

DOI: 10.12737/2306-174X-2020-78-87

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЛЕБАТЕЛЬНОЙ ДИНАМИКИ ЭКОФАКТОРОВ И РАЗВИТИЯ НЕОТЛОЖНЫХ СОСТОЯНИЙ У БОЛЬНЫХ ХРОНИЧЕСКИМИ НЕИНФЕКЦИОННЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ В УРБАНИЗИРОВАННЫХ ЭКОСИСТЕМАХ

В.М. ЕСКОВ¹, Ю.И. НЕГОЛЮК², В.В. ПОЛУХИН², М.Н. ГОРБУНОВА²

¹ФГУ ФНЦ Научно-исследовательский институт системных исследований Российской Академии наук, пр-т Нахимовский, 36, Москва, Россия, 117218

²БУ ВО ХМАО-Югры «Сургутский государственный университет», ул. Ленина, 1, Сургут, Россия, 628400

Аннотация. Работа посвящена математическому моделированию колебательной динамики экофакторов и развитию неотложных состояний у больных хроническими неинфекционными заболеваниями. Выявлена определенная связь между сезонной активностью геомагнитного поля и частотой развития неотложных состояний у больных терапевтического профиля. Динамика распространения заболеваний неинфекционной этиологии, в большинстве случаев, имеет нелинейный характер и сопровождается возникновением колебательных режимов, описываемых системой дифференциальных уравнений.

Ключевые слова: геомагнитная активность, имитационное моделирование, коронарный синдром, эпидемический процесс.

MATHEMATICAL MODELING OF OSCILLATORY DYNAMICS OF ECOLOGY FACTORS AND DEVELOPMENT OF EMERGENCIES IN PATIENTS WITH CHRONIC NON-INFECTIOUS DISEASES IN URBANIZED ECOSYSTEMS

V.M. ESKOV¹, Y.I. NEGOLYK², V.V. POLUCHIN², M.N. GORBUNOVA²

¹Federal Science Center Scientific-research Institute for System Studies of the Russian Academy of Sciences, Nakhimovsky pr., 36, Moscow, Russia, 117218

²Surgut State University, Lenina pr., 1, Surgut, 628400, Russia

Abstract. The article is dedicated the mathematical modeling of oscillatory speakers ecology factors and development of the urgent conditions beside sick chronic not infection by diseases. The certain relationship will revealed between seasonal activity geomagnetic field and frequency of the development of the urgent conditions beside sick therapeutic profile. The track record of the spreading the diseases not infection origin, in most cases, has a nonlinear nature and is accompanied origin oscillatory mode, described by system of the differential equations.

Key words: geomagnetic activity, simulation modeling, coronary syndrome, epidemic process.

Многолетние наблюдения сотрудников ФГУ НИИСИ РАН выявили сезонный характер обострений многих хронических заболеваний внутренних органов [4, 11, 14, 16-21], особенно в переходные периоды года. У представителей разных профессий (метеорологи, гигиенисты, экологи, геофизики) нет однозначного мнения по вопросу о влиянии различных факторов внешней среды на динамику заболеваемости. Так, метеорологи склонны преувеличивать влияние климатических факторов (атмосферное давление, температура, влажность воздуха и др.), причем медицинские работники часто

разделяют эту точку зрения. Физики же предполагают существенное влияние солнечной активности и возмущенности геомагнитного поля [9]. Я. Ф. Ашкалиев с соавторами отмечают, что для случаев обострения хронических легочных заболеваний наблюдается лучшая корреляция с атмосферным давлением, в то время как для случаев обострения сердечно-сосудистых заболеваний - с электромагнитными геофизическими параметрами [1]. Эта группа авторов предполагает, что воздействие гелиогеофизических факторов на организм человека происходит на фоне влияния

метеорологических параметров или через посредство последних. Т.Л. Гуляева утверждает, что аномалии погоды оказывают менее заметное влияние на смертность, чем магнитные бури [2]. Проведенные этим автором исследования показывают приоритет воздействия гелиогеофизических факторов над метеотропными влияниями на жизнеспособность человеческого организма.

Научные исследования, посвященные влиянию геофизических факторов на развитие неотложных состояний, в основном, посвящены ближайшему биопатогенному экофактору геомагнитных флуктуаций [5]. Однако, особый интерес у медиков и экологов вызывает изучение возможного влияния геомагнитной активности на сезонную динамику обращаемости на скорую медицинскую помощь. Отметим, что подобных работ в доступной нам научной литературе мы не встретили.

Целью настоящего исследования явилось изучение и моделирование влияния суммарных колебаний геомагнитной активности на сезонную динамику развития неотложных состояний у больных терапевтического профиля при многолетнем наблюдении в условиях ХМАО-Югры.

Исследование проводилось на территории г. Сургута - крупнейшего промышленно-административного центра Ханты-Мансийского автономного округа (300 тыс. жителей). Изучали среднемесячную частоту развития неотложных состояний за пятилетний период по материалам Сургутской станции скорой медицинской помощи. Всего проанализировано 9385 выездных карт. В разработку включали пациентов в возрасте 20-59 лет (из них 63,7% женщин и 36,3% мужчин) с тремя основными неотложными синдромами, которые распределились по рангам следующим образом: I - гипертонический криз (56,0% от общего числа изученных выездных карт), II - астматический статус (24,2%); III - острый коронарный синдром (19,8%). В последнем случае мы не стали выделять больных с некупирующимся приступом стенокардии

и острым инфарктом миокарда, так как окончательная верификация диагноза осуществлялась врачами-специалистами после госпитализации больных в неотложное кардиологическое отделение. Детальное распределение изучаемых больных по возрасту и полу представлено в таблице 1, из которой следует преобладание пациентов женского пола как в целом (отношение женщин к мужчинам составило 1,8:1), так и в случаях с гипертоническим кризом (соответственно 3,2:1) и астматическим статусом (2,4:1). Мужчины преобладали только в случаях с острым коронарным синдромом (3,8:1). Наибольшее количество вызовов (80,8%) приходилось примерно поровну на возрастные группы 40-49 и 50-59 лет.

При анализе применяли «коэффициент обращаемости (КО)» - среднемесячное число обратившихся больных в перерасчете на 1000 человек населения. Параллельно изучали среднемесячную динамику «коэффициента геомагнитной активности (КГМА)», который вычисляли как по средней продолжительности геомагнитных бурь в каждом месяце в днях (КГМА_{дн}), так и по среднемесячной интенсивности в баллах (КГМА_{бал}). Материалы по состоянию геомагнитного поля в регионе за изучаемый период времени предоставлены Сургутским городским ОАО «Экогеос». Статистическую обработку материала производили по методике С. Гланца [5] с использованием созданной на основе его руководства компьютерной программы «Statistica 10». Математическое моделирование динамики численности заболевших (обращаемости) производилось в рамках детерминистского подхода. Это моделирование осуществлялось на базе дифференциальных и разностных уравнений, исходя из следующих представлений.

Если в однородной популяции имеются некоторые факторы, вызывающие неинфекционное заболевание (экофакторы, например), то спустя некоторый промежуток времени, возможно, установится динамическое равновесие

численностей здоровых и заболевших индивидуумов x и y .

Таблица 1

**Распределение больных с изучаемыми неотложными состояниями
по полу и возрасту**

Нозология	Пол	Общее количество	Возраст, лет			
			20-29	30-39	40-49	50-59
Стенокардия	жен	386	6	31	139	210
	муж	1468	30	276	616	546
	Всего	1854	36	307	755	756
Гипертонический криз	жен	3992	27	323	1811	1831
	муж	1267	26	174	513	554
	Всего	5259	53	497	2324	2385
Астматический статус	жен	1606	181	423	488	514
	муж	666	97	211	186	172
	Всего	2272	278	634	674	686
Итого	жен	5984	214	777	2438	2555
	муж	3401	153	661	1315	1272
	Всего	9385	367	1438	3753	3827

Если произвести теперь учет численности изолированных индивидуумов, т.е. $z=z(t)$ (под изолированными индивидуумами в моделях (1, 2) подразумеваются те индивидуумы, которые в результате заболевания претерпевают значительные изменения (результат перенесенных осложнений), например, потеря первоначальной двигательной активности и т.д.), то такие индивидуумы могут быть зарегистрированы. В условиях человеческого сообщества класс z образуют заболевшие, которые находятся на лечении или умерли. Практически, именно индивидуумы группы z и бывают хорошо известны органам здравоохранения. Тогда модель этого процесса примет следующий вид:

$$\begin{aligned} dx/dt &= -\beta x + \delta_1 z, \\ dy/dt &= \beta x - \gamma y, \\ dz/dt &= \gamma y - \delta z. \end{aligned} \quad (1)$$

В моделях, представляющих динамику распространения неинфекционных заболеваний, миграция учитывается с помощью коэффициентов скорости миграции в правых частях уравнений – μ_i .

При этом в случае, если имеется приток индивидуумов, то μ_i входят в правые части со знаком "+" (иммиграция), в противном случае - для эмиграции - μ_i будет входить со знаком "-". В общем случае миграция может быть переменной, т.е. $\mu_i=\mu_i(t)$, а в простейшем случае μ_i можно рассматривать как величины постоянные. С учетом миграционных процессов, модель (1) примет следующий вид:

$$\begin{aligned} dx/dt &= -\beta x + \delta_1 z + \mu_1, \\ dy/dt &= \beta x - \gamma y + \mu_2, \\ dz/dt &= \gamma y - \delta z, \end{aligned} \quad (2)$$

где μ_1 и μ_2 - коэффициенты, характеризующие скорость миграции соответственно здоровых и заболевших индивидуумов; dx/dt - скорость изменения численности здоровых индивидуумов; dy/dt - скорость изменения численности заболевших индивидуумов; dz/dt - скорость изменения численности изолированных индивидуумов. Отметим, что $\beta = \beta(t)$ (в общем случае) - функция, характеризующая совокупность экофакторов, влияющих на возникновение и развитие заболевания; γ - коэффициент, характеризующий изоляцию индивидуумов (в больницах); δ_1 и δ -

коэффициенты, характеризующие выздоровление заболевших, причем $\delta_1 < \delta$ означает возможность летального исхода.

Острый коронарный синдром (ОКС).

Показатели среднемесячной обращаемости на скорую помощь по поводу ОКС (см. рис.1) имели два пика: в марте-апреле (КО составил 0,35 на 1000 населения) и октябрь-ноябре (0,32). Минимальное число обращений приходилось на август (КО в этот период равнялся 0,24).

Весеннее учащение вызовов по поводу развития ОКС наблюдалось на фоне более продолжительной среднемесячной геомагнитной активности (КГМА_{дн} составил в марте и апреле 7,2 и 6,6 соответственно). Осенняя волна ОКС отмечалась в период максимальной среднемесячной продолжительности геомагнитной активности (КГМА_{дн} был самым высоким в октябре - 7,8). Минимальное число обращений зафиксировано в августе, в «магнитоспокойный» период: среднемесячный КГМА_{дн} в это время был самым низким в году - 1,8.

Подобная тенденция отмечена и при изучении среднемесячной интенсивности геомагнитных колебаний: максимальная выраженность КГМА_{бал} выявлена в марте (4,4) и октябре (6,2), минимальная - в июне (1,6). Корреляционный анализ показал достоверную прямую связь между частотой развития ОКС и продолжительностью геомагнитных бурь ($r_s = 0,610$; $P = 0,037$); в то же время связь с выраженностью геомагнитной активности (КГМА_{бал}) оказалась статистически недостоверной ($r_s = 0,147$; $P = 0,635$).

Гипертонический криз (ГК).

Показатели среднемесячной обращаемости по поводу ГК (см. рис.3) также имели два пика: в феврале-марте (КО в этот период равнялся соответственно 1,06 и 1,09) и ноябре-декабре (КО составил 1,04 и 1,02 соответственно). Минимальное число обращений зафиксировано в августе-сентябре (КО = 0,72 и 0,73 соответственно).

Обе волны обострений, как и в случаях с ОКН, отмечались на фоне высокой среднемесячной продолжительности и интенсивности геомагнитных бурь: оба

показателя (КГМА_{дн} и КГМА_{бал}) были максимально выражены в марте (7,2 и 4,4 соответственно) и октябре (7,8 и 6,2 соответственно), а минимально - в июле-августе (1,8 и 2,0 соответственно).

Корреляционный анализ показал достоверную прямую связь между частотой развития ОКН и продолжительностью геомагнитных бурь ($r_s = 0,656$ $P = 0,039$). При этом связь с выраженностью геомагнитной активности (КГМА_{бал}) также оказалась статистически недостоверной ($r_s = 0,212$; $P = 0,499$).

Астматический статус (АС).

Среднемесячная частота обращаемости по поводу АС (см. рис.4) также имела два пика: в марте (КО составил 0,46 на 1000 населения) и октябре (КО равнялся 0,47). Минимальное число обращений зафиксировано в августе: КО здесь составлял всего 0,35.

Обе волны обращений, как и в случаях с ОКН и ГК, отмечались на фоне высокой среднемесячной продолжительности и интенсивности геомагнитных бурь, причем корреляционный анализ, в отличие от сердечно-сосудистых катастроф, показал достоверную прямую связь как с продолжительностью геомагнитных бурь ($r_s = 0,644$; $P = 0,040$), так и с их выраженностью ($r_s = 0,621$; $P = 0,032$).

Таким образом, проведенное исследование выявило определенную связь между сезонной активностью геомагнитного поля и частотой развития неотложных состояний у больных терапевтического профиля. Отметим, что динамика распространения заболеваний неинфекционной этиологии, в большинстве случаев, имеет нелинейный характер и сопровождается возникновением колебательных режимов. В ряде случаев эти колебания имеют характер незатухающих колебаний, например, заболевания сердечно-сосудистой системы среди взрослого населения. Такие процессы в ряде случаев характеризуются особой точкой типа неустойчивый фокус (на фазовой плоскости), когда амплитуда колебаний нарастает во времени. Существуют также для ряда заболеваний особые точки типа

седла, устойчивого фокуса.

На примере сердечно-сосудистых заболеваний неинфекционной этиологии, выявленных среди взрослого населения смоделируем процесс, отражающий частоту обращаемости по поводу острого коронарного синдрома в зависимости от среднемесячной продолжительности геомагнитной активности (КГМА_{дн}) и среднемесячной интенсивности геомагнитных колебаний (КГМА_{бал}). Динамика распространения заболеваний этого класса зависит от экофакторов

Северного региона.

На рисунке 1 приведен график реальной обращаемости на скорую помощь по поводу острой коронарной недостаточности в различные месяцы в зависимости от среднемесячной продолжительности геомагнитной активности (КГМА_{дн}) и среднемесячной интенсивности геомагнитных колебаний (КГМА_{бал}). Из рисунка 1 видно, что динамика процесса имеет незатухающий колебательный характер.

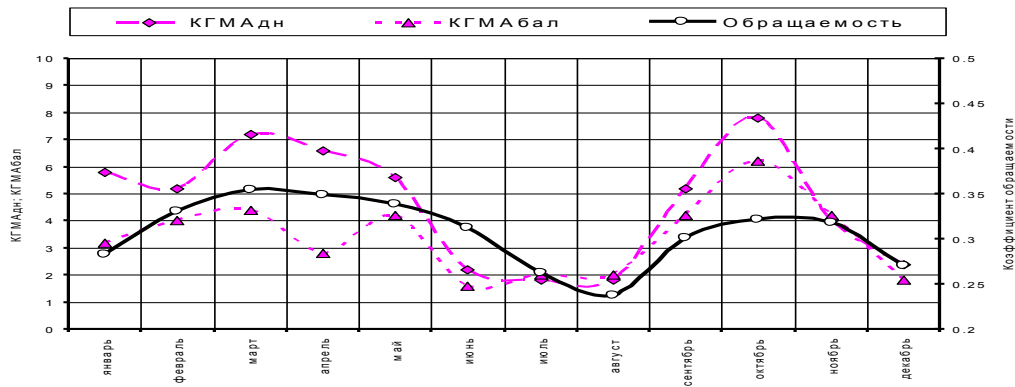


Рис. 1. Среднемесячная частота обращаемости за скорой помощью по поводу острого коронарного синдрома в различные периоды геомагнитной активности

Методом имитационного моделирования нами были идентифицированы следующие параметры модели (2): $\delta_1=0.001$; $\delta=0.045$; $\gamma=0.25$; $\beta=0.10$; $\mu_1=0.05$, $\mu_2=0.3$ (коэффициенты, характеризующие миграцию здоровых и

заболевших индивидуумов).

На рисунке 2 представлена кривая, полученная теоретически из модели процесса изменения частоты обращаемости в зависимости от геомагнитной активности.

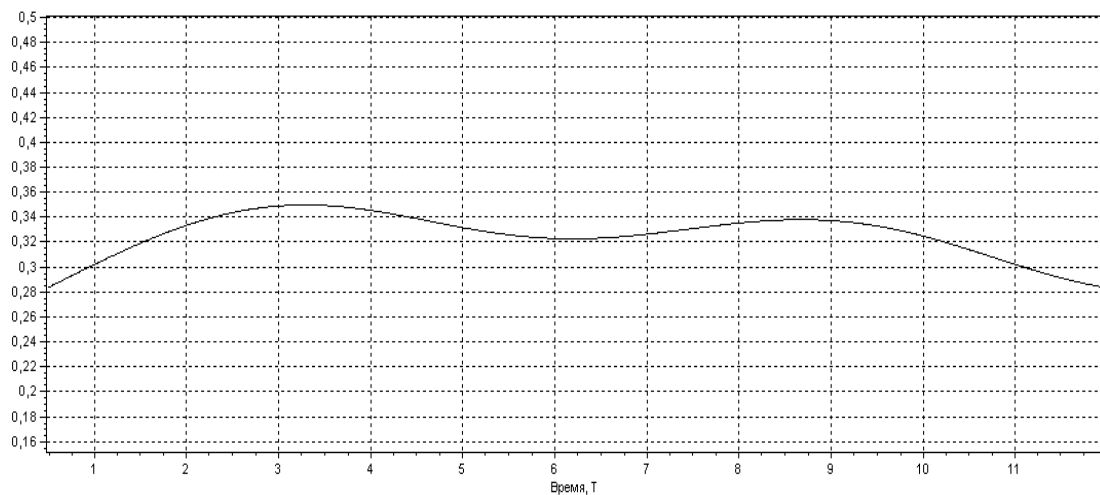


Рис. 2. Моделирование динамики среднемесячной частоты обращаемости (мужчины и женщины) за скорой помощью по поводу острого коронарного синдрома в различные периоды геомагнитной активности

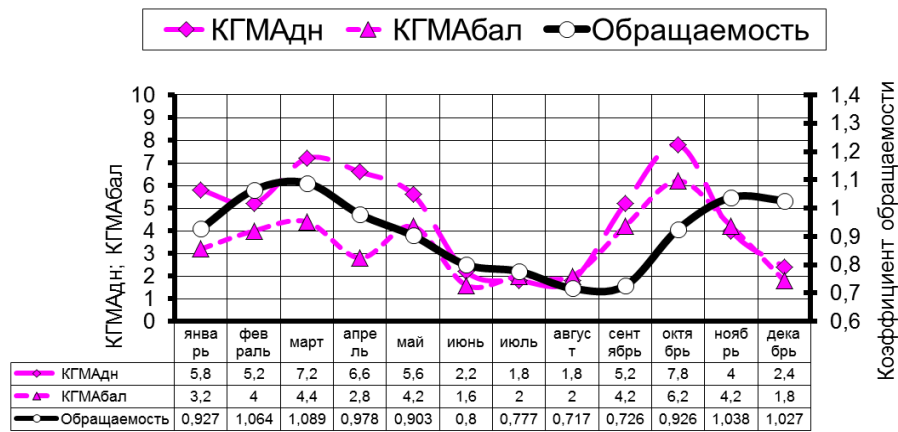


Рис. 3. Среднемесячная частота обращаемости за скорой помощью по поводу гипертонического криза в различные периоды геомагнитной активности

Ниже (таблица 1) приведены расчетные и реальные значения частоты обращаемости за скорой помощью по

поводу острой коронарной недостаточности (усредненные данные за 5-летний период наблюдений).

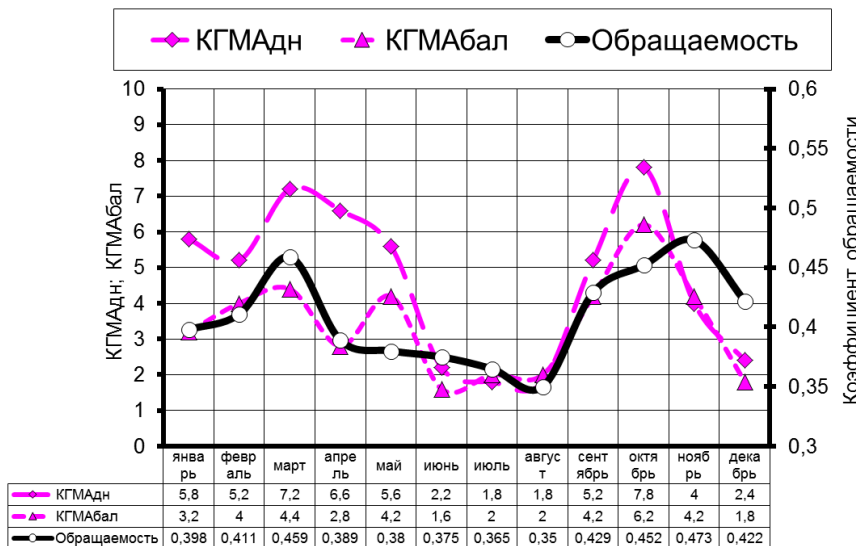


Рис. 4. Среднемесячная частота обращений за скорой помощью по поводу астматического статуса в различные периоды геомагнитной активности

Таким образом, в рамках данного математического подхода в описании динамики распространения неинфекционных заболеваний возможно количественное описание этих процессов с высокой степенью точности (погрешность в расхождении результатов не превышает 5% за исключением июля, августа, сентября и декабря). Естественно, прогностические свойства также присущи указанному подходу. Подобные модели могут предсказывать возможное протекание эпидемического процесса для заболеваний, в основе которых влияние экофакторов окружающей среды имеет определяющее

значение [6-13]. Такой подход имеет и теоретическое, и практическое значение для здравоохранения еще и потому, что учитывает миграционные процессы, которые весьма характерны для северных регионов РФ. Причем, если раньше длительность проживания людей на данных территориях была ограничена временем работы (так называемый вахтовый метод), то в настоящее время характер проживания на этих территориях населения стал постоянным. И здесь уже следует учитывать влияние экофакторов как длительного процесса, начиная с внутриутробного развития организма и до

старости, с учетом накопленных изменений в предыдущих поколениях.

Таблица 1

Расчетные и реальные значения среднемесячной частоты обращаемости за скорой помощью по поводу ОКС в различные периоды ГМА

Месяц	КО (реальные значения)	КО (модельные значения)	Процент расхождения расчетных и реальных значений КО
Январь	0,283	0,283	0
Февраль	0,331	0,333	0,6
Март	0,354	0,349	1,41
Апрель	0,349	0,345	1,15
Май	0,339	0,332	2,06
Июнь	0,313	0,323	3,20
Июль	0,263	0,326	23,95
Август	0,238	0,335	40,76
Сентябрь	0,301	0,337	11,96
Октябрь	0,322	0,325	0,93
Ноябрь	0,318	0,302	5,03
Декабрь	0,271	0,288	5,90

Выводы

1. Состояние геомагнитной активности играет определенную роль в сезонной динамике развития неотложных состояний у больных с заболеваниями внутренних органов.
2. Биопатогенное воздействие геомагнитных бурь на сезонную частоту острого коронарного синдрома и гипертонического криза определяется преимущественно их суммарной продолжительностью, а астматического статуса - как продолжительностью, так и интенсивностью геомагнитных возмущений.
3. В рамках детерминистского подхода возможно математическое описание и прогнозирование динамики распространения неинфекционных заболеваний с погрешностью в расхождении результатов не превышающей 5%.
4. Выявленные биопатогенные эффекты геомагнитных аномалий диктуют необходимость разработки комплекса мероприятий, направленных на профилактику сезонного учащения развития неотложных состояний у больных терапевтического профиля.

Литература

1. Ашкалиев Я.Ф., Дробжев В.И., Сомников В.М. И др. Влияние гелиогеофизических параметров на экологическую обстановку // Биофизика. - 1995. - Т. 40. - № 5. - С. 1031-1037.
2. Гуляева Т.Л. Летальные проявления метеорологических и космических факторов // Биофизика. - 1998. - Т. 43. - № 5. - С. 833-839.
3. Еськов В.В., Пятин В.Ф., Филатова Д.Ю. Башкатова Ю.В. Хаос параметров гомеостаза сердечно-сосудистой системы человека. / Самара: Изд-во ООО «Порто-Принт», 2018., 312 с. ISBN 978-5-91867-162-7
4. Еськов В.В., Пятин В.Ф., Шакирова Л.С., Мельникова Е.Г. Роль хаоса в регуляции физиологических функций организма. / Под ред. А.А. Хадарцева. Самара: ООО «Порто-принт», 2020. - 248 с.
5. Нуждина М.А. Влияние природных факторов на возникновение сердечно-сосудистых заболеваний. // Биофизика. - 1998. - Т. 43. - № 4. - С. 640-646.
6. Eskov V. V., Beloshchenko D. V., Bazhenova A. E., Zhivaeva N. V. The

- influence of local cold effects on electromyogram parameters in women. // *Human Ecology*. 2018. – № 9. – Pp.42-47.
7. Eskov V. M., Bazhenova A. E., Ilyashenko L. K., Grigorieva S. V. Effect of cold on involuntary movements in men with different levels of physical fitness in the Russian north. // *Human Ecology*. – 2019. – № 6. – Pp. 39-44.
 8. Eskov V.V., Filatova D.Y., Ilyashenko L.K., Vochmina Y.V. Classification of uncertainties in modeling of complex biological systems // *Moscow university physics bulletin*. – 2019. – Vol. 74(1). – Pp. 57-63.
 9. Filatova D. Yu., Bashkatova Yu. V., Filatov M.A., Ilyashenko L.K. Parameter evaluation of cardiovascular system in schoolchildren under the conditions of latitudinal displacement. // *Human Ecology*. 2018. – № 4. – Pp.30-35
 10. Filatova D. Yu., Bashkatova Yu.V., Melnikova E.G., Shakirova L.S. Homogeneity of the parameters of the cardiointervals in school children after north-south travel. // *Human Ecology*. – 2020. – №1 – Pp. 6-10.
 11. Filatova O. E., Gudkov A. B., Eskov V. V., Chempalova L. S. The concept of uniformity of a group in human ecology // *Human Ecology*. – 2020. – №2 – Pp. 40-44.
 12. Filatov M.A., Ilyashenko L.K., Makeeva S.V. Psychophysiological parameters of students before and after translatitude travels. // *Human Ecology*. – 2019. – № 4. – Pp. 18-24.
 13. Filatova O.E., Bazhenova A.E., Ilyashenko L.K., Grigorieva S.V. Estimation of the Parameters for Tremograms According to the Eskov–Zinchenko Effect Biophysics // *Biophysics*. – 2018. – Vol. 63. – No. 2. – Pp. 125–130.
 14. Khadartsev A.A., Nesmeyanov A.A., Eskov V.M., Filatov M.A., Pab W. Fundamentals of chaos and self-organization theory in sports // *Integrative medicine international*. – 2017. – Vol. 4. – Pp. 57-65.
 15. Khromushin V.A., Pyatin V.F., Eskov V.V., Ilyashenko L.K., Vokhmina Yu.V. New principles in the operation of neural emulators in medical diagnosis. // *Biomedical Engineering*. – 2019. – Vol. 53, No. 2. – Pp. 117-120.
 16. Leonov B. I., Grigorenko V. V., Eskov V. M., Khadartsev A. A., Ilyashenko L. K. Automation of the diagnosis of age-related changes in parameters of the cardiovascular system. // *Biomedical Engineering*. – 2018. – Vol. 52, No. 3. – Pp. 210-214
 17. Zilov V. G., Eskov V. M., Khadartsev A. A., Eskov V. V. Experimental confirmation of the effect of "Repetition without repetition" N. A. Bernstein // *Bulletin of experimental biology and medicine*. 2017. Vol. 163 (1). P. 4–8.
 18. Zilov V. G., Khadartsev A. A., Eskov V. V., Eskov V. M. Experimental study of statistical stability of cardiointerval samples // *Bulletin of experimental biology and medicine*. 2017. Vol. 164 (2). P. 115–117.
 19. Zilov V. G., Khadartsev A. A., Ilyashenko L. K., Eskov V. V., Minenko I. A. Experimental analysis of the chaotic dynamics of muscle biopotentials under various static loads // *Bulletin of experimental biology and medicine*. 2018. Vol. 165 (4). P. 415–418.
 20. Zilov V. G., Khadartsev A. A., Eskov V. V., Ilyashenko L. K., Kitanina K. Yu. Examination of statistical instability of electroencephalograms // *Bulletin of experimental biology and medicine*. 2019. Vol. 168 (7). P. 5–9.
 21. Zilov V. G., Khadartsev A. A., Eskov V. M., Ilyashenko L. K. New effect in physiology of human nervous muscle system // *Bulletin of experimental biology and medicine*. 2019. Vol. 167 (4). P. 419-423.

References

1. Ashkaliev Ya.F., Drobzhev V.I., Somsikov V.M. I dr. Vliyanie geliogeofizicheskix parametrov na èkologicheskuyu obstanovku [Influence of heliogeophysical parameters on the ecological situation] // *Biofizika* [Biophysics] - 1995. - T. 40. - № 5. - S. 1031-1037.

2. Gulyaeva T.L. Letal'ny'e proyavleniya meteorologicheskix i kosmicheskix faktorov [Lethal manifestations of meteorological and space factors] // Biofizika [Biophysics] - 1998. - T. 43. - № 5. - S. 833-839.
3. Es'kov V.V., Pyatin V.F., Filatova D.Yu., Bashkatova Yu.V. Xaos parametrov gomeostaza serdechno-sosudistoj sistemy cheloveka [Chaos of homeostasis parameters of the human cardiovascular system]. / Samara: Izd-vo OOO «Porto-Print», 2018., 312 s. ISBN 978-5-91867-162-7
4. Es'kov V.V., Pyatin V.F., Shakirova L.S., Mel'nikova E.G. Rol' xaosu v regulyacii fiziologicheskix funkcij organizma [The role of chaos in the regulation of physiological functions of the body] / Pod red. A.A. Khadarceva. Samara: OOO «Porto-print», 2020. - 248 s.
5. Nuzhdina M.A. Vliyanie prirodny'x faktorov na vozniknovenie serdechno-sosudisty'x zabolevanij [The influence of natural factors on the occurrence of cardiovascular diseases.// Biofizika [Biophysics] - 1998. - T. 43. - № 4. - S. 640-646.
6. Eskov V. V., Beloshchenko D. V., Bazhenova A. E., Zhivaeva N. V. The influence of local cold effects on electromyogram parameters in women. // Human Ecology. 2018. – № 9. – Pp.42-47.
7. Eskov V. M., Bazhenova A. E., Ilyashenko L. K., Grigorieva S. V. Effect of cold on involuntary movements in men with different levels of physical fitness in the Russian north. // Human Ecology. – 2019. – № 6. – Pp. 39-44.
8. Eskov V.V., Filatova D.Y., Ilyashenko L.K., Vochmina Y.V. Classification of uncertainties in modeling of complex biological systems // Moscow university physics bulletin. – 2019. – Vol. 74(1). – Pp. 57-63.
9. Filatova D. Yu., Bashkatova Yu. V., Filatov M.A., Ilyashenko L.K. Parameter evaluation of cardiovascular system in schoolchildren under the conditions of latitudinal displacement. Human Ecology. 2018. – № 4. – Pp.30-35
10. Filatova D. Yu., Bashkatova Yu.V., Melnikova E.G., Shakirova L.S. Homogeneity of the parameters of the cardiointervals in school children after north-south travel. // Human Ecology. – 2020. – №1 – Pp. 6-10.
11. Filatova O. E., Gudkov A. B., Eskov V. V., Chempalova L. S. The concept of uniformity of a group in human ecology // Human Ecology. – 2020. – №2 – Pp. 40-44.
12. Filatov M.A., Ilyashenko L.K., Makeeva S. V. Psychophysiological parameters of students before and after translatitude travels. // Human Ecology. – 2019. – № 4. – Pp. 18-24.
13. Filatova O.E., Bazhenova A.E., Ilyashenko L.K., Grigorieva S.V. Estimation of the Parameters for Tremograms According to the Eskov–Zinchenko Effect Biophysics // Biophysics. – 2018. – Vol. 63. – No. 2. – Pp. 125–130.
14. Khadartsev A.A., Nesmeyanov A.A., Eskov V.M., Filatov M.A., Pab W. Fundamentals of chaos and self-organization theory in sports // Integrative medicine international. – 2017. – Vol. 4. – Pp. 57-65.
15. Khromushin V.A., Pyatin V.F., Eskov V.V., Ilyashenko L.K., Vokhmina Yu.V. New principles in the operation of neural emulators in medical diagnosis. // Biomedical Engineering. – 2019. – Vol. 53, No. 2. – Pp. 117-120.
16. Leonov B. I., Grigorenko V. V., Eskov V. M., Khadartsev A. A., Ilyashenko L. K. Automation of the diagnosis of age-related changes in parameters of the cardiovascular system. // Biomedical Engineering. – 2018. – Vol. 52, No. 3. – Pp. 210-214
17. Zilov V. G., Eskov V. M., Khadartsev A. A., Eskov V. V. Experimental confirmation of the effect of "Repetition without repetition" N. A. Bernstein // Bulletin of experimental biology and medicine. 2017. Vol. 163 (1). P. 4–8.
18. Zilov V. G., Khadartsev A. A., Eskov V. V., Eskov V. M. Experimental study of statistical stability of cardiointerval samples // Bulletin of experimental biology and medicine. 2017. Vol. 164 (2). P. 115–117.
19. Zilov V. G., Khadartsev A. A., Ilyashenko L. K., Eskov V. V., Minenko I. A. Experimental analysis of the chaotic

dynamics of muscle biopotentials under various static loads // Bulletin of experimental biology and medicine. 2018. Vol. 165 (4). P. 415–418.

20. Zilov V. G., Khadartsev A. A., Eskov V. V., Ilyashenko L. K., Kitanina K. Yu. Examination of statistical instability of electroencephalograms // Bulletin of experimental biology and medicine. 2019. Vol. 168 (7). P. 5–9.
21. Zilov V. G., Khadartsev A. A., Eskov V. M., Ilyashenko L. K. New effect in physiology of human nervous muscle system // Bulletin of experimental biology and medicine. 2019. Vol. 167 (4). P. 419-423.