

DOI: 10.12737/22110

**ВЛИЯНИЯ РЕГУЛЯРНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА ЖЕНСКИЙ ОРГАНИЗМ
С ПОЗИЦИИ ТЕОРИИ ХАОСА-САМООРГАНИЗАЦИИ**

А.Е. БАЖЕНОВА, И.Г. КУРМАНОВ, Е.С. ПОТЕТЮРИНА, И.Н. САМСОНОВ

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

Аннотация. Изучены особенности хаотической динамики тремора и параметров квазиаттракторов микродвижений верхних конечностей женщин с различной физической подготовленностью. Показана практическая возможность применения метода многомерных фазовых пространств для идентификации реальных изменений параметров нервно-мышечной системы человека. Основываясь на методах расчета параметров квазиаттракторов, в качестве количественной меры реальных изменений параметров функциональных систем организма женщин с различной физической подготовленностью, использовались площади квазиаттракторов. Статистическая обработка данных выявила разнонаправленные изменения площадей квазиаттракторов в зависимости от степени физической подготовленности женщин. Среднее значение площадей у испытуемого без физической подготовки равно 0,99 у.е., тогда как у тренированного испытуемого – 0,26 у.е. Это характеризует состояние нервно-мышечной системы женского населения Югры.

Ключевые слова: квазиаттрактор, тремор, физическая подготовка, хаос, эффект Еськова-Зинченко.

**THE EFFECT OF PHYSICAL ACTIVITY ON WOMEN FROM THE STANDPOINT OF
THE THEORY OF CHAOS AND SELF ORGANIZATION**

A.E. BAZHENOVA, I.G. KURMANOV, E.S. POTETURINA, I.N. SAMSONOV

Surgut State University, Surgut, Lenin pr., 1, 628400, Russia

Abstract. Featured characteristics of chaotic dynamics of tremor and parameters of quasi-attractor of upper limbs micro-movements of women with different physical fitness level have been studied. The practical possibility of applying the method of multidimensional phase spaces in identification of real changes in parameters of human neuromuscular system. Being based on the methods of calculating the parameters of quasi-attractor the squares of quasi-attractors have been used as a quantitative measure of changes in the parameters of functional systems of organism of women with different physical fitness levels. Statistical data analysis revealed multidirectional changes in quasi-attractors squares, depending on the degree of physical fitness of women. The average values of squares of examinee without physical training equal to 0,99 a.u. while the trained subject is 0.26.e. This characterizes the state of neuromuscular system of the female population of Yugra.

Key words: quasiattractor, tremor, fitness, chaos, Eskov-Zinchenko effect.

Введение. Физическая активность вызывает значительные перестройки всех функций организма, которые накладываются на особые условия проживания на территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. В этой связи возникает проблема оценки реального влияния физической нагрузки на организм человека [1,3,7,13-14], проживающего в условиях

Севера РФ. Многие авторы в своих исследованиях отмечают, что при выборе средств и методов повышения общей и специальной работоспособности в различных видах спорта и массовых формах физической культуры необходим учет особенностей организма женщин, как с физиологической, так и с биофизической (биомеханической) точки зрения [2,10,17-18].

Н.А. Бернштейн, который впервые открыл системные закономерности микродвижений и биохимических движений в целом, выдвигал утверждение о целостной структуре в организации деятельности *нервно-мышечной системы* (НМС) человека и призывал к разработке системно-структурного подхода в изучении строения и функций различных систем движений [4,12,15]. Очевидно, что это возможно при высокой дифференциации элементов и при изучении разнообразия избирательных форм отношений между ними в движении живых систем. Актуальность изучения одной из фундаментальных проблем управления движением, а именно, управление степенями свободы тела со стороны мозга, с точки зрения биомеханических и функциональных характеристик, очевидна [5-6]. В этой связи возникает проблема количественного описания эффекта Еськова-Зинченко, в котором наблюдается статистическая неустойчивость параметров движения [8-14].

Состояние *функциональных систем организма* (ФСО) человека в условиях выполнения специфических двигательных задач представляет особый интерес в рамках *теории хаоса и самоорганизации* (ТХС) [5-15]. В наших исследованиях выполнялся анализ параметров НМС человека, который характеризует изменения именно у женщин при выполнении регулярных физических нагрузок. Это представляет несомненный научный интерес с позиции экологии человека на Севере РФ [13,16]. Более того, при целенаправленном управлении физической активностью (в виде спорта) физическая подготовка рядовых жителей Севера РФ может обеспечить пролонгацию их жизни. Объективная оценка состояний ФСО при систематических физических нагрузках требует новых методов обработки данных и расширения диагностических признаков [19-20], что становится возможным сейчас с позиции новой ТХС [12-18].

Цель исследования – оценка степени влияния регулярных физических нагрузок на женский организм с различной физической подготовленностью, с позиции ТХС.

Объекты и методы исследования.

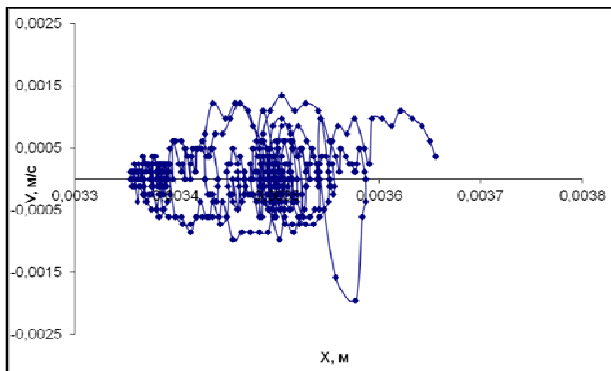
Объектом настоящего исследования явились женщины, проживающие на территории округа не менее 5 лет. Средний возраст обследуемых: 30-32 года. В зависимости от степени физической активности было сформировано 2 группы девушек по 15 человек. В первую группу отнесли женщин, занимающихся физическими упражнениями нерегулярно (не спортсмены), менее 3-х раз в неделю. Во вторую группу вошли женщины, профессионально занимающиеся спортом (спортсмены), имеющие спортивную квалификацию не ниже 1-го взрослого разряда и продолжающие заниматься систематическими физическими упражнениями более 3-х раз в неделю.

У испытуемых регистрировались параметры тремора с помощью биофизического измерительного комплекса, разработанного в лаборатории биокibernетики и биофизики сложных систем при СурГУ [6,9-10]. Установка включает металлическую пластинку (крепится жестко к пальцу испытуемого), токовихревой датчик, усилитель, *аналого-цифровой преобразователь* (АЦП) и компьютер с оригинальным программным обеспечением. В качестве фазовых координат, помимо координаты $x_1=x(t)$ перемещения конечности, использовалась координата скорости перемещения пальца $x_2=v(t)=dx_1/dt$. Перед испытуемыми стояла задача удерживать палец в пределах заданной области, осознанно контролируя его неподвижность [2]. Испытуемые проходили 15 серий эксперимента ($N=15$), в каждой из которых регистрация тремора проводилась 15 раз ($n=15$).

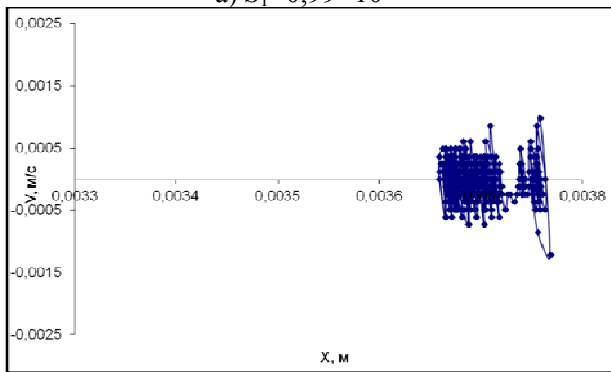
Обработка данных и регистрация тремора конечности испытуемых проводилась на ЭВМ с использованием программы «Charts3». Благодаря запатентованному программному продукту удалось построить фазовые плоскости и рассчитать площади *квазиаттракторов* (КА). Статистическая обработка данных осуществлялась при помощи программного пакета «Statistica 10» [4].

Результаты и их обсуждение. Нами были построены фазовые плоскости для всех 15-ти выборок из 15-ти серий экспериментов каждого испытуемого ($N=15$, $n=15$). Было установлено, что на всех эта-

пах эксперимента треморограммы не имеют повторов даже на коротких временных интервалах. Для КА с координатами $x_1=x(t)$ и $x_2=v(t)=dx_1/dt$, были рассчитаны площади $\Delta S=\Delta x_1 \times \Delta x_2$, где Δx_1 и Δx_2 – вариационные размахи этих фазовых переменных всего вектора $x(t)$. При этом вектор $x(t)=(x_1, x_2)^T$ совершал хаотические движения в пределах этих КА (их S). Таким образом, в каждой группе испытуемых было получено 15 сводных таблиц с 225 значениями S . Анализ всех полученных значений S представляет схожую картину в виде данных испытуемых А – не спортсмена и Б – спортсмена (как типовых). Отметим, что мы одновременно осуществляем и статистический анализ, и хаотический анализ (КА).



а) $S_1=0,99 \times 10^{-6}$



б) $S_2=0,23 \times 10^{-6}$

Рис. 1. Фазовые параметры движения пальцев руки для площади КА – S : а) испытуемого – не спортсмена А; б) испытуемого – спортсмена Б

Уже в первом приближении S для КА демонстрировали различия тренированных лиц от лиц без физической подготовки. На рис. 1 наглядно представлены фазовые траектории движение пальцев рук испытуемых.

В рамках ТХС, для всех испытуемых, аналогично примеру испытуемых А и Б,

были рассчитаны среднее значение площадей ($\langle S \rangle$) и стандартного отклонения (σ, \pm) для всех $N=15, n=15$. В табл. представлены результаты S испытуемых А и Б для одной из серий эксперимента, а также σ, \pm для 15-ти выборок треморограмм из этой серии.

Представленные в табл. значения площадей S_i выборок треморограмм испытуемого А находятся в диапазоне от $0,24 \times 10^{-6}$ до $3,60 \times 10^{-6}$ у.е. и они представляют испытуемого с низкой физической подготовкой – не спортсмена. Значение $\langle S_i \rangle$ и σ, \pm этого же испытуемого равно $0,99 \pm 0,87$ у.е. Одновременно, в табл. представлены результаты S испытуемого Б – спортсмена для 15-ти выборок треморограмм. а также $\langle S \rangle$ и σ, \pm одной серии эксперимента. Этот испытуемый имеет высокую физическую подготовку – спортсмен. Значение S_2 треморограмм испытуемого Б, находятся в диапазоне от $0,09 \times 10^{-6}$ до $0,74 \times 10^{-6}$ у.е. При расчете $\langle S_2 \rangle$ и σ, \pm значение равно $0,26 \pm 0,17$ у.е. Отметим, что соотношение площадей КА ($\langle S_2 \rangle / \langle S_1 \rangle \approx 3,5$) удовлетворяет условию движения КА в фазовых пространствах состояний (более чем в 3 раза они отличаются).

Таблица

Площади ($S \times 10^{-6}$) квазиаттракторов выборок треморограмм ($n=15$)

№	Испытуемый А	Испытуемый Б
1	3,60	0,23
2	0,92	0,74
3	1,79	0,13
4	0,51	0,16
5	0,24	0,39
6	1,22	0,09
7	0,65	0,09
8	0,78	0,29
9	0,60	0,29
10	1,00	0,46
11	1,79	0,14
12	0,30	0,23
13	0,55	0,23
14	0,33	0,11
15	0,62	0,28
$\langle S \rangle$	0,99	0,26
σ, \pm	0,87	0,17

Таким образом, площади S для КА выборок треморограмм изменяются опре-

деленно в зависимости от степени физической подготовленности. В целом, такая динамика наблюдается у всех испытуемых, но она индивидуальна и ее расчет в рамках стохастики весьма затруднителен.

Более того, вся ТХС разрабатывается сейчас для индивидуальной медицины и физиологии (спорта). В рамках этих результатов предлагаются подобные тесты по параметрам треморограмм, которые можно использовать в практической деятельности тренера и медицинского работника. Последний, по параметрам S , может изменять эффективность выполняемых физических нагрузок на протяжении всей жизни.

Выводы. Значение $\langle S \rangle$ площади КА

испытуемого (у нас пример А) не спортсмена в среднем в 3,8 раза больше чем у спортсмена. Это количественно характеризует особенности параметров НМС женщин, проживающих в условиях Севера РФ.

Вариант Б (спортсмен) гарантирует человеку хорошую продолжительность жизни на Севере. Наоборот, вариант А (не спортсмен) характеризует низкое качество регуляции НМС и это требует усиления функций подготовки человека, применяя различные внешние нагрузки для регуляции НМС. Для тренера очень важно следить за динамикой КА в ходе длительных тренировок.

Литература

References

1. Адайкин В.И., Брагинский М.Я., Еськов В.М., Русак С.Н., Хадарцев А.А., Филатова О.Е. Новый метод идентификации хаотических и стохастических параметров экосреды // Вестник новых медицинских технологий. 2006. Т. 13, № 2. С. 39–41.
 2. Веракса А.Н., Горбунов Д.В., Шадрин Г.А., Стрельцова Т.В. Эффект Еськова-Зинченко в оценке параметров теппинга методами теории хаоса-самоорганизации и энтропии // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2016. №1. С. 17–24.
 3. Еськов В.М., Филатова О.Е. Проблема идентичности функциональных состояний нейросетевых систем // Биофизика. 2003. Т. 48, № 3. С. 526–534.
 4. Еськов В.М., Филатова О.Е., Фудин Н.А., Хадарцев А.А. Новые методы изучения интервалов устойчивости биологических динамических систем в рамках компартментно-кластерного подхода // Вестник новых медицинских технологий. 2004. Т. 11, № 3. С. 5–6.
 5. Еськов В.М., Еськов В.В., Хадарцев А.А., Филатов М.А., Филатова Д.Ю. Метод системного синтеза на основе расчета межтракторных расстояний в гипотезе равномерного и неравномерного распределения при изучении эффективности кинезитерапии // Вестник новых медицинских технологий. 2010. Т. 17, № 3. С. 106–110.
 6. Еськов В.М., Еськов В.В., Филатова О.Е., Хадарцев А.А. Фрактальные закономерности развития человека и человечества на базе смены трёх парадигм // Вестник новых медицинских технологий. 2010. Т. 17, № 4.
- Adaykin VI, Braginskiy MY, Es'kov VM, Rusak SN, Khadartsev AA, Filatova OE. Novyy metod identifikatsii khaoticheskikh i stokhasticheskikh parametrov ekosredy. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2006;13(2):39-41. Russian.
- Veraksa AN, Gorbunov DV, Shadrin GA, Strel'tsova TV. Effekt Es'kova-Zinchenko v otsenke parametrov teppinga metodami teorii khaosa-samoorganizatsii i entropii. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2016;1:17-24. Russian.
- Es'kov VM, Filatova OE. Problema identichnosti funktsional'nykh sostoyaniy neyrosetevykh system. Biofizika. 2003;48(3):526-34. Russian.
- Es'kov VM, Filatova OE, Fudin NA, Khadartsev AA. Novye metody izucheniya intervalov ustoychivosti biologicheskikh di-namicheskikh sistem v ramkakh kompartmentno-klaster-nogo podkhoda. Vestnik novykh medi-tsinskikh tekhnologiy. 2004;11(3):5-6. Russian.
- Es'kov VM, Es'kov VV, Khadartsev AA, Filatov MA, Filatova DY. Metod sistemnogo sinteza na osnovе rascheta mezhatraktornykh rasstoyaniy v gipoteze ravnomernogo i neravnomernogo raspredeleniya pri izuchenii effektivnosti kineziterapii. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2010;17(3):106-10. Russian.
- Es'kov VM, Es'kov VV, Filatova OE, Khadartsev AA. Fraktal'nye zakonomernosti razvitiya cheloveka i chelovechestva na baze smeny trekh paradigm. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2010;17(4):192-4. Russian.

С. 192–194.

7. 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.
Es'kov VM, Bazhenova AE, Burov IV, Dzhaliilov MA. Cootnoshenie mezhdru teoremoy Bernulli i parametrami kvaziattraktorov biosistem. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2011;18(3):332. Russian.
8. Еськов В. М., Брагинский М. Я., Козлова В.В. Биомеханическая система для изучения микродвижений конечностей человека: хаотические и стохастические подходы в оценке физиологического тремора // Вестник новых медицинских технологий. 2011. Т. 18, № 4. С. 44–48.
Es'kov VM, Braginskiy MY, Kozlova VV. Biomekhanicheskaya sistema dlya izucheniya mikrodivizheniy konechnostey cheloveka: khaoticheskie i stokhasticheskie podkhody v otsenke fiziologicheskogo tremora. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2011;18(4):44-8. Russian.
9. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Каменев Л.И. Новые биоинформационные подходы в развитии медицины с позиций третьей парадигмы (персонифицированная медицина - реализация законов третьей парадигмы в медицине) // Вестник новых медицинских технологий. 2012. Т. 19, № 3. С. 25–28.
Es'kov VM, Khadartsev AA, Kamenev LI. Novye bioinformatsionnye podkhody v razvitii meditsiny s pozitsiy tret'ey paradigmy (personifitsirovannaya meditsina - realizatsiya zakonov tret'ey paradigmy v meditsine). Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2012;19(3):25-8. Russian.
10. Еськов В. М., Гавриленко Т.В., Еськов В.В., Балтикова А.А. Динамика квазиаттракторов параметров произвольных микродвижений конечностей человека как реакция на локальные термические воздействия // Вестник новых медицинских технологий. 2012. Т.19, № 4. С. 26–29.
Es'kov VM, Gavrilenko TV, Es'kov VV, Baltikova AA. Dinamika kvaziattraktorov parametrov neproizvol'nykh mikrodivizheniy konechnostey cheloveka kak reaktsiya na lokal'nye termicheskie vozdeystviya. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2012;19(4):26-9. Russian.
11. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Козлова В.В., Филатов М.А., Филатова О.Е., Гавриленко Т.В., Еськов В.В., Соколова А.А., Химикова О.И., Башкатова Ю.В., Берестин Д.К., Ватамова С.Н., Даянова Д.Д., Джумагалиева Л.Б., Кузнецова В.Н. Системный анализ, управление и обработка информации в биологии и медицине. Самара, 2014. Том XI Системный синтез параметров функций организма жителей Югры на базе нейрокомпьютинга и теории хаоса-самоорганизации в биофизике сложных систем.
Es'kov VM, Khadartsev AA, Kozlova VV, Filatov MA, Filatova OE, Gavrilenko TV, Es'kov VV, Sokolova AA, Khimikova OI, Bashkatova YV, Berestin DK, Vatomova SN, Dayanova DD, Dzhumagalieva LB, Kuznetsova VN. Sistemnyy analiz, upravlenie i obrabotka informatsii v biologii i meditsine. Samara, 2014. Tom XI Sistemnyy sintez parametrov funktsiy organizma zhiteley Yugry na baze neyrokomp'yutinga i teorii khaosamoorganizatsii v biofizike slozhnykh sistem. Russian.
12. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Козлова В.В., Филатова О.Е. Использование статистических методов и методов многомерных фазовых пространств при оценке хаотической динамики параметров нервно-мышечной системы человека в условиях акустических воздействий // Вестник новых медицинских технологий. 2014. Т. 21, № 2. С. 6–10.
Es'kov VM, Khadartsev AA, Kozlova VV, Filatova OE. Ispol'zovanie statisticheskikh metodov i metodov mnogomernykh fa-zovykh prostranstv pri otsenke khaoticheskoy dinamiki parametrov nervno-myshechnoy sistemy cheloveka v usloviyakh akusticheskikh vozdeystviy. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2014;21(2):6-10. Russian.
13. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Филатова О.Е., Хадарцева К.А., Литовченко О.Г. Проблема оценки эффективности лечения на основе кинематической характеристики вектора состояния организма // Вестник новых медицинских технологий. 2015. Т. 22, № 1. С. 143–152.
Es'kov VM, Khadartsev AA, Filatova OE, Khadartseva KA, Litovchenko OG. Problema otsenki effektivnosti lecheniya na osnove kinematicheskoy kharakteristiki vektora sostoyaniya organizma. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2015;22(1):143-52. Russian.

14. Еськов В.М., Зинченко Ю.П., Филатов М.А., Поскина Т.Ю. Эффект Н.А. Бернштейна в оценке параметров тремора при различных акустических воздействиях // Национальный психологический журнал. 2015. № 4(20). С. 66–73. Es'kov VM, Zinchenko YP, Filatov MA, Poskina TY. Effekt N.A. Bernshteyna v otsenke parametrov tremora pri razlichnykh akusticheskikh vozdeystviyakh. Natsional'nyy psikhologicheskiy zhurnal. 2015;4(20):66-73. Russian.
15. Еськов В.М., Зинченко Ю.П., Филатов М.А., Еськов В.В. Эффект Еськова-Зинченко опровергает представления I.R. Prigogine, Ja. Wheeler и M. Gell-Mann о детерминированном хаосе биосистем – complexity // Вестник новых медицинских технологий. 2016. Т. 23, № 2. С. 34–43. Es'kov VM, Zinchenko YP, Filatov MA, Es'kov VV. Effekt Es'kova-Zinchenko oprovergaet predstavleniya IR. Prigogine, Ja. Wheeler i M. Gell-Mann o determinirovan-nom khaose biosistem – complexity. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2016;23(2):34-43. Russian.
16. Еськов В.М., Зинченко Ю.П., Филатова О.Е., Веракса А.Н. Биофизические проблемы в организации движений с позиций теории хаоса-самоорганизации // Вестник новых медицинских технологий. 2016. Т. 23, № 2. С. 182–188. Es'kov VM, Zinchenko YP, Filatova OE, Veraksa AN. Biofizicheskie problemy v organizatsii dvizheniy s pozitsiy teorii khaosa-samoorganizatsii. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2016;23(2):182-8. Russian.
17. Еськов В.М., Вохмина Ю.В., Шерстюк Е.С. Групповая и индивидуальная динамика биопотенциалов мышц // Вестник новых медицинских технологий. 2016. Т. 23, № 2. С. 26–33. Es'kov VM, Vokhmina YV, Sherstyuk ES. Gruppovaya i individual'naya dinamika biopotentsialov myshts. Vestnik novykh me-ditsinskikh tekhnologiy. 2016;23(2):26-33. Russian.
18. Еськов В.М., Зинченко Ю.П., Филатов М.А., Стрельцова Т.В. Стресс-реакция на холод: энтропийная и хаотическая оценка // Национальный психологический журнал. 2016. № 1(21). С. 45–52. Es'kov VM, Zinchenko YP, Filatov MA, Strel'tsova TV. Stress-reaktsiya na kholod: entropiy'naya i khaoticheskaya otsenka. Na-tSIONal'nyy psikhologicheskiy zhurnal. 2016;1(21):45-52. Russian.
19. Русак С.Н., Козупица Г.С., Филатова О.Е., Еськов В.В., Шевченко Н.Г. Динамика статуса вегетативной нервной системы у учащихся младших классов в погодных условиях г. Сургута // Вестник новых медицинских технологий. 2013. Т. 20, № 4. С. 92–95. Rusak SN, Kozupitsa GS, Filatova OE, Es'kov VV, Shevchenko NG. Dinamika statusa vegetativnoy nervnoy sistemy u uchashchikhsya mladshikh klassov v pogodnykh usloviyakh g. Surguta. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2013;20(4):92-5. Russian.
20. Филатова О.Е., Хадарцева К.А., Филатова Д.Ю., Живаева Н.В. Биофизика сложных систем – complexity // Вестник новых медицинских технологий. 2016. Т. 23, № 2. С. 9–17. Filatova OE, Khadartseva KA, Filatova DY, Zhivayeva NV. Biofizika slozhnykh sistem – complexity. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2016;23(2):9-17. Russian.