

КВАЗИАТТРАКТОРЫ ПАРАМЕТРОВ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ МЫШЦ  
ПРИ ХОЛОДОВОМ СТРЕССЕ

Д.К. БЕРЕСТИН, И.Г. КУРМАНОВ, И.В. ИЛЮЙКИНА, К.Р. КАМАЛТДИНОВА

*БУ ВО «Сургутский государственный университет», ул. Ленина 1, Сургут, 628400, Россия*

**Аннотация.** При изучении и моделировании сложных биологических объектов (*complexity*) возникает возможность внедрения традиционных физических методов в биологические исследования и новых методов на базе теории хаоса-самоорганизации. В работе представлено изучение центральной-нервной системы и нервно-мышечного аппарата на основе показателей электромиографии работы мышц (сгибателя мизинца). Регистрировались электромиограммы при слабом статическом напряжении мышцы  $F_1=5$  даН и при сильном напряжении  $F_2=15$  даН. В качестве количественной мерой использовались параметры (площади) квазиаттракторов для оценки хаотической динамики на примере работы мышцы сгибателя. В конечном итоге анализ состояния биомеханической системы производился на основе сравнения объема  $V_G$  квазиаттрактора. Показано изменение объемов квазиаттракторов  $V_G$  при различном статическом усилии до и после холодового стресса (при слабом и сильном напряжении мышцы). В результате, средние значения площадей квазиаттракторов, различаются и реально представляют состояние параметров электромиограмм в двух разных физиологических состояниях всех испытуемых, так при слабом ( $F_1=5$ даН) статическом усилии после холодового воздействия произошло увеличение площади квазиаттракторов 2,5 раза. Но при сильном ( $F_2=15$  даН) статическом усилии после холодового воздействия произошло уменьшение площади квазиаттрактора в 1,5 раза.

**Ключевые слова:** миограмма, квазиаттрактор, фазовое пространство состояний.

QUASI-ATTRACTOR PARAMETERS OF BIOELECTRIC ACTIVITY OF MUSCLES DURING  
COLD STRESS

D.K. BERESTIN, I.G. KURMANOV, I.V. ILYUKHINA, K.R. KAMALTDINOVA

*Surgut State University, Lenina str., 1, Surgut, 628403, Russia*

**Abstract.** In the study and modeling of complex biological objects (*complexity*), the possibility arises of the integration of traditional physical techniques in biological research and new methods based on the theory of chaos-self-organization. The paper presents the study of the central nervous system and neuromuscular apparatus on the basis of indicators electromyography muscle (flexor of the little finger). The electromyograms under low static muscle tension  $F_1=5$  Dan and with a strong tension  $F_2=15$  Dan were recorded. As a quantitative measure were the parameters (area) of the quasi-attractor for the estimation of chaotic dynamics on the example of flexor muscles. Ultimately, the analysis of the state of the biomechanical system was made on the basis of comparison of the volume  $V_G$  of quasi-attractor. It was found the change in the volume of quasi-attractor  $V_G$  at different static force before and after cold stress (weak and strong muscle tension). As a result, the average values of the squares of quasi-attractor, these values are different and really represents the state of the parameters of electromyogram in two different physiological conditions of the subjects, with a weak ( $F_1=5$  Dan) static stress after cold exposure there was an increase of area quasi-attractor at 2,5 times. But strong ( $F_2=15$  Dan) static stress after cold exposure there was a reduction in the area of quasi-attractor at 1,5 times.

**Key words:** myogram, quasi-attractor, phase space of conditions.

**Введение.** Любые сложные биологические динамические системы (БДС), которые управляются со стороны ЦНС и нервно-мышечного аппарата, к которым относится и организм человека, очень сложно поддаются изучению и моделированию [3, 8, 9, 12]. Использование традиционных стохастических методов в изучении сложных биосистем – *complexity* имеет малую эффективность, в сравнении с новыми методами теории хаоса – самоорганизации (ТХС), т.к. динамика изменения параметров сложных биосистем носит хаотический характер [1-4, 10-13]. При этом, вместо традиционного понимания стационарных режимов биосистем в виде  $dx/dt=0$ , где  $x=x(t)=(x_1, x_2, \dots, x_n)^T$  является вектором состояния системы (ВСС), мы используем расчет параметров квазиаттракторов (КА), внутри которых наблюдается движение  $x(t)$  в фазовом пространстве состояний (ФПС). Эти движения имеют хаотический характер, т.е. постоянно  $dx/dt \neq 0$ , но при этом движение ВСС ограничено в ФПС объемом такого КА [5, 20-23]. Для расчёта параметров КА, обычно мы используем координаты  $x_1=x_1(t)$  – реальной переменной, у нас это значение электромиограммы (ЭМГ) и  $x_2=dx_1/dt$  – скорость изменения фазовой координаты  $x_1$  [17-20].

Особенно интересно выявить параметры функционального состояния мышцы при различных статистических усилиях, но и посмотреть как на эти параметры влияет охлаждение (в нашем случае охлаждалась только кисть испытуемых). В нашем случае можно говорить об изменении психофизиологического статуса испытуемых с помощью холодного стресса, особенно данный вопрос актуален для территорий крайнего Севера и приравненных к ним. Для территории крайнего Севера характерен резко континентальный климат. Наряду с действием экологических факторов на человека оказывают влияние факторы, характерные для развитых урбанизационных экологических систем. Мы также должны говорить и о хаотическо-динамическом изменении метеорологических факторов в зимний период, которое характерно как для г. Сургута, так и для всей территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. Довольно часты флюктуации давления, температуры, влажности в очень широком диапазоне. Необходимо отметить, что температуры минус 30-35°C являются характерными для зимнего периода территории ХМАО. Влияние метеофакторов на состояние ФСО описано [4, 6, 7, 10, 14-16, 18].

**Объекты и методы исследования.** Поскольку гендерные различия параметров миограмм женщин и мужчин хоть и отличаются, но все таки зависят от физиологического состояния организма испытуемых, к данному исследованию была привлечена группа испытуемых мужчин в возрасте от 21 до 27 лет, число испытуемых 18 человек. У испытуемых регистрировались ЭМГ с частотой дискретизации  $\tau=0,25$  мс, время записи  $t=5$  сек., для каждого испытуемого регистрировалась ЭМГ при слабом статическом напряжении мышцы  $F_1=5$  даН и при сильном напряжении  $F_2=15$  даН с помощью квантования сигнала в виде файла значений  $x_i$ , где  $x_i$  – это величина биосигнала *musculusadductordigitimini* (мышца мизинца). Для каждого статического напряжения производилась запись 15 ЭМГ подряд. Получалась 15-ть различных выборок. Между каждым экспериментом (изменение статического напряжения) испытуемым давалось время на восстановление  $t$  от 15 мин и более. Затем испытуемый погружал кисть в емкость с водой с температурой  $T \approx 2-4$  0С, после чего производилась регистрация ЭМГ после локального холодного воздействия. После каждого охлаждения испытуемым давали время на восстановление от 20 минут и более. Так для каждого испытуемого были получены по 15 выборок ЭМГ в четырех различных состояниях: до локального холодного воздействия при сильном и слабом статическом напряжении и после локального холодного воздействия при двух видах статического напряжения (сильном и слабом).

С помощью ЭВМ производилась визуализация данных, полученных с электронейромиографа, затем строилась временная развертка сигнала, которая преобразовывалась дискретизацией сигнала в некоторые числовые ряды (выборки ЭМГ).

На основе полученного вектора  $x(t)=(x_1, x_2)^T$  строились КА динамики поведения  $x(t)$  и определялись объемы КА( $V_G$ ) по формуле  $V_G^{max} \geq \Delta x_1 * \Delta x_2 \geq V_G^{min}$ , где  $\Delta x_1$  – вариационный размах величины ЭМГ, а  $\Delta x_2$  – размах изменений для  $x_2(t)$  скорости изменения ЭМГ. В конечном итоге анализ состояния мышц испытуемых при развитии различных усилий  $F$  проводился на основе сравнения площади КА в виде  $S$ .

**Результаты и их обсуждение.** Рассмотрим результаты исследования и представим их обсуждение в рамках ТХС, т.е. с позиций третьей парадигмы. С помощью ЭВМ производилась визуализация данных, полученных с электромиографа, строилась временная развертка сигнала. Анализ полученных временных рядов  $x_i$  для ЭМГ по данным с электромиографа показал, что получаемый сигнал всегда уникален для каждого испытуемого. Однако, при этом сохраняется некоторая закономерность, которая связана с параметрами КА в виде площади  $S$  в фазовом пространстве  $x_1$  и  $x_2$

В рамках ТХС мы можем использовать фазовую плоскость при повторении опытов (получать выборки с повторением) и для них строить КА выборок ЭМГ. Однако, полностью уходить от стохастичности пока не следует. Необходимы модификации, внедрение новых методов в комплексе с методами ТХС. Возникает вопрос о целесообразности использования статистических функций распределения  $f(x)$  для ЭМГ. Мы наблюдаем их непрерывное изменение при сравнении выборок ЭМГ и любая ЭМГ имеет свой особый закон распределения и свою  $f(x)$  для каждого интервала.

Каждый из векторов биосистемы, перемещаясь по осям ( $x_1$  и  $x_2$ ), образовывал фазовую плоскость, описывающую динамику поведения двумерного вектора  $x=(x_1, x_2)^T$ , которая и представлена на рис. 1 и рис. 2. Эти области образуют КА, внешний вид которого представлен на рис. 1-В и 2-В. Были рассчитаны КА все 60 выборок для каждого из 18-ти испытуемых при 4-х различных состояниях (для каждого испытуемого были получены 60 выборок (по 15 выборок для каждого состояния)). В результате были установлены определенные закономерности изменения размерностей КА для получаемых выборок ЭМГ. Далее представлены данные для одного испытуемого т.к. для всех испытуемых были получены одинаковые закономерности.

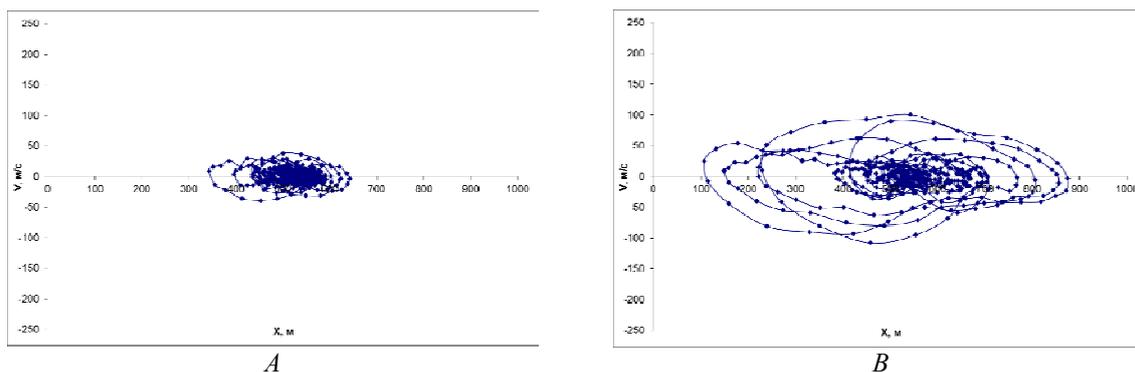


Рис.1. Результаты обработки данных, полученных при слабом напряжении мышцы ( $F_1=5$  даН); испытуемый БАН как типичный пример всей группы: *A* – фазовая траектория КА до локального холодового воздействия при слабом статистическом усилии ( $F_1=5$  даН) с площадью  $S_{1до}=91443$  у.е.; *B* – фазовая траектория КА после локального холодового воздействия при слабом статическом усилии ( $F_1=5$  даН) с площадью  $S_{1после}=236034$  у.е.

Аналогичный анализ всех испытуемых был проведен при сильном напряжении  $F_2=15$  даН. Типичный пример для всех испытуемых представлен на рис. 2 (для испытуемого БАН). Этот рисунок демонстрирует увеличение параметров  $S_2$  для КА при сильной статической нагрузке ( $F_2=15$  даН) испытуемого в сравнение с  $S_1$  для КА при слабой статической нагрузке ( $F_1=5$  даН).

Как выглядят площадь КА для  $F_1$  и  $F_2$  (на примере одного испытуемого) мы уже представили на рис. 1, 2. Здесь фазовые координаты  $x_1$  – реальные значения биопотенциалов, а  $x_2=dx_1/dt=V$  – это скорость их изменения. Очевидно почти четырех кратное увеличение площади  $S_2$  (см. рис. 2-*A*) по отношению к  $S_1$  (рис. 1-*A*). Расчет этих двух значений площадей КА в виде  $S_1$  и  $S_2$  мы производили для многих испытуемых и везде картина одинакова: увеличение силы напряжения мышцы увеличивает площадь КА.

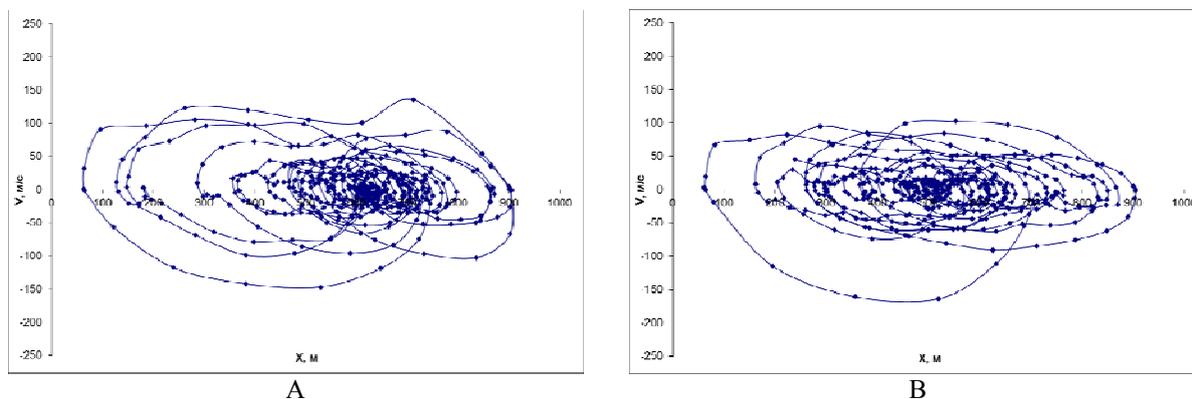


Рис.2. Результаты обработки данных, полученных при слабом напряжении мышцы ( $F_2=15$  даН); испытуемый БАН как типичный пример всей группы: *A* – фазовые траектории КА до локального холодового воздействия при сильном статистическом усилии ( $F_2=15$  даН) с площадью  $S_2=585698$  у.е.; *B* – фазовые траектории КА после локального холодового воздействия при сильном статистическом усилии ( $F_2=15$  даН) с площадью  $S_2=388384$  у.е.

По результатам экспериментов было получено, что при слабом ( $F_1=5$  даН) статическом усилии после холодового воздействия произошло увеличение площади КА в 2,5 раза ( $S_{1до}=91443$ ;  $S_{1после}=236034$ ). Но при сильном ( $F_2=15$  даН) статическом усилии после холодового воздействия произошло уменьшение площади КА в 1,5 раза ( $S_{2до}=585698$ ;  $S_{2после}=388384$ ). Для каждого испытуемого наблюдается такая же закономерность, но значения площадей для каждого испытуемого индивидуальны.

Внешний вид фазовых траекторий и площадей КА для  $F_1$  и  $F_2$  (на примере одного опыта) до и после локального холодового воздействия мы уже представили на рис. 1 и 2. Здесь фазовые координаты  $x_1$  – реальные значения биопотенциалов, а  $x_2=dx_1/dt=V$  – это скорость их изменения. Очевидно шестикратное увеличение площади при сильном статистическом усилии (см. рис. 1-*A*) по отношению к слабому усилению (рис. 2-*A*). Расчет этих двух значений площадей КА в виде  $S_1$  и  $S_2$  мы производили для многих испытуемых и везде картина одинакова: увеличение силы напряжения мышцы в 3 и более раза увеличи-

вает площадь КА ЭМГ в 3-6 раза и более от исходного (при  $F_1=5$  даН и при  $F_2=15$  даН). Но при этом на рис. 1 и 2 отображено влияние холода на параметры ЭМГ, так при слабом напряжении ( $F_1=5$  даН) наблюдается увеличение площади КА, хотя статистическое усилие оставалось неизменным, тогда как для сильного усилия ( $F_2=15$  даН) происходит обратная реакция, площадь КА уменьшилась при том же усилии, но осталась неизменной картина, что после локального холодового воздействия при большем статистическом усилии площадь КА больше даже после локального холодового воздействия.

Анализ полученных данных позволяет нам высказать утверждение, что других способов количественного описания параметров изменения биопотенциалов мышц (ЭМГ) при увеличении силы напряжения мышцы (при  $F_2=3 \times F_1$ ) на сегодня в рамках детерминизма или стохастики нет. Сейчас можно говорить о том, что квазиаттракторы ЭМГ в ФПС являются определенными моделями состояния электрической активности мышц. В рамках стохастики (АЧХ,  $A(t)$ ,  $f(x)$  и др.) мы не можем получить модели, которые бы существенно различали эти два состояния мышцы (ЭМГ при  $F_1$  и  $F_2$ ).

**Выводы.** Аналог принципа Гейзенберга, является наиболее эффективным и значимым методом оценки состояния ЭМГ испытуемых. Расчет КА используется в фазовых координатах  $x_1=x_1(t)$  - реальные значения биопотенциалов мышц и  $x_2=dx_1/dt$  - скорость изменения  $x_1$  во времени. В этом двумерном (а в общем случае мы использовали и  $x_3=dx_2/dt$ , то есть трёхмерное ФПС) фазовом пространстве можно рассчитывать параметры квазиаттракторов (у нас площади  $S$  или объёмы  $V=\Delta x_1 \cdot \Delta x_2 \cdot \Delta x_3$ , где  $\Delta x_i$  - вариационные размахи координаты  $x_i$ ), которые являются моделями психического состояния испытуемых и физиологического состояния мышцы. Очевидно, что хаотическая динамика ЭМГ не может описываться в рамках стохастики или современной теории детерминированного хаоса, но модели ЭМГ всё-таки можно построить в рамках ТХС (в виде квазиаттракторов). Психофизиология и электрофизиология сейчас получают новый аппарат для сравнения биопотенциалов организма человека, находящегося в разных психических состояниях (различных уровнях организации со стороны ВНД).

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №15-41-00034 р\_урал\_a «Разработка новых информационных моделей и вычислительных алгоритмов для идентификации параметров порядка в описании и прогнозах сложных медико-биологических систем»*

### Литература

1. Баженова А.Е., Шерстюк Е.С., Мирюгин А.А., Потетюрин Е.С. Метод многомерных фазовых пространств в оценке хаотической динамики тремора в условиях статических нагрузок // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2016. № 1. Публикация 1-5. URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2016-1/1-5.pdf> (дата обращения 16.03.2016). DOI: 10.12737/18603.
2. Баженова А.Е., Щипицин К.П., Пахомов А.А., Семerez О.Б. Стохастическая и хаотическая оценка треморограмм испытуемого в условиях нагрузки // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2016. № 1. С. 11–17.
3. Балтикова А.А., Баженова А.Е., Башкатова Ю.В., Карпин В.А., Горленко Н.П. Многомерная хаотическая динамика тремора в оценке реакции нервно-мышечной системы человека на физическую нагрузку // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2013. № 1. Публикация 1-6. URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2013-1/4341.pdf> (дата обращения 15.04.2013).
4. Башкатова Ю.В., Белощенко Д.В., Баженова А.Е., Мороз О.А. Хаотическая динамика параметров кардиоинтервалов испытуемого до и после физической нагрузки при повторных экспериментах // Вестник новых медицинских технологий. 2016. Т. 23, № 3. С. 39–45.
5. Башкатова Ю.В., Карпин В.А., Попов Ю.М., Рассадина Ю.В., Шиялова О.С. Оценка состояния параметров нервно-мышечного кластера в условиях дозированной физической нагрузки // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2014. № 1. Публикация 2-18. URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/4772.pdf> (дата обращения 30.04.2014). DOI: 10.12737/3860.
6. Белощенко Д.В., Майстренко Е.В., Королев Ю.Ю., Щипицин К.П. Стохастическая оценка параметров нервно-мышечной системы человека при локальном холодовом воздействии // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2016. № 3. С. 37–42.
7. Вохмина Ю.В., Еськов В.М., Гавриленко Т.В., Филатова О.Е. Измерение параметров порядка на основе нейросетевых технологий // Измерительная техника. 2015. № 4. С. 65–68.
8. Гавриленко Т.В., Вохмина Ю.В., Зимин М.И., Попов Ю.М. Математические основы глобальной неустойчивости биосистем // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2014. № 1. С. 49–62.
9. Гавриленко Т.В., Горбунов Д.В., Эльман К.А., Григоренко В.В. Возможности стохастики и теории хаоса в обработке миограмм // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2015. № 1. С. 48–53.
10. Газя Г.В., Соколова А.А., Баженова А.Е., Ярмухаметова В.Н. Анализ и синтез параметров вектора состояния вегетативной нервной системы работников нефтегазовой отрасли // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2012. Т. 11, № 4. С. 886–892.

11. Еськов В.М., Баженова А.Е., Буров И.В., Джалилов М.А. Соотношение между теоремой бернулли и параметрами квазиаттракторов биосистем // Вестник новых медицинских технологий. 2011. Т. 18, № 3. С. 332.
12. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Филатов М.А., Башкатова Ю.В., Еськов В.В., Соколова А.А. Системный анализ, управление и обработка информации. Том 12. Тула, 2015.
13. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Еськов В.В., Филатов М.А. Моделирование когнитивной и эвристической деятельности мозга с помощью нейромуляторов // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2014. № 1. С. 62–70.
14. Морозов В.Н., Хадарцев А.А., Ветрова Ю.В., Гуськова-Алексеева О.В. Неспецифические (синтоксические и кататоксические) механизмы адаптации к длительному воздействию холодового раздражителя // Вестник новых медицинских технологий. 2000. Т. 7, № 3-4. С. 100–105.
15. Морозов В.Н., Хадарцев А.А., Карасева Ю.В., Морозова В.И., Хапкина А.В. Диагностика адаптивных процессов у лиц, подверженных длительному холодовому воздействию // Клиническая лабораторная диагностика. 2001. № 11. С. 45.
16. Морозов В.Н., Хапкина А.В., Карасева Ю.В., Хадарцев А.А., Карташова Н.М., Наумова Э.М. Возможности управления течением холодовой травмы активацией синтоксических программ адаптации // Современные наукоемкие технологии. 2004. № 6. С. 94.
17. Филатова Д.Ю., Поскина Т.Ю., Алиев Н.Ш., Ключ Л.Г. Хаотический анализ биопотенциалов // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2016. № 2. С. 19–26.
18. Филатова О.Е., Проворова О.В., Волохова М.А. Оценка вегетативного статуса работников нефтегазодобывающей промышленности с позиций теории хаоса и самоорганизации // Экология человека. 2014. № 6. С. 16–19.
19. Филатова О.Е., Хадарцева К.А., Еськов В.В. Два типа подходов в развитии персонализированной медицины // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2015. № 1. С. 81–88.
20. Филатова О.Е., Козлова В.В., Белошенко Д.В., Прасолова А.А. Стохастическая и хаотическая оценка параметров нервно-мышечной системы человека в осенний и весенний периоды года // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2015. № 4. С. 42–50.
21. Филатова О.Е., Зинченко Ю.П., Еськов В.В., Стрельцова Т.В. Сознательное и бессознательное в организации движений // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2016. № 3. С. 23–30.
22. Филатова О.Е., Русак С.Н., Майстренко Е.В., Добрынина И.Ю. Возрастная динамика параметров сердечно-сосудистой системы населения Севера РФ // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2016. № 2. С. 40–49.
23. Хадарцев А.А., Филатова О.Е., Джумагалиева Л.Б., Гудкова С.А. Понятие трех глобальных парадигм в науке и социумах // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2013. № 3. С. 35–45.

#### References

1. Bazhenova AE, Sherstyuk ES, Miryugin AA, Potetyurina ES. Metod mnogomernykh fazovykh prostranstv v otsenke khaoticheskoy dinamiki tremora v usloviyakh staticheskikh nagruzok [The method of multidimensional phase spaces in the estimation of chaotic tremor dynamics under conditions of static loads]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. Elektronnoe izdanie. 2016 [cited 2016 Mar 16];1 [about 7 p.]. Russian. Available from: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2016-1/1-5.pdf>. DOI: 10.12737/18603.
2. Bazhenova AE, Shchipitsin KP, Pakhomov AA, Semerez OB. Stokhasticheskaya i khaoticheskaya otsenka tremorogramm ispytuemogo v usloviyakh nagruzki [Stochastic and chaotic evaluation of the tremorogram of the subject under conditions of stress]. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2016;1:11-7. Russian.
3. Baltikova AA, Bazhenova AE, Bashkatova YV, Karpin VA, Gorlenko NP. Mnogomernaya khaoticheskaya dinamika tremora v otsenke reaktzii nervno-myshechnoy sistemy cheloveka na fizicheskuyu nagruzku [The multidimensional chaotic dynamics of a tremor in the evaluation of the response of the human neuromuscular system to physical activity]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. Elektronnoe izdanie. 2013 [cited 2013 Apr 15];1 [about 6 p.]. Russian. Available from: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2013-1/4341.pdf>.
4. Bashkatova YV, Beloshchenko DV, Bazhenova AE, Moroz OA. Khaoticheskaya dinamika parametrov kardiointervalov ispytuemogo do i posle fizicheskoy nagruzki pri povtornykh eksperimentakh [Chaotic dynamics of the parameters of the cardiointervals of the subject before and after physical exertion in repeated experiments]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2016;23(3):39-45. Russian.
5. Bashkatova YV, Karpin VA, Popov YM, Rassadina YV, Shilyaeva OS. Otsenka sostoyaniya parametrov nervno-myshechnogo klastera v usloviyakh dozirovannoy fizicheskoy nagruzki [Evaluation of the state of the parameters of the neuromuscular cluster in conditions of dosed physical activity]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. Elektronnoe izdanie. 2014 [cited 2014 Apr 30];1 [about 7 p.]. Russian. Available from: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/4772.pdf>. DOI: 10.12737/3860.
6. Beloshchenko DV, Maystrenko EV, Korolev YY, Shchipitsin KP. Stokhasticheskaya otsenka parametrov nervno-myshechnoy sistemy cheloveka pri lokal'nom kholodovom vozdeystvii [Stochastic estimation

of the parameters of the human neuromuscular system under local cold exposure]. *Slozhnost'. Razum. Postneklassika*. 2016;3:37-42. Russian.

7. Vokhmina YV, Es'kov VM, Gavrilenko TV, Filatova OE. Izmerenie parametrov poryadka na osnove neyrosetevykh tekhnologiy [Measurement of order parameters based on neural network technologies]. *Izmeritel'naya tekhnika*. 2015;4:65-8. Russian.

8. Gavrilenko TV, Vokhmina YV, Zimin MI, Popov YM. Matematicheskie osnovy global'noy nestabil'nosti biosistem [Mathematical foundations of global instability of biosystems]. *Slozhnost'. Razum. Postneklassika*. 2014;1:49-62. Russian.

9. Gavrilenko TV, Gorbunov DV, El'man KA, Grigorenko VV. Vozmozhnosti stokhastiki i teorii khaosa v obrabotke miogramm [The possibilities of stochastics and chaos theory in the processing of myograms]. *Slozhnost'. Razum. Postneklassika*. 2015;1:48-53. Russian.

10. Gazyu GV, Sokolova AA, Bazhenova AE, Yarmukhametova VN. Analiz i sintez parametrov vektora sostoyaniya vegetativnoy nervnoy sistemy rabotnikov neftegazovoy otrasli [Analysis and synthesis of the vector parameters of the vegetative nervous system state of workers in the oil and gas industry]. *Sistemnyy analiz i upravlenie v biomeditsinskikh sistemakh*. 2012;11(4):886-92. Russian.

11. Es'kov VM, Bazhenova AE, Burov IV, Dzhililov MA. Sootnoshenie mezhdru teoremy bernulli i parametrami kvaziattraktorov biosistem. [The relation between the Bernoulli theorem and the parameters of quasi-attractors of biosystems.] *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy*. 2011;18(3):332. Russian.

12. Es'kov VM, Khadartsev AA, Filatov MA, Bashkatova YV, Es'kov VV, Sokolova AA. Sistemnyy analiz, upravlenie i obrabotka informatsii [System analysis, management and information processing]. Tom 12. Tula; 2015. Russian.

13. Es'kov VM, Khadartsev AA, Es'kov VV, Filatov MA. Modelirovanie kognitivnoy i evre-sticheskoj deyatel'nosti mozga s pomoshch'yu neyroemulyatorov [Modeling of cognitive and Jewish activity of the brain with the help of neuromuscular]. *Slozhnost'. Razum. Postneklassika*. 2014;1:62-70. Russian.

14. Morozov VN, Khadartsev AA, Vetrova YV, Gus'kova-Alekseeva OV. Nespetsificheskie (sintoksicheskie i katatoksicheskie) mekhanizmy adaptatsii k dlitel'nomu vozdeystviyu kholodovogo razdrzhitelya [Nonspecific (synthetic and katatoxic) mechanisms of adaptation to the long-term effects of the cold stimulus]. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy*. 2000;7(3-4):100-5. Russian.

15. Morozov VN, Khadartsev AA, Karaseva YV, Morozova VI, Khapkina AV. Diagnostika adaptivnykh protsessov u lits, podverzhennykh dlitel'nomu kholodovomu vozdeystviyu [Diagnosis of adaptive processes in persons exposed to prolonged cold exposure]. *Klinicheskaya laboratornaya diagnostika*. 2001;11:45. Russian.

16. Morozov VN, Khapkina AV, Karaseva YV, Khadartsev AA, Kartashova NM, Naumova EM. Vozmozhnosti upravleniya techeniem kholodovoy travmy aktivatsiey sintoksicheskikh programm adaptatsii [Possibilities to manage the course of cold trauma by activation of synthetic programs of adaptation]. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii*. 2004;6:94. Russian.

17. Filatova DY, Poskina TY, Aliev NS, Klyus LG. Khaoticheskiy analiz biopotentsialov [Potential analysis]. *Slozhnost'. Razum. Postneklassika*. 2016;2:19-26. Russian.

18. Filatova OE, Provorova OV, Volokhova MA. Otsenka vegetativnogo statusa rabotnikov neftegazodobyvayushchey promyshlennosti s pozitsiy teorii khaosa i samoorganizatsii [Assessment of the vegetative status of workers in the oil and gas industry from the standpoint of chaos theory and self-organization]. *Ekologiya cheloveka*. 2014;6:16-9. Russian.

19. Filatova OE, Khadartseva KA, Es'kov VV. Dva tipa podkhodov v razvitii personifitsirovannoy meditsiny [Two types of approaches in the development of personalized medicine]. *Slozhnost'. Razum. Postneklassika*. 2015;1:81-8. Russian.

20. Filatova OE, Kozlova VV, Beloshchenko DV, Prasolova AA. Stokhasticheskaya i khaoticheskaya otsenka parametrov nervno-myshechnoy sistemy cheloveka v osennyi i vesennyi periody goda [Stochastic and chaotic evaluation of the parameters of the human neuromuscular system in the autumn and spring periods of the year]. *Slozhnost'. Razum. Postneklassika*. 2015;4:42-50. Russian.

21. Filatova OE, Zinchenko YP, Es'kov VV, Strel'tsova TV. Soznatel'noe i bessoznatel'noe v organizatsii dvizheniy [Conscious and unconscious in the organization of movements]. *Slozhnost'. Razum. Postneklassika*. 2016;3:23-30. Russian.

22. Filatova OE, Rusak SN, Maystrenko EV, Dobrynina IYu. Vozrastnaya dinamika parametrov serdechno-sosudistoy sistemy naseleniya Severa RF [Age dynamics of parameters of cardiovascular system of the population of the North of the Russian Federation]. *Slozhnost'. Razum. Postneklassika*. 2016;2:40-9. Russian.

23. Khadartsev AA, Filatova OE, Dzhumagalieva LB, Gudkova SA. Ponyatie trekh global'nykh paradigm v nauke i sotsiumakh [The concept of three global paradigms in science and society]. *Slozhnost'. Razum. Postneklassika*. 2013;3:35-45. Russian.

---

**Библиографическая ссылка:**

Берестин Д.К., Курманов И.Г., Илюйкина И.В., Камалтдинова К.Р. Квазиаттракторы параметров биоэлектрической активности мышц при холодовом стрессе // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2017. №1. Публикация 1-7. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2017-1/1-7.pdf> (дата обращения: 21.03.2017). DOI: 12737/25233.