и о проблеме управления такими процессами, но управление требует разработки точных количественных методов измерения состояния ВНС и методов оценки степени влияния управляющих воздействий на организм оперируемого пациента. В качестве управления выступают и экофакторы среды, т.к. тяжесть заболевания часто зависит от сезона года и это также требует научного изучения.

Использование новых биоинформационных методов на базе многомерных фазовых пространств [13-24] может обеспечить получение интегративных параметров в оценке статуса больного, что и составило основу настоящей работы.

Объект и методы исследования. Анализ колебательной структуры сердечного ритма (*вариабельности сердечного ритма* – ВСР) у хирургических больных производился с помощью фотооптических датчиков и специализированного программного вычислительного комплекса на базе ЭВМ. В устройстве применялся оптический пальцевый датчик (в виде прищепки), с помощью которого происходила регистрации пульсовой волны с одного из пальцев кисти пациента. Прибор снабжен программным продуктом «*ELOGRAPH*», который в автоматическом режиме позволяет отображать изменение ряда показателей в режиме реального времени с одновременным построением гистограммы распределения длительности *кардиоинтервалов* (КИ). Анализ ВСР проводился в положении сидя, при ровном дыхании, в тихом помещении. Перед началом исследования пациент проходил период адаптации к окружающим условиям в течение 10-15 минут. В период исследования пациенту предлагалось дышать равномерно и спокойно, не делая глубоких вдохов, не кашлять и не сглатывать слюну.

При спектральном анализе, вычислялась *спектральная плотность мощности*

(СПМ) ВСР, которая отражает распределение по частоте в среднем мощности (колебательной активности) ВСР. Обработка массивов *кардиоинтервалов* (*кардиограмм*) производилась непараметрическим методом вычисления СПМ ВСР (метод Уэлча), с использованием процедуры *быстрого преобразования Фурье* (БПФ). При этом, рассчитывался и усреднялся набор спектров в получаемых на последовательно смешанных во времени коротких сегментах исходной последовательности ВСР. В рамках такого подхода оценивалась СПМ ВСР, производился расчет СПМ для трех стандартных интервалов частот (0-0,04 Гц), (0,04-0,15 Гц), (0,15-0,5 Гц), производилась оценка показателей *симпатической вегетативной нервной системы* (СИМ) и *парасимпатической вегетативной нервной системы* (ПАР), определялся *индекс Баевского* (ИБ).

Новые методы основаны на идентификации объемов квазиаттракторов в *фазовом пространстве состояний* (ФПС) первоначально для одного кластера (группы больных) и далее для другого. При этом производилось поэтапное (поочередное) исключение из расчета отдельных компонентов x_i вектора состояния $x=(x_1, x_2, \dots, x_m)^T$ *функциональных систем организма* (ФСО) с одновременным анализом параметров квазиаттракторов и сравнением существенных или несущественных изменений в параметрах квазиаттрактора после такого исключения. Алгоритм такой процедуры основывается на следующих этапах расчёта.

Во-первых, в программу расчета на ЭВМ поочередно вводятся исходные значения – компоненты *вектора состояний организма человека* (ВСОЧ) которые формируются в виде матрицы $A_{ij}^k = \{a_{ij}^k\}_{k=1, \dots, p, i=1, \dots, m}$ параметров биосистемы, например параметры ВНС, по каждому из k кластеров. Каждый такой кластер включает анализируемые показатели больных, которым предстоит экстренная или плановая операция на желчном пузыре в осенне-зимний период. Второй кластер включает анализируемые показатели

больных во второй, весеннее-летний период. Наблюдения производились дважды: перед операцией и после операции. Получаем матрицу состояний для всех p кластеров в m -мерном фазовом пространстве. Здесь i - бегущий индекс компонента вектора x_i ($i = 1, \dots, m$), а j - номер ($j = 1, \dots, n$) биообъекта (пациента), номер кластера k тоже может изменяться ($k = 1, \dots, p$). Иными словами элемент такой матрицы a_{ij}^k представляет k -й кластер ВНС, i -й компонент ВСОЧ, для j -го пациента (или j -й группы больных).

Далее производится поочередный расчет координат граней для всех i -х параметров ВСОЧ, для всех j -х пациентов ($j = 1, \dots, n$) из k -го кластера ($k = 1, \dots, p$). В частности, определялись их длины (*Interval*), например, для 2-х кластеров (x и y) будем иметь:

$$D_i^x = x_{i(max)} - x_{i(min)}, \quad D_i^y = y_{i(max)} - y_{i(min)},$$

где $x_{i(max)}$, $x_{i(min)}$ координаты крайних точек, совпадающих с нижней (или левой) и верхней (или правой) границами фазовой области по i -й координате. Далее, рассчитывается вектор объемов (*GeneralValue*) $V = (V_0, V_1, \dots, V_p)^T$, ограничивающих размеры всех квазиаттракторов, а так же показатели асимметрии (*Asymmetry*) в виде матриц размерности $m \times m$ (P_{mm}) для стохастического:

$$X_1^C = (x_{11}^C, x_{12}^C, \dots, x_{1m}^C)^T, \dots, X_p^C = (x_{p1}^C, x_{p2}^C, \dots, x_{pm}^C)^T,$$

и хаотического центров:

$$X_1^x = (x_{11}^x, x_{12}^x, \dots, x_{1m}^x)^T, \dots, X_p^x = (x_{p1}^x, x_{p2}^x, \dots, x_{pm}^x)^T.$$

Здесь $x_{ki}^c = \sum_{j=1}^n \frac{x_{ij}}{n}$ – формула для иден-

тификации координат k -го стохастического центра для k -го кластера квазиаттракторов, который находится путем вычисления среднего $\sum_{j=1}^n \frac{x_{ij}}{n}$ арифметического для всех одноименных i -х координат (для точек, находящихся на i -ой оси) из k -го кластера, представляющих проекции конца вектора состояния ФСО на каждую i -ю координат-

ную ось. Отметим, что координатам центра хаотического квазиаттрактора для каждого из всех P кластеров имеет вид $X_{ki}^x = x_{i(min)} + D_i^k/2$, т.е. по этой формуле производится идентификация хаотического центра квазиаттракторов, используемых для расчета матрицы Z . Здесь, D_i^k – это ширина интервала на фазовой координате, т.е. величина грани квазиаттрактора (размер интервала изменения переменной x) в проекции на i -ую координату для k -го кластера измерений.

В наших исследованиях эффективность лечебного воздействия определялась сравнительно, т.е. до начала операции, но в разные сезоны года, или в крайних контрольных точках («исходно» и «по завершении контрольного наблюдения»). При этом изучались оценки интегральных индикаторов в виде объёмов квазиаттракторов и межаттракторных расстояний Z по отношению к разным сезонным периодам, или в разных гендерных группах, или в разных условиях *внешних управляющих воздействий* (ВУВ).

Эти параметры межаттракторных расстояний в виде элементов общей матрицы Z образуют наборы (компарменты) диагностических признаков (маркеров тяжести заболевания) в пределах одной фазовой координаты x_i из набора всех координат m -мерного фазового пространства с одинаковыми диагностическими характеристиками. Иными словами, мы можем находить матрицы межаттракторных расстояний для отдельных групп больных, а можно их рассчитывать и для каждого пациента и получать информацию о тяжести заболевания и эффективности лечения (по значениям Z) для каждого конкретного больного. При таких расчётах точкой отсчёта может быть центр квазиаттрактора группы больных (с одинаковыми признаками) или центр квазиаттрактора референтной группы (например, средние параметры нормы или патологии).

Тогда каждый больной со своим набором признаков (компонентами ВСОЧ) задается точкой в этом фазовом пространстве состояний так, что группа наблюдения образует некоторое «облако» (из набора квазиаттракторов) в фазовом

пространстве состояний, а в динамике наблюдения эффект ВУВ [14-25], т.е. терапия или хирургическое вмешательство, может сопровождаться модификацией (образованием разных «облаков») квазиаттракторов в ФПС. В этом случае можно зарегистрировать расстояния z_{kf} – (здесь k и f – не только группы обследуемых в зависимости от сезона года, пола или каких-либо других особенностей), но и конкретные больные, которые изучаются в конкретном исследовании.

Существенно, что максимальные различия в расстояниях между хаотическими или стохастическими центрами квазиаттракторов z_{kf} движения ВСОЧ обследуемых групп испытуемых в контрольных точках наблюдения (до и после ВУВ) соответствуют максимальной эффективности лечебного мероприятия, а их уменьшение требует дополнительной корректировки в лечебном воздействии [4]. Анализ динамики параметра z_{kf} в матрицах межаттракторных состояний позволяет оценивать количественную меру эффективности ВУВ в процессе лечения в разных контрольных точках наблюдения. Получаемые данные от группы обследуемых путём повторов измерений в виде набора m блоков данных (компарментов), где m – общее число измеряемых диагностических признаков, переносят в виде точек в m – мерное ФПС. В целом, группа больных (обследуемых) может образовывать кластер квазиаттракторов, который характеризуется своей матрицей z межаттракторных расстояний. Каждая такая матрица с набором квазиаттракторов V_{Gi} может представлять индивидуальный подход в оценке заболевания и это составляет новое направление в индивидуализированной медицине и экологии. Такие расчеты позволяют количественно оценивать качество и эффективность лечебных мероприятий по отношению к каждому пациенту.

1. Расчёт матриц сезонной динамики параметров организма хирургических больных.

Представим результаты расчёта матриц Z в оценке изменений параметров variability сердечного ритма для двух гендерных групп: группа женщин из 15-ти че-

ловек и группа мужчин, которые прошли хирургическое лечение в два разных сезона года. Первый сезон – это «осень – зима», и второй сезон «весна-лето» когда параметры регуляции ВНС более оптимальные, а выздоровление больных обычно протекает более эффективно (и с наименьшими осложнениями). В табл. 1 представлена матрица межаттракторных расстояний между стохастическими центрами квазиаттракторов у хирургических больных в осенне-зимнем и весенне-летнем сезонах года по параметрам variability сердечного ритма.

Таблица 1

Матрица межаттракторных расстояний между стохастическими центрами квазиаттракторов у хирургических больных в осенне-зимнем и весенне-летнем сезонах года по параметрам variability сердечного ритма

	Осенне-зимний период (муж, n=15)	Весенне-летний период (муж, n=15)	Осенне-зимний период (жен, n=15)	Весенне-летний период (жен, n=15)
Осенне-зимний период (муж, n=15)	0.00	135.35	139.19	135.23
Весенне-летний период (муж, n=15)	135.35	0.00	4.52	3.11
Осенне-зимний период (жен, n=15)	139.19	4.52	0.00	4.48
Весенне-летний период (жен, n=15)	135.23	3.11	4.48	0.00

Из табл. 1 следует, что наибольшее расстояние z_{ij} между центрами квазиаттракторов мы имеем для мужчин в осенне-зимний период. Суммарное значение этой строки равно

$$\sum_{i=1}^n z_{ij} = 135,35 + 139,19 + 135,23 = 409,77$$

Остальные строки дают более низкие значения. Это означает, что именно мужчины в осенне-зимний период при развитии заболевания имеют особое состояние организма, которое отличается от состояния групп всех женщин в оба сезона и даже

мужчин, но диагностирующихся в весенне-летний период.

Подчеркнем, что эта последняя группа мужчин по параметрам ВСР существенно не отличается от состояния ВСР женщин в период как «осень-зима», так и в период «весна-лето». Для группы женщин, которые перенесли операцию в оба этих сезона года вообще величина Z_{ij} существенно не изменяется. Все эти три группы (2-е группы женщин и одна группа мужчин в весенне-летний сезон) вообще укладывается в интервал от 3,11 единиц до 4,52 единиц. Это означает, что все эти три группы находятся вблизи одного общего объема фазового пространства и существенно отличаются от группы мужчин (осень-зима).

Подобная динамика прослеживалась и по объемам квазиаттракторов, когда группа мужчин в период «осень-зима» на два порядка отличалась от этих трёх групп. Очевидно, что тяжесть заболевания и состояние параметров ВНС будут находиться в определенной взаимосвязи, а наш метод показывает интегрально общность и различие в состоянии всех четырёх групп. Состояния ВНС будут существенно влиять на характер выздоровления, то есть на весь послеоперационный период. И это должно сказываться на тактике лечения. Ещё более разительные отличия мы имеем в параметрах хаотической динамики (в гипотезе равномерного распределения). Это представлено в табл. 2. Здесь сумма элементов первой строки вообще подходит к величине в полторы тысячи условных единиц ($454,56+506,26+464,63=1425,45$ у.е.), что в три раза больше чем для групп из таблицы 1.

Однако и для трёх (в якобы благоприятные сезоны) групп величин Z_{ij} составляют несколько десятков. При этом мужчины второй мужской группы (весенне-летний период) всё-таки отстают на большем расстоянии от женской группы периода «осень-зима» (55,47 у.е.), чем женщины осенне-зимнего периода. Первая группа женщин отстоит от женщин весенне-летнего периода на значительном расстоянии (42,95 у.е.). Наименьшее же расстояние Z_{kf} мы имеем для группы мужчин второго

сезона (весна-лето) и группы женщин второго сезона (весна-лето).

Таблица 2

Матрица межаттракторных расстояний между центрами хаотических квазиаттракторов у хирургических больных в осенне-зимнем и весенне-летнем сезонах года по параметрам variability сердечного ритма

	Осенне-зимний период (муж, n=15)	Весенне-летний период (муж, n=15)	Осенне-зимний период (жен, n=15)	Весенне-летний период (жен, n=15)
Осенне-зимний период (муж, n=15)	0,0000	454,56	506,26	464,63
Весенне-летний период (муж, n=15)	454,56	0,0000	55,47	22,55
Осенне-зимний период (жен, n=15)	506,26	55,47	0,0000	42,95
Весенне-летний период (жен, n=15)	464,63	22,55	42,95	0,0000

Величина этого расстояния составляет 22,55 у.е. и оно минимальное во всей этой матрице. Схожий результат был и в статистике (3,11 у.е.), но там женщины этих двух групп продемонстрировали максимальное расстояние (4,48 у.е.) при сравнении этих трёх схожих по параметрам ВСР групп. В рамках теории хаоса-самоорганизации динамика поведения ВСОЧ более разительная и существенно отличается от динамики в стохастическом подходе [7,8,14-26].

В целом, хаотическая динамика более выразительная и более настораживающая не только для группы мужчин в осенне-зимний период, но и для остальных трёх групп при их попарном сравнении. В хаосе величины Z_{kf} в разы, а иногда и на порядок больше, чем эти три группы в стохастике. Это демонстрирует то, что даже в благоприятный сезон года (относительно благоприятный) мы имеем значительный разброс параметров ВНС при индивидуальной оценке состояния ВНС, чем при их усреднении. Среднее значение ведет себя менее выразительно, чем при расчёте в рамках

теории хаоса-самоорганизации. Квазиаттракторы более информативны при оценке тяжести патологического процесса в сравнении со стохастикой.

Заключение

1. Алгоритмы расчета объемов квазиаттракторов демонстрируют высокую результативность параметров квазиаттракторов (их объемов при анализе сезонных изменений параметров ВСР групп оперируемых больных в два сезона по две группы-мужчины и женщины).

2. Матрицы межаттракторных расстояний квазиаттракторов при оценке в рамках стохастики и в рамках теории хаоса-самоорганизации дают некоторую скоррелированную динамику изменений межаттракторных расстояний Z_{ij} (коэффициент корреляции элементов таблицы 1 и таблицы 2 довольно высок) Однако, матрицы хаотических квазиаттракторов более информативны и выразительны, они обеспечивают индивидуальный подход в оценке влияния хирургического лечения на параметры ВНС.

Литература

1. Еськов В.В. Математическое моделирование гомеостаза и эволюции complexity: монография. Тула: изд-во ТулГУ, 2016. – 372 с.

2. Еськов В.В., Вохмина Ю.В., Гавриленко Т.В., Зимин М.И. Модели хаоса в физике и теории хаоса-самоорганизации // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2013. – № 2. – С. 42-56.

3. Еськов В.М., Галкин В.А., Филатова О.Е. Complexity: хаос гомеостатических систем: монография / Под ред. Г.С. Розенберга. Самара: изд-во ООО «Порто-принт», 2017. – 388 с.

4. Еськов В.М., Галкин В.А., Филатова О.Е. Конец определенности: хаос гомеостатических систем: монография / Под ред. А.А. Хадарцева, Г. С. Розенберга. Тула: изд-во ООО «ТППО», 2017. – 596 с.

5. Еськов В.М., Зинченко Ю.П., Филатов М.А., Иляшенко Л.К. Теорема Гленсдорфа - Пригожина в описании хаотической динамики тремора при холодном

стрессе // Экология человека. – 2017. – № 5. – С. 27-32.

6. Еськов В.М., Филатова О.Е., Полухин В.В. Проблема выбора абстракций при применении биофизики в медицине // Вестник новых медицинских технологий. – 2017. – Т. 24, № 1. – С. 158-167. DOI: 12737/25253

7. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Еськов В.В., Филатов М.А.. Хаотический подход в новой интерпретации гомеостаза // Клиническая медицина и фармакология. – 2016. – Т.2, №3. – С. 47-51.

8. Зинченко Ю.П., Хадарцев А.А., Филатова О.Е. Введение в биофизику гомеостатических систем (complexity) // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2016. – № 3. – С. 6–15. DOI: 10.12737/22107

9. Карпин В.А., Еськов В.М., Филатов М.А., Филатова О.Е. Философские основания теории патологии: проблема причинности в медицине // Философия науки. – 2012. – № 1 (52). – С. 118-128.

10. 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, No. 2. – P. 1–3. DOI: 10.1134/S1064562417010240

11. Eskov V.M. Models of hierarchical respiratory neuron networks // Neurocomputing. – 1996. – Т. 11, № 2-4. – P. 203-226.

12. Eskov V.M., Bazhenova A.E., Vochmina U.V., Filatov M.A., Pyashenko 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. – P. 14-23. DOI: 10.15593/RJBiomech/2017.1.02

13. Eskov V.M., Eskov V.V., Gavrilenko T.V. and Vochmina Yu.V. Formalization of the Effect of “Repetition without Repetition” Discovered by N.A. Bernshtein // Biophysics. – 2017. – Vol. 62. – No. 1. – Pp. 143-150.

14. Eskov V.M., Eskov V.V., Vochmina Yu. V., Gorbunov D.V., Pyashenko L.K. Shannon entropy in the research on stationary regimes and the evolution of complexity Moscow University Physics Bulletin. – 2017. – Vol. 72, No. 3. – P. 309–317.

15. Es'kov V.M., Filatova O.E. A Compartmental approach in modeling a neuronal network. role of inhibitory and excitatory pro-

cesses // *Biofizika*. – 1999. – Т. 44, № 3. – С. 518-525.

16. Eskov V.M., Filatova O.E. Problem of identity of functional states in neuronal networks // *Biophysics*. – 2003. – Т. 48, № 3. – С. 497-505.

17. Eskov V.M., Filatova O.E. Respiratory rhythm generation in rats: the importance of inhibition // *Neurophysiology*. – 1993. – Т. 25, № 6. – С. 420.

18. Eskov V.M., Filatova O.E., Eskov V.V. and Gavrilenko T.V. The Evolution of the Idea of Homeostasis: Determinism, Stochastics and Chaos–Self-Organization // *Biophysics*. – 2017. – Vol. 62. – No. 5. – Pp 809-820.

19. Eskov V.M., Filatova O.E., Provorova O.V., Khimikova O.I. Neural emulators in identification of order parameters in human ecology // *Human ecology*. – 2015. – № 5. – С. 57-64.

20. Eskov V.M., Gudkov A.B., Bazhenova A.E., Kozupitsa G.S. The tremor parameters of female with different physical training in the Russian North // *Human Ecology*. – 2017. – No. 3. – Pp. 38-42.

21. Eskov V.V., Filatova O.E., Gavrilenko T.V. and Gorbunov D.V. Chaotic Dynamics of Neuromuscular System Parameters and the Problems of the Evolution of Complexity // *Biophysics*. – 2017. – Vol. 62. – No. 6. – Pp. 961-966.

22. Eskov V.V., Gavrilenko T.V., Eskov V.M., Vochmina Yu.V. Static Instability Phenomenon in Type-Three Secretion Systems: Complexity // *Technical Physics*. – 2017. – Vol. 62. – No. 11. – Pp. 1611-1616.

23. Filatova D.U., Veraksa A.N., Berestin D.K., Streltsova T.V. Stochastic and chaotic assessment of human's neuromuscular system in conditions of cold exposure // *Human Ecology*. – 2017. – No. 8. – Pp. 15-20.

24. Garaeva G.R., Eskov V.M., Eskov V.V., Gudkov A.B., Filatova O.E., Khimikova O.I. Chaotic dynamics of cardiointervals in three age groups of indigenous people of Ugra // *Human ecology*. – 2015. – № 9. – P. 50-55.

25. Khadartsev A.A., Nesmeyanov A.A., Yeskov V.M., Fudin N.A., Kozhemov A.A., Filatov M.A., Weidong Pan Fundamentals of Chaos and Self-organization Theory in Sports // *Integr Med Int*. 2017. Vol. 4. P. 57–65.

26. Vokhmina Y.V., Eskov V.M., Gavrilenko T.V., Filatova O.E. Medical and bio-

logical measurements: measuring order parameters based on neural network technologies // *Measurement Techniques*. – 2015. – Т. 58, – № 4. – С. 65-68.

27. Zilov V.G., Khadartsev A.A., Eskov V.V. and Eskov V.M. experimental study of statistical stability of cardiointerval samples // *Bulletin of experimental biology and medicine*. – 2017. – Vol. 164, № 2. – P. 115-117.

Reference

1. Es'kov V.V. *Matematicheskoe modelirovanie gomeostaza i evolyutsii complexity: monografiya*. Tula: izd-vo TulGU, 2016. – 372 p.

2. Es'kov V.V., Vokhmina Yu.V., Gavrilenko T.V., Zimin M.I. The chaos modeling in physics and theory chaossself organization // *Complexity. Mind. Postnonclassic*. – 2013. – № 2. – P. 42-56.

3. Es'kov V.M., Galkin V.A., Filatova O.E. *Complexity: khaos gomeostaticeskikh sistem: monografiya / Pod red. G.S. Rozenberga*. Samara: izd-vo OOO «Porto-print», 2017. – 388 p.

4. Es'kov V.M., Galkin V.A., Filatova O.E. *Konets opredelennosti: khaos gomeostaticeskikh sistem: monografiya / Pod red. A.A. Khadartseva, G. S. Rozenberga*. Tula: izd-vo OOO «TPPO», 2017. – 596 p.

5. Es'kov V.M., Zinchenko Yu.P., Filatov M.A., Ilyashenko L.K. Glansdorff-Prigogine theorem in the description of tremor chaotic dynamics in cold stress // *Human ecology*. – 2017. – № 5. – P. 27-32.

6. Es'kov V.M., Filatova O.E., Polukhin V.V. Problem of a choice of abstractions: application the biophysics in medicine // *Bulletin of New Medical Technologies*. – 2017. – Vol. 24, № 1. – P. 158-167. DOI: 12737/25253

7. Es'kov V.M., Khadartsev A.A., Es'kov V.V., Filatov M.A.. Chaotic approaches at new interpretation of homeostasis // *Clinical medicine and pharmacology*. – 2016. – Vol.2, №3. – P. 47-51.

8. Zinchenko Yu.P., Khadartsev A.A., Filatova O.E. Introduction to the biophysics of homeostatic systems (complexity) // *Complexity. Mind. Postnonclassic*. – 2016. № 3. – P. 6–15. DOI: 10.12737/22107

9. Karpin V.A., Es'kov V.M., Filatov M.A., Filatova O.E. Philosophical foundation of the pathology theory: the problem of causal-

ity in medicine // Russian Journal of Philosophical Sciences. – 2012. – № 1 (52). – P. 118-128.

10. 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, No. 2. – P. 1–3. DOI: 10.1134/S1064562417010240

11. Eskov V.M. Models of hierarchical respiratory neuron networks // Neurocomputing. – 1996. – T. 11, № 2-4. – S. 203-226.

12. 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. – P. 14-23. DOI: 10.15593/RJBiomech/2017.1.02

13. Eskov V.M., Eskov V.V., Gavrilenko T.V. and Vochmina Yu.V. Formalization of the Effect of “Repetition without Repetition” Discovered by N.A. Bernshtein // Biophysics. – 2017. – Vol. 62. – No. 1. – Pp. 143-150.

14. Eskov V.M., Eskov V.V., Vochmina Yu. 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, No. 3. – P. 309–317.

15. Es'kov V.M., Filatova O.E. A Compartmental approach in modeling a neuronal network. role of inhibitory and excitatory processes // Biofizika. – 1999. – T. 44, № 3. – S. 518-525.

16. Eskov V.M., Filatova O.E. Problem of identity of functional states in neuronal networks // Biophysics. – 2003. – T. 48, № 3. – S. 497-505.

17. Eskov V.M., Filatova O.E. Respiratory rhythm generation in rats: the importance of inhibition // Neurophysiology. – 1993. – T. 25, № 6. – S. 420.

18. Eskov V.M., Filatova O.E., Eskov V.V. and Gavrilenko T.V. The Evolution of the Idea of Homeostasis: Determinism, Stochastics and Chaos–Self-Organization // Bio-physics. – 2017. – Vol. 62. – No. 5. – Pp 809-820.

19. Eskov V.M., Filatova O.E., Provorova O.V., Khimikova O.I. Neural emulators in identification of order parameters in human ecology // Human ecology. – 2015. – № 5. – S. 57-64.

20. Eskov V.M., Gudkov A.B., Bazhenova

A.E., Kozupitsa G.S. The tremor parameters of female with different physical training in the Russian North // Human Ecology. – 2017. – No. 3. – Pp. 38-42.

21. Eskov V.V., Filatova O.E., Gavrilenko T.V. and Gorbunov D.V. Chaotic Dynamics of Neuromuscular System Parameters and the Problems of the Evolution of Complexity // Biophysics. – 2017. – Vol. 62. – No. 6. – Pp. 961-966.

22. Eskov V.V., Gavrilenko T.V., Eskov V.M., Vochmina Yu.V. Static Instability Phenomenon in Type-Three Secretion Systems: Complexity // Technical Physics. – 2017. – Vol. 62. – No. 11. – Pp. 1611-1616.

23. Filatova D.U., Veraksa A.N., Berestin D.K., Streltsova T.V. Stochastic and chaotic assessment of human's neuromuscular system in conditions of cold exposure // Human Ecology. – 2017. – No. 8. – Pp. 15-20.

24. Garaeva G.R., Eskov V.M., Eskov V.V., Gudkov A.B., Filatova O.E., Khimikova O.I. Chaotic dynamics of cardiointervals in three age groups of indigenous people of Ugra // Human ecology. – 2015. – № 9. – P. 50-55.

25. Khadartsev A.A., Nesmeyanov A.A., Yeskov V.M., Fudin N.A., Kozhemov A.A., Filatov M.A., Weidong Pan Fundamentals of Chaos and Self-organization Theory in Sports // Integr Med Int. 2017. Vol. 4. P. 57–65.

26. Vokhmina Y.V., Eskov V.M., Gavrilenko T.V., Filatova O.E. Medical and biological measurements: measuring order parameters based on neural network technologies // Measurement Techniques. – 2015. – T. 58, – № 4. – S. 65-68.

27. Zilov V.G., Khadartsev A.A., Eskov V.V. and Eskov V.M. experimental study of statistical stability of cardiointerval samples // Bulletin of experimental biology and medicine. – 2017. – Vol. 164, № 2. – P. 115-117.