

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОМИОГРАММ В УСЛОВИЯХ НАГРУЗКИ

А.Е. БАЖЕНОВА, О.А. МОНАСТЫРЕЦКАЯ, И.Г. КУРМАНОВ, И.Н. САМСОНОВ
 БУ ВО «Сургутский государственный университет», г. Сургут, пр. Ленина, д. 1, г.
 Сургут, Россия, 628400, e-mail: ae_bazhenova@mail.ru

Аннотация. Экологические и антропогенные факторы Севера формируют неблагоприятный фон для функционального состояния и здоровья человека. Это в первую очередь сказывается на деятельности двигательной системы, которая отражает поведение организма как единого целого. В связи с этим возникает проблема изучения особенностей поведения параметров двигательных функций человека, проживающего в особых условиях Югры. При этом очень часто приходится выполнять двигательные физические нагрузки при пониженных температурах окружающей среды. В работе изучена динамика поведения выборок электромиограмм в режиме многократных повторений сжатия динамометра испытуемого в двух нагрузках: $F_1=50\text{Н}$ и $F_2=200\text{Н}$. При четырехкратном увеличении ($F_2=4 F_1$) наблюдается увеличение доли стохастики до 50% (при F_1 имеем около 30%). Показано, что переход от F_1 к $F_2=4 F_1$ характеризуется увеличением числа k от $k_1=34$ до $k_2=51$, т.е. нарастает доля стохастики в организации электромиограмм, что характерно для женского населения Югры (Север РФ).

Ключевые слова: электромиограммы, нагрузка, стохастика, эффекта Еськова-Зинченко, матрицы парного сравнения.

EVALUATION OF ELECTROMYOGRAM PARAMETERS IN LOADING CONDITIONS

A.E. BAZHENOVA, O.A. MONASTYRETSKAYA, I.G. KURMANOV, I.N. SAMSONOV
 Surgut State University, Lenina pr., 1, Surgut, Russia, 628400,
 e-mail: ae_bazhenova@mail.ru

Abstract. Ecological and anthropogenic factors of the North form an unfavorable background for the functional state and human health. This primarily affects the activity of the motor system, which reflects the behavior of the body as a whole. In this connection, the problem arises of studying the characteristics of the behavior of the parameters of the motor functions of a person living in special conditions of Ugra. It is very often necessary to perform motor physical exercises at low ambient temperatures. The dynamics of the behavior of samples of electromyograms in the regime of multiple repetitions of compression of the dynamometer of the subject under two loads is studied: $F_1 = 50\text{N}$ and $F_2 = 200\text{N}$. With a fourfold increase ($F_2 = 4 F_1$), the stochastic share increases to 50% (with F_1 we have about 30%). It is shown that the transition from F_1 to $F_2 = 4 F_1$ is characterized by an increase in the number k from $k_1 = 34$ to $k_2 = 51$, the share of stochastics in the organization of electromyograms is growing. It is usually real for woman of Ugra (Russian North).

Key words: electromyograms, load, stochastics, Eskova-Zinchenko effect, matrices of pair comparison.

Введение. В физиологии и психологии широко используется *электромиография* (ЭМГ) – метод исследования, позволяющий регистрировать биоэлектрическую активность групп мышц в состоянии покоя и при произвольных или непроизвольных их сокращениях. При этом моторная единица служит окончательным блоком для реализации моторной активности в нервной системе, а мышца является окончательным эффекторным органом двигательной активности. Все движения человеческого тела, его положение в пространстве и рефлекторная активность – это результат интегрированных импульсов большого числа мо-

торных единиц, опосредованных как спинально, так и супраспинально. Сила мышечного сокращения зависит от числа моторных единиц, участвующих в данном сокращении; частоты, с которой происходит разрядка импульсов в моторной единице; скорости сокращения мышечных волокон в моторной единице и от природы (характера) моторной единицы (является ли она устойчивой к утомлению или, напротив, склонной к нему). Чтобы правильно интерпретировать результаты клинических и лабораторных исследований как нормальной, так и поврежденной мышцы, необходимо понимать организацию моторных

единиц и характер их возбуждения. Моторные единицы различаются между собой как по размерам, так по биохимическим и физиологическим свойствам их мышечных волокон, но в плане регуляции все они имеют сходную структуру и общую хаотическую динамику. Отметим, что именно хаос в работе мышц и лежит в основе эффекта Н.А. Бернштейна «повторение без повторений», что количественно представлено в эффекте Еськова-Зинченко [2,11,15,17].

При изучении и моделировании сложных биологических объектов возникает возможность внедрения традиционных физических методов в биологические исследования. В частности, речь идет о принципе неопределенности Гейзенберга и новых методах *теории хаоса-самоорганизации* (ТХС) [1-6,11-14]. При этом можно выполнять сравнения их эффективности [7-15] с помощью метода многомерных фазовых пространств, который активно используется в различных исследованиях [12-21]. В настоящей работе демонстрируется реализация такого подхода на основе метода анализа матриц парного сравнения выборок биопотенциалов мышц и мозга в ответ на дозированные статические нагрузки и внешние возмущения. Об этом свидетельствуют изменения средних значений числа совпадений (k) параметров ЭМГ. Эти изменения представляют количественную меру эффекта Еськова-Зинченко и это обеспечивает анализ хаотически изменяющихся статистических функций распределения $f(x)$ выборок ЭМГ [11-15,13-21]. Для всех полученных выборок ЭМГ нами выполняется сравнительный статистический анализ. Анализ этих величин реально характеризует хаос $x(t)$.

Объекты и методы исследования. Для исследования была привлечена группа испытуемых – молодые девушки, средний возраст 24-е года и проживающие на Севере РФ более 20-ти лет. Регистрация ЭМГ проводилась по стандартной методике: изначально испытуемая находилась в положении сидя с вытянутыми руками вдоль туловища в относительно комфортных условиях при полном отсутствии какой-

либо нагрузки на мускулатуру. У испытуемой закреплялся электрод на коже к *отводящей мышце мизинца кисти (MADN)*. Накожный биполярный электрод имел постоянное межэлектродное расстояние, а к самой кисти (где находится лучезапястный сустав) был прикреплен заземляющий электрод. Находясь в комфортном сидячем положении испытуемому необходимо было сжимать рабочую часть *динамометра* (ДМ) мышечной силой ($F_1=50\text{Н}$ и $F_2=200\text{Н}$) кистью правой верхней конечности, вытянутой в горизонтальном положении. В течение 5 секунд по 15 раз записывались показания датчика в виде ЭМГ, как функция биопотенциалов $x_i(t)$. В каждой серии измерений показатели снимались при слабом напряжении мышцы ($F_1=50\text{Н}$) и при сильном напряжении мышцы ($F_2=200\text{Н}$) в сравнительном аспекте, многократно [5, 17-21].

Во всех случаях у испытуемых регистрировались ЭМГ с частотой дискретизации $\mu=0.25$ мс. Записи ЭМГ мышцы обрабатывались программным комплексом для формирования вектора $x=(x_1, x_2)^T$, где $x_1=x(t)$ – абсолютное значение биопотенциалов мышцы (ЭМГ) на некотором интервале времени Δt , а x_2 – скорость изменения x_1 , т.е. $x_2=dx_1/dt$ [16]. Обработка полученных экспериментальных данных осуществлялась при помощи программного пакета «*Statistica 10*». Были составлены матрицы парных сравнений выборок параметров ЭМГ для всех 15-ти серий экспериментов при слабом напряжении мышцы ($F_1=50\text{Н}$) и при сильном напряжении мышцы ($F_2=200\text{Н}$). Устанавливалась закономерность изменения числа «совпадений» пар выборок k , получаемых параметров $x_i(t)$ ЭМГ у группы испытуемых. Систематизация материала и представленных результатов расчетов выполнялась с применением программного пакета электронных таблиц *Microsoft Excel* и в рамках новых методов ТХС [4-8,12,21].

Результаты исследований и их обсуждение. Для каждого испытуемого в группе было получено 225 выборок ЭМГ при $F_1=50\text{Н}$ и $F_2=200\text{Н}$ (15 серий по 15 выборок) с более чем 4000 точек ЭМГ в каждой выборке из всех 15-ти выборок (всего зна-

чений $x_i(t)$ в серии 60000 ЭМГ). Были построены матрицы парных сравнений параметров ЭМГ для 15-ти серий повторов выборок ЭМГ при $F_1=50\text{Н}$ и столько же при $F_2=200\text{Н}$. В табл. 1 и 2 представлены харак-

терные примеры матриц парного сравнения ЭМГ испытуемого – МОА, как типового при 2-х силах сжатия динамометра ($F_1=50\text{Н}$ и $F_2=200\text{Н}$).

Таблица 1

Матрица парного сравнения 15-ти выборок параметров ЭМГ испытуемой МОА при слабом напряжении мышцы ($F_1=50\text{Н}$) при повторных экспериментах ($k_1=38$), с помощью непараметрического критерия Вилкоксона (*Wilcoxon Signed Ranks Test*)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00
2	0,00		0,32	0,99	0,14	0,00	0,00	0,01	0,92	0,52	0,05	0,05	0,14	0,05	0,00
3	0,00	0,32		0,92	0,22	0,00	0,00	0,18	0,59	0,94	0,09	0,09	0,03	0,03	0,00
4	0,00	0,99	0,92		0,44	0,00	0,00	0,02	0,70	0,84	0,16	0,00	0,07	0,04	0,00
5	0,00	0,14	0,22	0,44		0,00	0,00	0,30	0,51	0,13	0,07	0,00	0,03	0,68	0,00
6	0,01	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	0,01	0,00	0,01	0,07	0,24
8	0,00	0,01	0,18	0,02	0,30	0,00	0,00		0,17	0,03	0,23	0,00	0,39	0,70	0,00
9	0,00	0,92	0,59	0,70	0,51	0,00	0,01	0,17		0,38	0,16	0,00	0,04	0,24	0,00
10	0,00	0,52	0,94	0,84	0,13	0,00	0,00	0,03	0,38		0,00	0,05	0,03	0,00	0,00
11	0,00	0,05	0,09	0,16	0,07	0,00	0,01	0,23	0,16	0,00		0,00	0,25	0,94	0,01
12	0,02	0,05	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00		0,00	0,00	0,00
13	0,00	0,14	0,03	0,07	0,03	0,00	0,01	0,39	0,04	0,03	0,25	0,00		0,50	0,00
14	0,00	0,05	0,03	0,04	0,68	0,00	0,07	0,70	0,24	0,00	0,94	0,00	0,50		0,01
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	

*Примечание: p – достигнутый уровень значимости (критическим уровнем принят $p<0,05$)

Таблица 2

Матрица парного сравнения 15-ти выборок параметров ЭМГ у испытуемой (МОА) при сильном напряжении мышцы ($F_2=200\text{Н}$) при повторных экспериментах ($k_2=56$), с помощью непараметрического критерия Вилкоксона (*Wilcoxon Signed Ranks Test*)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,06	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,00		0,60	0,04	0,48	0,17	0,06	0,17	0,18	0,09	0,00	0,19	0,73	0,32	0,93
3	0,00	0,60		0,06	0,90	0,00	0,02	0,02	0,51	0,33	0,00	0,38	0,22	0,21	0,03
4	0,00	0,04	0,06		0,68	0,00	0,00	0,01	0,58	0,45	0,00	0,58	0,09	0,84	0,62
5	0,00	0,48	0,90	0,68		0,00	0,00	0,11	0,76	0,21	0,00	0,69	0,54	0,99	0,97
6	0,25	0,17	0,00	0,00	0,00		0,93	0,43	0,01	0,00	0,01	0,00	0,03	0,00	0,01
7	0,06	0,06	0,02	0,00	0,00	0,93		0,81	0,03	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00
8	0,00	0,17	0,02	0,01	0,11	0,43	0,81		0,06	0,01	0,00	0,09	0,12	0,04	0,03
9	0,00	0,18	0,51	0,58	0,76	0,01	0,03	0,06		0,11	0,00	0,40	0,23	0,48	0,79
10	0,00	0,09	0,33	0,45	0,21	0,00	0,00	0,01	0,11		0,00	0,13	0,10	0,62	0,47
11	0,06	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
12	0,00	0,19	0,38	0,58	0,69	0,00	0,00	0,09	0,40	0,13	0,00		0,75	0,71	0,83
13	0,00	0,73	0,22	0,09	0,54	0,03	0,12	0,12	0,23	0,10	0,00	0,75		0,04	0,55
14	0,00	0,32	0,21	0,84	0,99	0,00	0,00	0,04	0,48	0,62	0,00	0,71	0,04		0,70
15	0,00	0,93	0,03	0,62	0,97	0,01	0,00	0,03	0,79	0,47	0,00	0,83	0,55	0,70	

*Примечание: p – достигнутый уровень значимости (критическим уровнем принят $p<0,05$)

Для испытуемого МОА, число пар совпадений k параметров ЭМГ при увеличении силы сжатия (подчеркнем, что человек находился в другом гомеостазе и выборки ЭМГ с $n=4000$ точек ЭМГ в каждой получались подряд) увеличилось. При нагрузке $F_1=50\text{Н}$ число совпадений k выборок ЭМГ равно $k_1=38$, а при $F_2=200\text{Н}$ $k_2=56$.

В табл. 3 представлены результаты статистической обработки средних значений числа совпадений ($\langle k \rangle$) параметров выборок ЭМГ у этого же испытуемого – МОА при напряжении мышцы $F_1=50\text{Н}$ и при напряжении мышцы $F_2=200\text{Н}$ при повторных сериях экспериментов. Средние значения показателей $\langle k \rangle$ увеличиваются при

двукратном увеличении силы напряжения мышцы ($F_2=200\text{Н}$), что доказывает статистическую неустойчивость ЭМГ и может говорить об ответной реакции нервно-мышечной системы на физическую нагрузку у молодых женщин (девушек Югры).

Поскольку для многих параметров гомеостаза функции распределения $f(x)$ не могут показывать устойчивость ($f(x)$ непрерывно изменяются), то возникает вопрос о целесообразности использования функций распределения $f(x)$ для ЭМГ. Наблюдается их непрерывное изменение при сравнении выборок ЭМГ и любая ЭМГ имеет свой особый закон статистического распределения $f(x)$ для каждого интервала Δt .

Оказалось, что в первом случае (для $F_1=50\text{Н}$) матрица 15×15 (105 разных пар сравнений) показывает $\langle k_1 \rangle = 34$. При увеличении напряжения до $F_2=200\text{Н}$ наблюдается увеличение числа совпадений пар k параметров ЭМГ до среднего значения $k_2=51$, т.е. доля стохастичности увеличивается. Это доказывает глобальность эффекта Еськова-Зинченко, в котором наблюдается хаотический калейдоскоп статистических функций $f(x)$ для одного гомеостаза.

Таблица 3

Число совпадений (k) выборок ЭМГ в матрицах парного сравнения ЭМГ испытуемого МОА (использовался критерий Вилкоксона, $p < 0,05$)

N	$k_1 (F_1=50\text{Н})$	$k_2 (F_2=200\text{Н})$
1	28	59
2	32	32
3	35	32
4	31	41
5	32	56
6	38	48
7	21	55
8	22	31
9	44	44
10	53	73
11	55	48
12	30	27
13	21	66
14	29	67
15	39	80
$\langle K \rangle$	34	51

Заключение

Методы математического расчета числа совпадений (k) выборок ЭМГ в матрицах парного сравнения (15×15) у испытуемых (в сочетании с традиционными детерминистско-стохастическими методами) обеспечивают получение объективной информации о функциональном состоянии и степени адекватности реакций организма на физическую нагрузку. Установлено, что при сильном напряжении мышцы ($F_2=200\text{Н}$) существенно изменяются значения числа совпадений (k) параметров ЭМГ. Это позволяет объективно оценивать динамику резервных возможностей организма и их прогностическую значимость, а также оценивать степень тренированности (или детренированности) испытуемых.

Литература

1. Бодин О.Н., Нифонтова О.Л., Карбаинова Ю.В., Конькова К.С., Живаева Н.В. Сравнительный анализ показателей функциональной системы организма школьников Севера РФ // Вестник новых медицинских технологий. 2017. Т. 24. № 3. С. 27-32.
2. Еськов В.В. Математическое моделирование неэргодичных гомеостатических систем // Вестник новых медицинских технологий. 2017. Т. 24. № 3. С. 33-39.
3. Еськов В.В. Хаотическая динамика систем третьего типа – complexity // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2017. №3. Публикация 1-3. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2017-3/1-3.pdf> (дата обращения: 18.09.2017).
4. Еськов В.М., Томчук А.Г., Широков В.А., Ураева Я.И. Стохастический и хаотический анализ вертебрoneврологических показателей и визуальной аналоговой шкалы боли в комплексном лечении хронических мышечно-скелетных болей // Клиническая медицина и фармакология. 2017. Т. №3. С. 8-13.
5. Живогляд Р.Н., Манонов А.М., Ураева Я.И., Головачева Е.А. Использование апитерапии при сосудистых заболеваниях и болезнях позвоночника в условиях Севера РФ // Клиническая медицина и фармакология. 2017. Т. 3, №3. С. 2-7.

6. Зилов В.Г., Хадарцев А.А., Еськов В.В., Еськов В.М. Экспериментальные исследования статистической устойчивости выборок кардиоинтервалов // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2017. Т. 164. № 8. С. 136-139.

7. Колосова А.И., Филатов М.А., Майстренко Е.В., Филатова Д.Ю., Макеева С.В. Параметры памяти учащихся, в зависимости от типа латерализации головного мозга, как показатель здоровья на Севере РФ // Клиническая медицина и фармакология. 2017. Т. 3, №3. С. 19-23.

8. Филатова О.Е., Майстренко Е.В., Болтаев А.В., Газя Г.В. Влияние промышленных электромагнитных полей на динамику сердечно-сосудистых систем работников нефтегазового комплекса // Экология и промышленность России. 2017. Т. 21, №7. С. 46-51.

9. Филатова О.Е., Бодин О.Н., Куропаткина М.Г., Гимадиев Б.Р. Гомеостатичность метеопараметров окружающей среды // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2017. №3. Публикация 1-5. URL:<http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2017-3/1-5.pdf> (дата обращения: 18.09.2017).

10. Нифонтова О.Л., Карбаинова Ю.В., Конькова К.С., Ураева Я.И. Оценка показателей функциональной системы организма школьников севера РФ // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2017. №3. Публикация 1-8. URL:<http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2017-3/1-8.pdf> (дата обращения: 19.09.2017).

11. Эльман К.А., Срыбник М.А., Прасолова А.А., Волохова М.А. Сравнительный анализ функциональных систем организма коренного детско-юношеского населения в условиях Севера // Клиническая медицина и фармакология. 2017. Т. 3, №3. С. 14-18.

12. Betelin V.B., Eskov V.M., Galkin V.A. and Gavrilenko T.V. Stochastic Volatility in the Dynamics of Complex Homeostatic Systems // Doklady Mathematics. 2017. Vol. 95, No. 1. Pp. 92–94

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. 143150.

14. 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, No. 1. Pp. 14-23.

15. 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.

16. 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, No. 3. Pp. 309-317.

17. 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. Volume 62, Issue 5. Pp 809-820.

18. Eskov V.V., Gavrilenko T.V., Eskov V.M., Vochmina Yu.V. Phenomenon of statistical instability of the third type systems – complexity // Technical Physics. 2017. Vol. 62, No. 11. Pp. 1611–1616.

19. 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.

20. Filatova O.E., Eskov V.V., Filatov M.A., Ilyashenko L.K. Statistical instability phenomenon and evaluation of voluntary and involuntary movements // Russian Journal of Biomechanics. 2017. Vol. 21, No. 3. Pp. 224-232.

21. Zilov V.G., Eskov V.M., Khadartsev A.A., Eskov V.V. Experimental Verification of the Bernstein Effect “Repetition without Repetition” // Bulletin of Experimental Biology and Medicine. 2017. No.1. Pp. 1-5.

References

1. Bodin O.N., Nifontova O.L., Karbainova Ju.V., Kon'kova K.S., Zhivaeva N.V.

Sravnitel'nyj analiz pokazatelej funkcional'noj sistemy organizma shkol'nikov Severa RF [Comparative analysis of indicators of the functional system of the organism of schoolchildren in the North of the Russian Federation] // Vestnik novyh medicinskih tehnologij. 2017. T. 24. № 3. S. 27-32.

2. Eskov V.V. Matematicheskoe modelirovanie nejergodichnyh gomeostaticeskikh sistem [Mathematical modeling of non-ergodic homeostatic systems] // Vestnik novyh medicinskih tehnologij. 2017. T. 24. № 3. S. 33-39.

3. Eskov V.V. Haoticheskaja dinamika sistem tret'ego tipa – complexity [Chaotic dynamics of systems of the third type – complexity] // Vestnik novyh medicinskih tehnologij. Jelektronnoe izdanie. 2017. №3. Publikacija 1-3. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2017-3/1-3.pdf> (data obrashhenija: 18.09.2017).

4. Eskov V.M., Tomchuk A.G., Shirokov V.A., Uraeva Ja.I. Stohasticheskij i haoticheskij analiz vertebronevrologicheskikh pokazatelej i vizual'noj analogovoj shkaly boli v kompleksnom lechenii hronicheskikh myshechno-skeletnyh bolej [Stochastic and chaotic analysis of vertebroneurological indices and visual analogue scale of pain in complex treatment of chronic musculoskeletal pain] // Klinicheskaja medicina i farmakologija. 2017. T. №3. S. 8-13.

5. Zhivogljad R.N., Manonov A.M., Uraeva Ja.I., Golovacheva E.A. Ispol'zovanija apiterapii pri sosudistyh zabolovanijah i boleznjah pozvonohnika v uslovijah Severa RF [Use of apitherapy in vascular diseases and spine diseases in the North of the Russian Federation] // Klinicheskaja medicina i farmakologija. 2017. T. 3, № 3. S. 2-7.

6. Zilov V.G., Hadarcev A.A., Eskov V.V., Es'kov V.M. Jeksperimental'nye issledovanija statisticheskoy ustojchivosti vyborok kardiointervalov [Experimental studies of statistical stability of samples of cardiointervals] // Bjulleten' jeksperimental'noj biologii i mediciny. 2017. T. 164, № 8. S. 136-139.

7. Kolosova A.I., Filatov M.A., Majstrenko E.V., Filatova D.Ju., Makeeva S.V. Parametry pamjati uchashhihsja, v zavisimosti ot tipa lateralizacii golovnogogo mozga, kak poka-

zatel' zdorov'ja na Severe RF [Parameters of memory of students, depending on the type of lateralization of the brain, as an indicator of health in the North of the Russian Federation] // Klinicheskaja medicina i farmakologija. 2017. T. 3, № 3. S. 19-23.

8. Filatova O.E., Majstrenko E.V., Boltsev A.V., Gazja G.V. Vlijanie promyshlennyh jelektromagnitnyh polej na dinamiku serdechno-sosudistyh sistem rabotnic neftegazovogo kompleksa [Influence of industrial electromagnetic fields on dynamics of cardiovascular systems of workers of oil and gas complex] // Jekologija i promyshlennost' Rossii. 2017. T. 21, № 7. S. 46-51.

9. Filatova O.E., Bodin O.N., Kuropatkina M.G., Gimadiev B.R. Gomeostatichnost' meteoparametrov okružhajushhej sredy [Homeostaticity of meteorological parameters of the environment] // Vestnik novyh medicinskih tehnologij. Jelektronnoe izdanie. 2017. №3. Publikacija 1-5. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2017-3/1-5.pdf> (data obrashhenija: 18.09.2017).

10. Nifontova O.L., Karbainova Ju.V., Kon'kova K.S., Uraeva Ja.I. Ocenka pokazatelej funkcional'noj sistemy organizma shkol'nikov severa RF [Assessment of indicators of the functional system of the organism of schoolchildren in the North of the Russian Federation] // Vestnik novyh medicinskih tehnologij. Jelektronnoe izdanie. 2017. №3. Publikacija 1-8. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2017-3/1-8.pdf> (data obrashhenija: 19.09.2017).

11. Jelman K.A., Srybnik M.A., Prasolova A.A., Volohova M.A. Sravnitel'nyj analiz funkcional'nyh sistem organizma korenogo detsko-junosheskogo naselenija v uslovijah Severa [Comparative analysis of functional systems of the organism of the indigenous children and youth population in the North conditions] // Klinicheskaja medicina i farmakologija. 2017. T. 3, № 3. S. 14-18.

12. Betelin V.B., Eskov V.M., Galkin V.A. and Gavrilenko T.V. Stochastic Volatility in the Dynamics of Complex Homeostatic Systems // Doklady Mathematics. 2017. Vol. 95, No. 1. Pp. 92–94.

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. 143150.
14. 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, No. 1. Pp. 14-23.
15. 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.
16. 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, No. 3. Pp. 309-317.
17. 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. Volume 62, Issue 5. Pp 809-820.
18. Eskov V.V., Gavrilenko T.V., Eskov V.M., Vochmina Yu.V. Phenomenon of statistical instability of the third type systems – complexity // *Technical Physics*. 2017. Vol. 62, No. 11. Pp. 1611–1616.
19. 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.
20. Filatova O.E., Eskov V.V., Filatov M.A., Ilyashenko L.K. Statistical instability phenomenon and evaluation of voluntary and involuntary movements // *Russian Journal of Biomechanics*. 2017. Vol. 21, No. 3. Pp. 224-232.
21. Zilov V.G., Eskov V.M., Khadartsev A.A., Eskov V.V. Experimental Verification of the Bernstein Effect “Repetition without Repetition” // *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. 2017. No.1. Pp. 1-5.