

УДК 612.17:612.014.426

ВЛИЯНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА ХАОТИЧЕСКУЮ ДИНАМИКУ ПАРАМЕТРОВ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ РАБОТНИКОВ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

© 2017 г. А. В. Болтаев, Г. В. Газя, *А. А. Хадарцев, Д. В. Синенко

Сургутский государственный университет, г. Сургут

*Тулский государственный университет, г. Тула

В пятимерном фазовом пространстве состояний (ФПС) изучалось движение вектора состояния сердечно-сосудистой системы (ССС) женского организма – у работниц завода стабилизации газового конденсата г. Сургута. Параметры x_i состояния ССС четырех групп женщин изменялись в пределах ограничивающих объемов V_G ФПС, которые определялись как квазиаттракторы (КА). Эти объемы выявлялись и сравнивались у женщин разного возраста, подверженных и не подверженных влиянию электромагнитного поля (ЭМП) промышленной частоты (ПЧ), что позволило установить принципиальные различия в динамике V_G . В частности, допущено стресс-влияние ЭМП ПЧ на женщин как младшей, так и старшей возрастных групп. Это приводит к резкому уменьшению площади КА на фазовой плоскости вектора $(x_1, x_2)^T$, где x_1 – длительность кардиоинтервалов (КИ), а $x_2 = dx_1/dt$ – скорость изменения x_1 . Фактически ЭМП являются стресс-агентами для сердечно-сосудистой системы человека на Севере РФ. Это показывается в рамках КА для КИ двух групп женщин. Сравнение четырех групп по параметрам КА выявляет различия, в то время как в рамках статистики различия не значимы по ряду параметров x_i всего вектора состояния $x(f)$ организма человека, проживающего в особых северных условиях.

Ключевые слова: электромагнитное поле, сердечнососудистая система, состояние функциональных систем организма, теория хаоса самоорганизации

THE ELECTROMAGNETIC FIELDS EFFECT ON CHAOTIC DYNAMICS OF CARDIOVASCULAR SYSTEM PARAMETERS OF WORKERS OF OIL AND GAS INDUSTRY

A. V. Boltaev, G. V. Gazya, *A. A. Khadartsev, D. V. Sinenko

Surgut State University, Surgut

*Tula State University, Medical Institute, Tula, Russia

The motion of state vector of cardiovascular system in females working on Surgut condensate stabilization plant was studied in five-dimensional phase space of states. The parameters x_i of cardiovascular system in four groups of women varied within the range of V_G – bounding volumes of the phase space of states, which was defined as quasi-attractor. The volumes V_G were measured and compared in women of different age, affected and not affected by human-made electromagnetic fields of industrial frequency, which allowed establishing the principal differences in the dynamics of V_G . In particular, women, both younger and older age groups underwent stress effect of electromagnetic fields of industrial frequency. This led to breakdown in volume of quasi-attractors in phase plane of vector $(x_1, x_2)^T$ where x_1 – duration of cardiointervals, and $x_2 = dx_1/dt$ – rate of change of x_1 . In fact, electromagnetic fields became stress agents for human's cardiovascular system in the North of Russian. This is shown in the framework of quasi-attractors for cardio of two groups of women. Comparison of these four groups according to the parameters of quasi-attractors showed differences though statistical differences were not significant on a number of x_i parameters of whole the body state vector $x(f)$ of person's organism living in the special northern conditions.

Keywords: electromagnetic field, cardiovascular system, functional system of the organism, theory of chaos and self-organization

Библиографическая ссылка:

Болтаев А. В., Газя Г. В., Хадарцев А. А., Синенко Д. В. Влияние промышленных электромагнитных полей на хаотическую динамику параметров сердечно-сосудистой системы работников нефтегазовой отрасли // Экология человека. 2017. № 8. С. 3–7.

Boltaev A. V., Gazya G. V., Hadartsev A. A., Sinenko D. V. The Electromagnetic Fields Effect on Chaotic Dynamics of Cardiovascular System Parameters of Workers of Oil and Gas Industry. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2017, 8, pp. 3-7.

Уровень здоровья любой популяции имеет региональную специфику, которая обусловлена особенностями взаимоотношения человека и окружающей среды [12, 13, 15, 17]. Погодно-климатические изменения в настоящее время рассматриваются как факторы высокого риска возникновения многих заболеваний человека, проживающего в северных регионах РФ [6, 7, 11, 14]. Жители Ханты-Мансийского автономного округа хорошо знакомы с резкой сменой погоды. Климат в этом северном

регионе России суров и непостоянен. Одновременно с хаотическим характером изменений метеофакторов наблюдаются изменения показателей концентрации химических поллютантов на территории города, которые сильно зависят от направления и скорости ветра, температуры, атмосферного давления, влажности. Все эти факторы существенно влияют на функциональные системы организма человека, и в первую очередь на сердечно-сосудистую (ССС) и нервно-мышечную.

Помимо неблагоприятных климатических условий негативное воздействие на человека могут оказывать и факторы производственной среды на рабочем месте. Одним из них является электромагнитное поле (ЭМП) промышленной частоты (ПЧ). На Сургутском заводе стабилизации конденсата, к примеру, источниками ЭМП ПЧ являются различные теплообменники, электропроводка и оборудование, обеспечивающее работу ректификационных колонн.

Всемирная организация здравоохранения рассматривает ЭМП ПЧ техногенного происхождения как один из опасных и значимых для здоровья населения факторов, характеризующихся активным биологическим действием. Ранее считалось, что слабые низкочастотные магнитные поля нетепловой интенсивности безопасны для человека, биологическое действие таких полей казалось невозможным с точки зрения физики. Со временем были накоплены опытные данные, показавшие потенциальную опасность этих полей и излучений, скрытый характер их действия. В связи с этим сейчас экологическая значимость ЭМП становится предметом специального изучения, особенно в аспекте влияния на ССС [3, 4].

На сегодняшний день в РФ для рабочих мест приняты единые значения предельно допустимых уровней (ПДУ) напряженности ЭМП ПЧ вне зависимости от региона. Однако в совокупности с другими факторами среды ЭМП ПЧ с напряженностями ниже ПДУ также может оказывать воздействие на организм человека. Целью настоящего исследования был анализ действия ЭМП ПЧ на параметры ССС работников-женщин Сургутского завода стабилизации конденсата.

Методы

Для анализа влияния ЭМП на женский организм методом вариационной пульсоинтервалографии в рамках периодического медицинского осмотра было обследовано 100 человек. Все обследуемые были поделены на группы: 1-я — женщины до 35 лет, на рабочем месте которых отсутствуют источники ЭМП; 2-я — женщины старше 35 лет, на рабочем месте которых также отсутствуют источники ЭМП; 3-я — женщины до 35 лет, на рабочем месте которых есть источники ЭМП; 4-я — женщины старше 35 лет, на их рабочем месте также есть источники ЭМП. Все наблюдаемые были без патологий и жалоб на здоровье, согласно Хельсинкской декларации дали добровольное согласие на обследование. Измерения проводились с помощью пульсоксиметра «ЭЛОКС-01С2», разработанного и изготовленного ЗАО ИМЦ «Новые Приборы», г. Самара, вместе с зарегистрированным программным продуктом (Л. И. Калакутский, В. М. Еськов, 2002–2010 гг.), который обеспечивает расчёт параметров квазиаттракторов (КА) как в пятнадцатимерном фазовом пространстве состояний (ФПС), так и в двухмерном ФПС по отдельным координатам x_i (в частности, по параметрам кардиоинтервалов (КИ)). Прибор снабжен программным продуктом «Eg3». С помощью этого прибора реги-

стрировали пульсовую волну с одного из пальцев кисти руки в положении обследуемых сидя, в относительно комфортных условиях. Состояние функциональных систем организма женщин оценивалось в рамках традиционных методов оценки симпатического (показатель SIM) и парасимпатического (показатель PAR) звена нейровегетативной системы (НВС). Кроме этого определялись: индекс напряжения по Р. М. Баевскому (IBN), частота сердечных сокращений (HR), уровень насыщения оксигемоглобином крови испытуемых (SpO_2 , в % оценивается количество оксигемоглобина), мощность спектра сверхнизкочастотного компонента variability (VLF, в % от суммарной мощности колебаний), мощность спектра низкочастотного компонента variability (LF), мощность спектра высокочастотного компонента variability (HF), общая спектральная мощность (Total power), стандартное отклонение полного массива КИ (SDNN).

Статистические расчёты проводились с помощью программного продукта Statistica version 6.1. Для оценки значимости различия показателей НВС обследуемых применялся критерий Манна — Уитни, за статистически значимые принимали различия при $p < 0,05$. В итоговом варианте дизайна исследования диагностика осуществлялась по таким параметрам вектора состояния организма человека $x = (x_1, x_2, \dots, x_5)^T$: активность симпатического отдела НВС ($SIM - x_1$), активность парасимпатического отдела НВС ($PAR - x_2$), частота сердечных сокращений ($HR - x_3$), стандарт отклонения вегетативной регуляции кровообращения ($SDNN - x_4$), индекс напряжения по Р. М. Баевскому ($IBN - x_5$) и по КИ (NN).

Матрица межаттракторных расстояний строилась с помощью оригинальной компьютерной программы по указанным параметрам ВСОЧ. Каждая группа обследуемых, находящаяся в определенном состоянии, образует некоторое «облако» (КА) в ФПС, которое имеет геометрический и стохастический центры [2–11].

Расстояния, рассчитанные между хаотическими центрами k-го и i-го КА или между стохастическими центрами (статистическими математическими ожиданиями), количественно представляют степень близости/удаленности этих сравниваемых КА в ФПС. Это является интегративной мерой оценки состояния НВС групп обследуемых.

Результаты

В самом начале статистического анализа была произведена проверка на нормальность распределения значений с помощью критерия Шапиро — Уилка. Проверка показала, что в каждой группе имеется ненормальное распределение значений параметров кардиоритма.

Из пяти выбранных нами параметров x_i только в одном наблюдается нормальное распределение. В ряде случаев для сравнения выборок с нормальным распределением на различия допускается применять

непараметрические критерии. Поэтому для попарного сравнения групп по всем пяти параметрам нами использовался непараметрический U критерий Манна – Уитни (табл. 1).

Таблица 1

Результаты попарного сравнения средних значений рангов допустимого уровня значимости параметров variability сердечного ритма обследованных 1–4 групп с помощью непараметрического U критерия Манна – Уитни

Параметр	Величина p при попарном сравнении групп					
	1–2	1–3	1–4	2–3	2–4	3–4
SIM	0,052	0,045*	0,000*	0,778	0,001*	0,005*
PAR	0,304	0,793	0,000*	0,516	0,003*	0,001*
SSS	0,352	0,109	0,749	0,023*	0,224	0,202
SDNN	0,084	0,050	0,000*	0,655	0,037*	0,108
IBN	0,107	0,084	0,000*	0,808	0,001*	0,007*

Примечания: 1 – женщины до 35 лет без воздействия источников ЭМП, 2 – женщины после 35 лет без воздействия источников ЭМП, 3 – женщины до 35 лет под воздействием источников ЭМП, 4 – женщины после 35 лет под воздействием источников ЭМП; p – достигнутый уровень значимости (при критическом уровне < 0,05); * – группы статистически принадлежат к разным генеральным совокупностям.

Из табл. 1 видно, что показатели женщин 1-й и 2-й групп статистически не различаются; данные обследуемых 1-й и 3-й групп отличны по SIM; показатели женщин 1-й и 4-й групп статистически различаются по параметрам SIM, PAR, SDNN, IBN; данные обследуемых 2-й и 3-й групп различаются только по параметру SSS; показатели женщин 2-й и 4-й групп статистически различаются по параметрам SIM, PAR, SDNN, IBN; данные обследуемых 3-й и 4-й групп различаются по параметрам SIM, PAR, IBN.

Методом расчёта КА в пятимерном ФПС были рассчитаны объёмы V и расстояния между стохастическим и хаотическим центрами gX квазиаттракторов (табл. 2). Отдельно произведено попарное сравнение групп по этим показателям.

Таблица 2

Результаты обработки в пятимерном фазовом пространстве данных квазиаттракторов по параметрам сердечнососудистой системы у обследованных 1–4 групп

1-я группа	2-я группа
Phase space with order m = 5 value $V_1 = 9,2 \cdot 10^6$	Phase space with order m = 5 value $V_2 = 24 \cdot 10^6$
3-я группа	4-я группа
Phase space with order m = 5 value $V_3 = 57,8 \cdot 10^6$	Phase space with order m = 5 value $V_4 = 39,8 \cdot 10^6$

Примечания: 1 – женщины до 35 лет без воздействия источников ЭМП, 2 – женщины после 35 лет без воздействия источников ЭМП, 3 – женщины до 35 лет под воздействием источников ЭМП, 4 – женщины после 35 лет под воздействием источников ЭМП

Из табл. 2 видно, что разница объёмов КА в пятимерном ФПС в 1-й и 3-й группах женщин максимальна (шестикратное увеличение V_3 сравнительно с V_1). Существенно, что расстояние между стохастическим и хаотическим центрами КА в группе женщин после 35 лет, не подверженных ЭМП ПЧ на рабочем месте, меньше, чем в младшей группе, в 2,3 раза. Для наглядности различий параметров кардиоритма испытуемых в разных группах на рис. 1 приведены примеры КИ и их фазовых портретов.

ческим и хаотическим центрами КА в группе женщин после 35 лет, не подверженных ЭМП ПЧ на рабочем месте, меньше, чем в младшей группе, в 2,3 раза. Для наглядности различий параметров кардиоритма испытуемых в разных группах на рис. 1 приведены примеры КИ и их фазовых портретов.

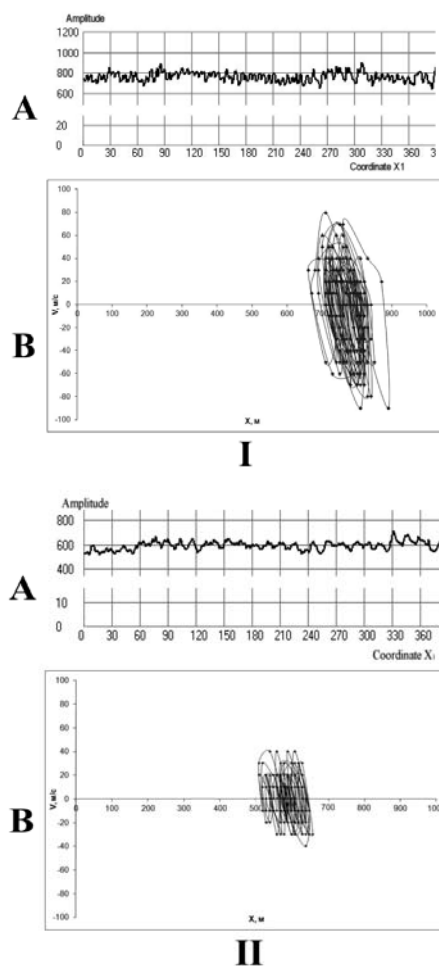


Рис. 1. Примеры кардиоинтервалов и фазовых портретов: А – функции кардиоинтервалов; В – фазовые портреты для кардиоинтервалов, описывающие площадь их квазиаттрактора; I – женщина 28 лет, подвергающаяся воздействию ЭМП на рабочем месте; II – женщина 39 лет, подвергающаяся воздействию ЭМП на рабочем месте.

Из рис. 1 видим, что площади S КА (группа В) для КИ существенно (почти в 3 раза) уменьшаются в условиях воздействия внешних ЭМП (сравните масштабы рис. IВ и рис. IIВ). Более того, уже само действие ЭМП дает резкое уменьшение S для КИ в одинаковых возрастных группах. Для каждой из испытуемых была рассчитана площадь КА по значениям КИ. Значения медиан площадей этих КА приведены на рис. 2.

Площадь КА 2 на рис. 2 почти равна площади 3, что показывает равное её уменьшение у женщин до 35 лет в условиях действия ЭМП и женщин старше 35 лет, на рабочем месте которых отсутствуют источники ЭМП.

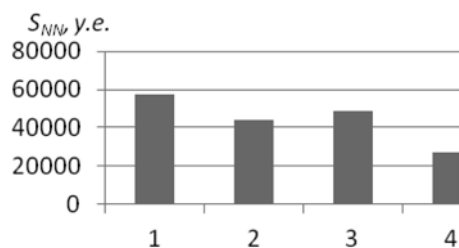


Рис. 2. Значения медиан площадей квазиаттракторов $\bar{S}_{NN}$ кардиоинтервалов для обследованных 1–4 групп: 1 – женщины до 35 лет под воздействием источников ЭМП, 2 – женщины после 35 лет без такового, 3 – женщины до 35 лет под воздействием источников ЭМП, 4 – женщины после 35 лет без такового

Обсуждение результатов

Из табл. 2 и рис. 1 видно, что площадь КА в пятимерном ФПС возрастает при действии ЭМП. Переход в старшую возрастную группу (без действия ЭМП) привел почти к трехкратному увеличению S для КИ в пятимерном ФПС (с $9,2 \cdot 10^6$ до $26 \cdot 10^6$ у. е.). Однако ЭМП является более сильным фактором, чем возраст: у женщин младше 35 лет показатель $S = 58,8 \cdot 10^6$ у. е., что почти в 6 раз больше S такой же группы (до 35 лет), но без воздействия ЭМП. Ещё более разительные результаты мы имели в двухмерном ФПС для одних только КИ, что представлено на рис. 2. Здесь значения площадей КА женщин старшей возрастной группы, на рабочем месте которых нет воздействия ЭМП, были сходны с аналогичными показателями молодых женщин с действием ЭМП. Очевидно, что ЭМП является в этом случае стресс-агентом, который вызывает изменение возрастных параметров для КИ. Это весьма настораживающий факт для работающих в условиях северного производства [1, 9, 15].

Хорошо известно, что в роли индикатора состояния целостного организма выступают именно функциональные показатели деятельности ССС [1, 5, 16, 18]. Согласно данным Р. М. Баевского, математический анализ ритма сердца – наиболее простой и доступный метод, выявляющий нарушения, свидетельствующие о вегетативном дисбалансе, и позволяющий осуществлять непрерывный динамический контроль [2, 16].

Общая динамика параметров КА показывает уменьшение площадей с возрастом, что соответствует нормальному старению. Однако у женщин, подвергающихся действию ЭМП, уже в молодом возрасте почти такой же показатель площади КА, что и у женщин старшего возраста без влияния ЭМП (56 668 у. е. у обследуемых старше 35 лет без воздействия ЭМП и 61 824 у. е. – у обследуемых до 35 лет с ЭМП). С возрастом площадь КА у женщин, подвергающихся воздействию ЭМП на рабочем месте, более чем двукратно уменьшается (61 824 у. е. до 35 лет и 29 928 у. е. после 35 лет), что уже можно характеризовать с позиции теории хаоса – самоорганизации как эволюцию организма [12].

Список литературы

1. Агаджанян Н. А., Ермакова Н. В. Экологический

портрет человека на Севере. М.: КРЭК, 1997. 208 с.

2. Баевский Р. М., Берсенева А. П. Введение в донозологическую диагностику. М.: Слово, 2008. 174 с.

3. 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.

4. Гараева Г. Р., Еськов В. М., Еськов В. В., Гудков А. Б., Филатова О. Е., Химинова О. И. Хаотическая динамика кардиоинтервалов трёх возрастных групп представителей коренного населения Югры // Экология человека. 2015. № 9. С. 50–55.

5. Гудков А. Б., Теддер Ю. Р., Дёгтева Г. Н. Некоторые особенности физиологических реакций организма рабочих при экспедиционно-вахтовом методе организации труда в Заполярье // Физиология человека. 1996. Т. 22, № 4. С. 137–142.

6. Гудков А. Б., Попова О. Н., Никанов А. Н. Адаптивные реакции внешнего дыхания у работающих в условиях Европейского Севера // Медицина труда и промышленная экология. 2010. № 4. С. 24–27.

7. Еськов В. М., Еськов В. В., Брагинский М. А., Пашнин А. С. Определение степени синергизма кардиореспираторной системы человека в условиях физических воздействий // Измерительная техника. 2011. Т. 11, № 7. С. 61–65.

8. Еськов В. М., Гавриленко Т. В., Вохмина Ю. В., Зимин М. И., Филатов М. А. Измерение хаотической динамики двух видов теппинга как произвольных движений // Метрология. 2014. № 6. С. 28–35.

9. Еськов В. М., Еськов В. В., Гавриленко Т. В., Вохмина Ю. В. Кинематика биосистем как эволюция: стационарные режимы и скорость движения сложных систем – complexity // Вестник Московского Университета. Серия 3. Физика. Астрономия. 2015. № 2. С. 62–73.

10. Еськов В. М., Филатова О. Е. Проблема идентичности функциональных состояний нейросетевых систем // Биофизика. 2003. № 3. С. 526–534.

11. Еськов В. М., Филатова О. Е., Проворова О. В., Химинова О. И. Нейроэмуляторы при идентификации параметров порядка в экологии человека // Экология человека. 2015. № 5. С. 57–60.

12. Карпин В. А., Кострюкова Н. К., Гудков А. Б. Радиационное воздействие на человека радона и его дочерних продуктов распада // Гигиена и санитария. 2005. № 4. С. 13–17.

13. Кострюкова Н. К., Карпин В. А., Гудков А. Б. Смертность населения, проживающего в местах локальных разломов земной коры // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2005. № 4. С. 17–19.

14. Мироновская А. В., Бузинов Р. В., Гудков А. Б. Прогнозная оценка неотложной сердечно-сосудистой патологии у населения северной урбанизированной территории // Здравоохранение Российской Федерации. 2011. № 5. С. 66–67.

15. Никитин Ю. П., Хаснуллин В. И., Гудков А. Б. Современные проблемы северной медицины и усилия учёных по их решению // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Медико-биологические науки. 2014. № 3. С. 63–72.

16. Tank J., Baevsky R. M., Weck M. Hemodynamic regulation during postural tilt: Assessed by heart rate and blood-pressure variability combined with impedance cardiography // Wien. Med. Wschr. 1995. Vol. 145. P. 616–625.

17. Unguryanu T., Novikov S., Buzinov R., Gudkov A., Grijibovski A. Respiratory diseases in a town with heavy pulp

and paper industry // *Epidemiologia and prevenzione*. 2010. Vol. 34, iss. 5–6. P. 138.

References

1. Agadzhanjan N. A., Ermakova N. V. *Ekologicheskii portret cheloveka na Severe* [Environmental portrait of a man in the North]. Moscow, 1997, 208 p.
2. Baevskii R. M., Berseneva A. P. *Vvedenie v donozologicheskuyu diagnostiku* [Introduction to the preclinical diagnosis]. Moscow, 2008, 174 p.
3. Vohmina Yu. V., Eskov V. M., Gavrilenko T. V., Filatova O. E. Measuring order parameters based on neural network technologies. *Metrologiya* [Measurement Techniques]. 2015, 4, pp. 65-68. [in Russian]
4. Garaeva G. R., Eskov V. M., Eskov V. V., Gudkov A. B., Filatova O. E., Himikova O. I. Chaotic dynamics of cardiointervals in three age groups of indigenous people of Ugra. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2015, 9, pp. 50-55. [in Russian]
5. Gudkov A. B., Tedder Yu. R., Degteva G. N. Some Features of Physiological Responses in Expedition and Rotational Workers in the Arctic. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology]. 1996, 22 (4), pp. 137-142. [in Russian]
6. Gudkov A. B., Popova O. N., Nikanov A. N. Adaptive reactions of external respiration in persons working in European North conditions. *Medicina труда I promyshlennaya ekologiya* [Occupational Medicine and Industrial Ecology]. 2010, 4, pp. 24-27. [in Russian]
7. Eskov V. M., Eskov V. V., Braginskiy M. A., Pashnin A. S. Determination of the degree of synergism of the human cardiorespiratory system under conditions of physical effort. *Metrologiya* [Measurement Techniques]. 2011, 11 (7), pp. 61-65. [in Russian]
8. Eskov V. M., Gavrilenko T. V., Vohmina Yu. V., Zimin M. I., Filatov M. A. Measurement of chaotic dynamics for two types of tapping as voluntary movements. *Metrologiya* [Measurement Techniques]. 2014, 6, pp. 28-35. [in Russian]
9. Eskov V. M., Eskov V. V., Gavrilenko T. V., Vohmina Yu. V. Biosystem kinematics as evolution: stationary modes and movement speed of complex systems: complexity. *Vestnik moskovskogo universiteta. Seriya 3. Fizika. Astronomiya* [Bulletin of Moscow University. Serie 3. Physics, Astronomy]. 2015, 2, pp. 62-73. [in Russian]
10. Eskov V. M., Filatova O. E. Problem of identity of functional states in neuronal networks. *Biofizika* [Biophysics]. 2003, 3, pp. 526-534. [in Russian]
11. Eskov V. M., Filatova O. E., Provorova O. V., Himikova O. I. Neural emulators in identification of order parameters in human ecology. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2015, 5, pp. 57-60. [in Russian]
12. Karpin V. A., Kostyukova N. K., Gudkov A. B. Human radiation action of radon and its daughter disintegration products. *Gigiena i sanitariya* [Hygiene and Sanitation]. 2005, 4, pp. 13-17. [in Russian]
13. Kostyukova N. K., Karpin V. A., Gudkov A. B. Mortality of population living in areas of local Earth's crust ruptures. *Problemy sotsial'noi gigieny, zdravookhraneniya i istorii meditsiny* [Problems of Social Hygiene, Health and Medical History]. 2005, 4, pp. 17-19. [in Russian]
14. Mironovskaya A. V., Buzinov R. V., Gudkov A. B. Prognostic evaluation of urgent cardiovascular disease in the population of a northern urbanized area. *Zdravookhranenie Rossiiskoi Federatsii* [Public Health of the Russian Federation]. 2011, 5, pp. 66-67. [in Russian]
15. Nikitin Yu. P., Khasnulin V. I., Gudkov A. B. Contemporary problems of Northern medicine and researchers' efforts to solve them. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta. Seriya: Mediko-biologicheskie nauki* [Vestnik of Northern (Arctic) Federal University. Series: Medical and Biological Sciences]. 2014, 3, pp. 63-72. [in Russian]
16. Tank J., Baevsky R. M., Weck M. Hemodynamic regulation during postural tilt: Assessed by heart rate and blood-pressure variability combined with impedance cardiography. *Wien. Med. Wschr.* 1995, 145, pp. 616-625.
17. Unguryanu T., Novikov S., Buzinov R., Gudkov A., Grjibovski A. Respiratory diseases in a town with heavy pulp and paper industry. *Epidemiologia and prevenzione*. 2010, 34, 5-6, pp. 138.

Контактная информация:

Болтаев Артём Владимирович — аспирант кафедры биофизики и нейрокибернетики Института естественных и технических наук БУ ВО «Сургутский государственный университет Ханты-Мансийского автономного округа — Югры»
 Адрес: 628405, Тюменская область, Ханты-Мансийский автономный округ — Югра, г. Сургут, пр. Ленина, д. 1
 E-mail: che-star@yandex.ru