

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ EXPERIMENTAL RESEARCHES

DOI: 10.29413/ABS.2018-3.5.18

УДК 57:550.386.6

Баженов А.А.^{1,2}, Прикоп М.В.^{1,2}, Аверина А.С.¹, Суховская В.В.³, Ухова А.В.¹

Отклик биологических систем на геомагнитные возмущения *

¹ ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет»
(664011, г. Иркутск, ул. Нижняя Набережная, 6, Россия)

² ООО «Аксиум»
(664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 289, Россия)

³ Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования – филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России
(664049, г. Иркутск, Юбилейный, 100, Россия)

К настоящему моменту накоплен огромный массив данных, свидетельствующий о влиянии слабых магнитных полей, связанных с солнечной и геомагнитной активностью, на биологические системы разного уровня. Известно, что геомагнитные возмущения наряду с параметрами земной погоды (температура окружающей среды, влажность воздуха, атмосферное давление и т.п.) оказывают воздействие на физиологические показатели организма человека, развитие сердечно-сосудистых патологий, нервных и психических заболеваний. В то же время механизмы воздействия, с помощью которых геомагнитные поля влияют на биологические системы, в том числе человека, остаются не ясны. Одним из подходов, позволяющим сузить поиск механизмов, условий максимальной биотропности геомагнитных возмущений, может служить сравнительное исследование динамики разных биологических показателей, проявляющих чувствительность к влиянию геомагнитных полей. При этом усиление исследований будет являться дополнительным включением в анализ характеристик (показывающих чувствительность к геомагнитным полям) биообъектов, которые находятся в контролируемых лабораторных условиях. В рамках данного подхода, на предмет связи с вариациями магнитного поля Земли нами были исследованы: динамика количества выездов скорой медицинской помощи в г. Иркутске по диагнозам острый инфаркт миокарда, инфаркт мозга; количество спонтанной родовой деятельности. В качестве показателя, полученного в контролируемых условиях, бралась динамика двигательной активности лабораторных популяций *Drosophila melanogaster*. Результаты исследований подтвердили чувствительность выбранных характеристик к геомагнитным возмущениям. Кроме того, были обнаружены различия в количестве выездов скорой помощи и проявлении активности групп особей плодовой мушки во время магнитных бурь в зависимости от пола.

Ключевые слова: геомагнитные возмущения, биологические системы, механизм воздействия, скорая медицинская помощь, пол

Для цитирования: Баженов А.А., Прикоп М.В., Аверина А.С., Суховская В.В., Ухова А.В. Отклик биологических систем на геомагнитные возмущения. Acta biomedica scientifica, 3 (5), 126-131, DOI 10.29413/ABS.2018-3.5.18.

Response of Biological Systems to Geomagnetic Storms

Bazhenov A.A.^{1,2}, Prikop M.V.^{1,2}, Averina A.S.¹, Sukhovskaya V.V.³, Ukhova A.V.²

¹ Irkutsk State University
(ul. Nizhnyaya Naberezhnaya 6, Irkutsk 664011, Russian Federation)

² ООО Aksium
(ul. Lermontova 289, Irkutsk 664033, Russian Federation)

³ Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education –
Branch Campus of the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education
(Yubileyniy 100, Irkutsk 664049, Russian Federation)

At present, influence of weak magnetic fields associated with solar and geomagnetic activity on biological systems is gaining more interest. Taking into account the accumulated data on the influence of geomagnetic storms on different biological levels, it is obvious that the mechanism of influence is universal. One of the approaches in this search may be the study of patterns and differences in the response to geomagnetic storms of various biological objects. As a research material served: data on the number of ambulance calls in the city of Irkutsk for acute myocardial infarction, cerebral infarction; results of retrospective analysis of the number of spontaneous parturition of the city of Irkutsk; data on the motion activity of fruit fly *Drosophyla melanogaster*, obtained by automated monitoring. The investigated indicators

* Статья опубликована на основании доклада на III Всероссийской научно-практической конференции молодых учёных «Фундаментальные и прикладные аспекты в медицине и биологии» (Иркутск, октябрь, 2018).

were compared with the parameters of geomagnetic activity at different time scales. As indicators of geomagnetic storms, three-hour (*ap*) and daily (*Ap*) equal to the average amplitude of variation of the geomagnetic field of the Earth. In the case of comparing the motion activity of fruit flies with magnetic storms, the local companions of the Earth's magnetic field were additionally considered according to the data of the Irkutsk magnetic observatory. As a result of the conducted studies it was established that the detected response of biological systems depends on the characteristics of the state of the Earth's magnetic field, which falls on the period of passage of magnetic storms. The obtained data also indicate possible gender differences in the response to the effects of the geomagnetic factor by organisms of different levels.

Key words: geomagnetic disturbances, biological systems, impact mechanism, emergency medical care

For citation: Bazhenov A.A., Prikop M.V., Averina A.S., Sukhovskaya V.V., Ukhova A.V. Response of Biological Systems to Geomagnetic Storms. Acta biomedica scientifica, 3 (5), 126-131, DOI 10.29413/ABS.2018-3.5.18.

На биологические системы действует множество экзогенных факторов: атмосферное давление, температура, влажность воздуха, социальные факторы, условия существования и ряд других экологических показателей. Одно из важных мест среди них занимают геомагнитные возмущения, связанные с активностью Солнца.

Влияние геомагнитных возмущений, относящихся к слабым воздействиям, прослеживается на разных биологических системах [3], в том числе человеке. Известны факты о связи заболеваний и функционального состояния некоторых показателей сердечно-сосудистой системы, нервных и психических заболеваний с геомагнитными возмущениями [2, 11, 14, 17, 20]. В последнее время всё больше встречается работ, указывающих на возможную зависимость неблагоприятного состояния плода у беременных женщин или патологии при рождении [7, 13] с гелиогеофизическими параметрами.

Таким образом, можно утверждать, что к настоящему моменту накоплен огромный массив информации, свидетельствующий о влиянии вариаций магнитного поля Земли на биологические системы и здоровье человека. Однако недостаточная изученность и дискуссионность многих вопросов, касающихся воздействия возмущений магнитного поля Земли, начиная от неопределённости механизмов и мишени воздействия, до проблемы воспроизводимости результатов, требует проведения дополнительных исследований. При этом акцент последних смещается от накопления доказательств геомагнитного влияния к поиску механизмов их воздействия [15, 19]. Важным этапом могут явиться уточняющие исследования, в частности, изучение таких влияний в зависимости от условий среды обитания, географической широты [8, 9, 12], состояния самой биологической системы и т.д.; а также изучение различий и общих закономерностей адаптационной ответной реакции для систем разного уровня, разной таксономической принадлежности.

В рамках данных направлений одним из подходов изучения связи показателей человеческого организма с вариациями геомагнитной активности является использование биологических объектов, которые характеризуются простотой и доступностью для проведения магнитобиологических экспериментов и наблюдений. К таким биообъектам относится плодовая мушка *Drosophila melanogaster*, не только отличающаяся чувствительностью к магнитным полям [18, 21, 22], но и не раз зарекомендовавшая себя в медико-биологических исследованиях [16, 23, 24].

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Поиск возможных закономерностей (различий) в ответной реакции биологических систем различного уровня (поведенческая активность *Drosophila melanogaster*, приступы острого инфаркта миокарда (ОИМ) и инфаркта мозга у пациентов, наступление спонтанной родовой деятельности) на геомагнитные возмущения в условиях проявления наибольшей биотропности магнитных бурь.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалами для исследования послужили:

а) ежедневные данные количества вызовов скорой помощи в г. Иркутске по диагнозам острый инфаркт миокарда и инфаркт мозга за период с 1.01.2007 г. по 31.12.2010 г. Всего был проанализирован 1461 день, 2729 случаев острого инфаркта миокарда и 9906 случаев инфаркта мозга. В качестве дополнительных параметров рассматривался пол и возраст обратившихся пациентов.

б) результаты ретроспективного анализа количества спонтанных родов в Областном перинатальном центре ГБУЗ Иркутской области «Знак почёта» областной клинической больницы (ОПЦ ГБУЗ «ИОКБ») за период с 1 января по 31 мая 2013 г.

в) динамика двигательной активности лабораторной популяции *Drosophila melanogaster*, полученная по результатам автоматизированного мониторинга за двигательной активностью лабораторной популяции *Drosophila melanogaster* в г. Иркутске, проходящем при круглосуточном освещении с поддержанием постоянной температуры +25 °C [5].

В работе соблюдали этические принципы, предьявляемые Хельсинкской Декларацией Всемирной медицинской ассоциации (World Medical Association Declaration of Helsinki (1964, 2013 ред.)).

В качестве показателя геомагнитной активности использовался трёхчасовой (*ap*) и суточный (*Ap*) индекс, равный средней амплитуде вариации геомагнитного поля по земному шару. Дополнительно при рассмотрении геомагнитных бурь с учётом имеющихся минутных значений двигательной активности плодовых мушек использовались аналогичные по временному разрешению значения горизонтальной (*H*) и вертикальной (*Z*) компонент вектора геомагнитного поля по данным Иркутской магнитной обсерватории ИСЗФ РАН (IRT 52°17' с. ш. 104°45' в. д.).

Сведения об уровне геомагнитной активности были получены из базы Центра прогнозирования космической погоды при Национальном управлении

по исследованию океанов и атмосферы США (NOAA, <http://www.ngdc.noaa.gov>), о компонентах вектора геомагнитного поля – из мировой сети обсерваторий, осуществляющих мониторинг магнитного поля Земли (INTERMAGNET, <http://www.intermagnet.org>).

Отметим, что кроме параметров магнитного поля Земли учитывались метеорологические показатели.

Статистический анализ проводился с помощью пакета программ STATISTICA 6.0 и STATGRAPHICS Plus. Для поиска взаимосвязи между исследуемыми временными рядами использовался корреляционный и кросскорреляционный анализы. Для сравнения средних значений выборок использовался t-критерий Стьюдента. В случае данных, распределение которых отличалось от нормального, статистическую значимость различий между показателями определяли по U-критерию Манна – Уитни. Проверка на нормальность распределения осуществлялась с помощью критерия Колмогорова – Смирнова.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные результаты корреляционного анализа показали наличие достоверной положительной корреляционной связи для количества выездов скорой помощи по исследуемым диагнозам с Ар индексом. В случае обращения пациентов с ОИМ коэффициент корреляции равен 0,07 ($p < 0,01$). В случае обращения пациентов с инфарктом мозга коэффициент составил 0,12 ($p < 0,001$). Необходимо отметить что, несмотря на достоверность, низкие значения коэффициентов корреляции указывают на слабость связи между количеством выездов скорой помощи и вариацией геомагнитного поля. Причиной этому может служить большая протяжённость изучаемых временных рядов, что, несомненно, повышает статистическую значимость оценок доверительных интервалов, однако с учётом сложности биологических процессов, усиления вероятности проявления на больших промежутках времени влияния других факторов и т.д. снижает значение коэффициента корреляции исследуемых параметров, его практическую значимость.

Одним из возможных способов преодоления данной трудности является разделение «основных временных рядов» на ряды с более коротким временным промежутком и их дальнейшее изучение (с обязательным учётом результатов корреляционного анализа для «основных рядов»). Такой подход использовался в предыдущих работах авторов [1] при первоначальном изучении динамики количества выездов скорой помощи по диагнозам ОИМ и инфаркт мозга в г. Иркутске. Результаты этого изучения показали, что основной массив коэффициентов корреляции оставался в пределах значений, характеризующих слабую связь. Вероятной причиной (наряду с перечисленными выше для «основных рядов») могла явиться нелинейность связи между количеством выездов скорой помощи и геомагнитной активностью, ограничивающая (совместно с причинами для «основных рядов») применение классического корреляционного метода в дальнейшей детализации условий чувствительности биологических систем к влиянию геомагнитного фактора и поиску его механизмов. Поэтому в настоящей работе были использованы дополнительные к корреляционному методы анализа данных. Один из которых заключался в распределении количества выездов скорой помощи в зависимости от состояния магнитного поля Земли. Данный метод показал, что число выездов скорой помощи к пациентам во время геомагнитных бурь ($ar \geq 39$) по сравнению со спокойным состоянием геомагнитного поля ($ar < 22$) возрастало: для ОИМ – на 14,69 %, для инфаркта мозга – на 7,79 %. Однако в последнем случае различия не были достоверны.

Возрастание количества выездов скорой помощи по диагнозу ОИМ во время геомагнитных бурь происходило за счёт увеличения числа инфарктов у мужчин (рис. 1). Так, количество выездов скорой помощи к мужчинам во время геомагнитных бурь увеличивалось на 24,49 % по сравнению со спокойным состоянием магнитосферы. Для женщин показатели выездов скорой помощи во время прохождения магнитных бурь и спокойным состоянием практически

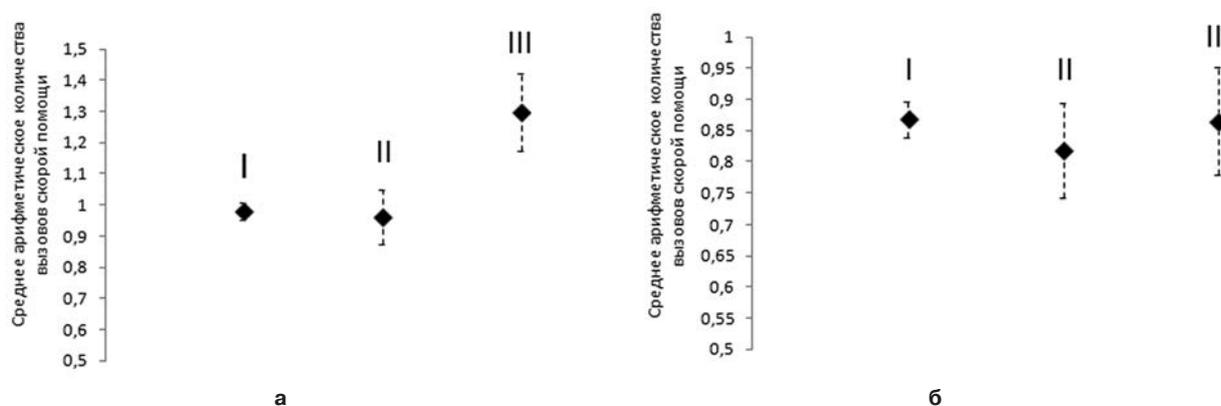


Рис. 1. Среднее значение количества вызовов скорой помощи, связанных с острым инфарктом миокарда, в зависимости от возмущения геомагнитного поля: **а** – мужчины; **б** – женщины; I – спокойное состояние геомагнитного поля ($ar < 22$); II – возмущённое состояние ($22 < ar < 39$); III – магнитная буря ($ar \geq 39$).

Fig. 1. The average value of the number of ambulance calls associated with acute myocardial infarction, depending on the geomagnetic field perturbation: **а** – men; **б** – women; I – quiet state of the geomagnetic field ($ar < 22$); II – disturbed state ($22 < ar < 39$); III – magnetic storm ($ar \geq 39$).

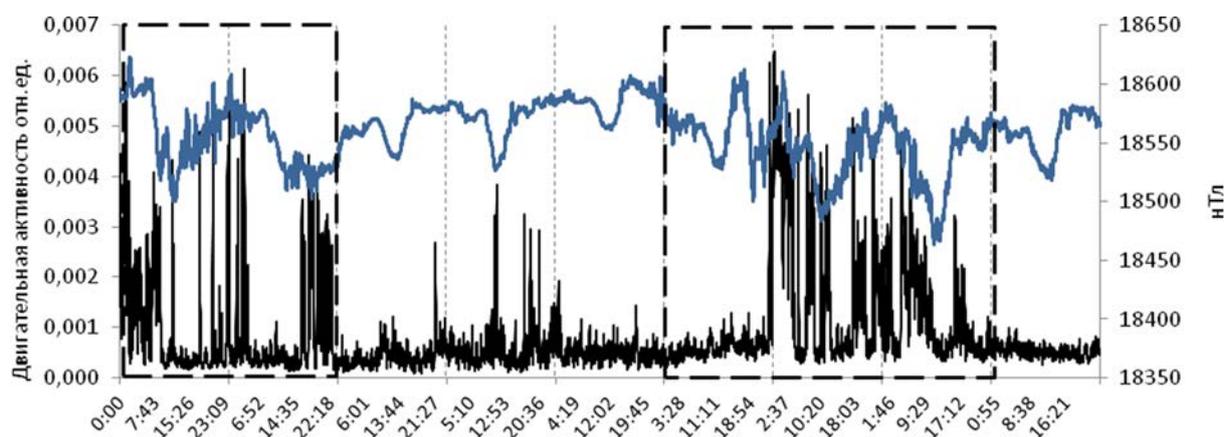


Рис. 2. Динамика двигательной активности плодовых мушек и значений горизонтальной (H) компоненты вектора геомагнитного поля по данным Иркутской магнитной обсерватории за период с 10.04.2015 г. по 18.04.2015 г. включительно. I – горизонтальная компонента ГМП; II – двигательная активность. Жирной пунктирной линией выделены участки возмущённого состояния геомагнитного поля, магнитных бурь.

Fig. 2. Dynamics of the motion activity of fruit flies and the values of the horizontal (H) component of the geomagnetic field vector from the data of the Irkutsk Magnetic Observatory for the period from 10.04.2015 to 18.04.2015. I – horizontal component of GMF; II – motion activity. Bold black dashed line identifies areas of the geomagnetic storms.

не менялись. Очевидно такие различия связаны с особенностями протекания и симптоматикой [4, 6] инфаркта миокарда у мужчин и женщин.

В случае с показателями родовой деятельности, несмотря на отмеченную связь количества спонтанных срочных родов с геомагнитной активностью, по данным кросскорреляционного анализа, пик кросскорреляционной кривой ($r = 0,43, p < 0,05$) приходится на 3-й день после бури (лаг +3)), говорить о её зависимости от состояния магнитного поля в связи с малой величиной анализируемого периода преждевременно.

Результаты исследования динамики поведения *Drosophila melanogaster* на предмет возможного влияния геомагнитного фактора показали наличие связи между параметрами вариаций магнитного поля Земли и активностью изучаемых биообъектов, проявление которой, как и в случае с показателями медицинской статистики, зависит от уровня геомагнитной возмущённости. Так, при сравнении общих рядов активности мушек с Ар индексом, достоверной корреляционной связи обнаружено не было. Однако рассмотрение каждого опыта в отдельности с более высоким временным разрешением позволило выявить отклик особей *Drosophila melanogaster* на геомагнитные возмущения, подтверждённый наличием достоверных коэффициентов корреляции ($p < 0,05$), приходящихся на опыты, во время проведения которых были зарегистрированы геомагнитные бури. При этом дополнительный анализ временных рядов двигательной активности в минутном временном масштабе позволил обнаружить в динамике поведения плодовых мушек резкое скачкообразное повышение уровня их активности (рис. 2), появление которого совпадало с периодом регистрации магнитных бурь [10]. Важно отметить, что такое поведение было присуще в основном для групп самцов, нежели групп самок.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в результате проведённых исследований установлено, что обнаруженный отклик

биологических систем зависит от характеристики состояния магнитного поля Земли, приходясь на период прохождения магнитных бурь. Кроме того, полученные данные свидетельствуют о возможных гендерных различиях при ответной реакции на воздействия геомагнитного фактора организмами разного уровня. Необходимо отметить, что имеется большое количество публикаций по влиянию геомагнитных возмущений на различные виды организмов, указывающих на обязательный учёт физиологических различий разных групп, при этом большинство из авторов акцентируются на возрастной структуре [6, 11]. Однако установленный факт обращает внимание на необходимость исследования физиологических, поведенческих и других особенностей, характеризующих особей разного пола, при изучении влияния геомагнитного воздействия на биологические системы.

Авторы выражают благодарность д.б.н. Е.В. Осиповой за помощь и ценные советы при анализе материалов и оформлении статьи.

Авторы признательны за содействие Иркутской городской станции скорой медицинской помощи в лице главврача А.В. Манькова и заместителя по организационно-методической работе А.Д. Макарова в получении материалов по количеству выездов скорой медицинской помощи.

ЛИТЕРАТУРА REFERENCES

1. Баженов А.А., Аверина А.С., Прикоп М.В. Влияние гелиогеофизических факторов на здоровье человека // Acta biomedica scientifica. – 2014. – № 6 (100). – С. 125–129.
2. Bazhenov AA, Averina AS, Prikop MV. (2014). Influence of heliogeophysical factors on human health [Vliyaniye geliogeofizicheskikh faktorov na zdorov'e cheloveka]. Acta biomedica scientifica, (6), 125-129.
3. Варакин Ю.Я., Ионова В.Г., Горностаева Г.В., Сазанова Е.А. Влияние гелиогеофизических возмущений

на гемореологические параметры у здоровых людей // Земский врач. – 2011. – № 2. – С. 21–24.

Varakin YuYa, Ionova VG, Gornostaeva GV, Sazanova EA. (2011). Impact of heliogeophysical disturbances on haemorheological parameters in healthy people [Vliyanie geliogeofizicheskikh vozmushcheniy na gemoreologicheskie parametry u zdorovykh lyudey]. *Zemskiy vrach*, (2), 21–24.

3. Владимирский Б.М., Темурьянц Н.Л. Влияние солнечной активности на биосферу – ноосферу // Гелиобиология от А.Л. Чижевского до наших дней. – 2000. – С. 374.

Vladimirsky BM, Temur'yants NL. (2000). Influence of solar activity on the biosphere – noosphere [Vliyanie solnechnoy aktivnosti na biosferu – noosferu]. *Geliobiologiya ot A.L. Chizhevskogo do nashikh dnei*, 374.

4. Гарганеева А.А., Округин С.А., Зяблов Ю.И., Паршин Д.А. Острый инфаркт миокарда: гендерные особенности возникновения и течения в популяции средне урбанизированного города Западной Сибири // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2012. – № 11 (3). – С. 12–15.

Garganeeva AA, Okrugin SA, Zyablov YuI, Parshin DA. (2012). Acute myocardial infarction: gender specifics of development and clinical course in an urban Western Siberian [Ostryi infarkt miokarda: gendernye osobennosti vozniknoveniya i techeniya v populyatsii sredne urbanizirovannogo goroda Zapadnoy Sibiri]. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika*, (11), 12–15.

5. Кравченко К.Л., Баженов А.А., Воронов В.А., Прикоп М.В. Анализ двигательной активности лабораторной популяции *Drosophila melanogaster* и её связь с параметрами космической погоды // Космос и биосфера: Тез. докл. X междунар. крымской конф. – 2013. – С. 88–89.

Kravchenko KL, Bazhenov AA, Voronov VA, Prikop MV. (2013). *Drosophila melanogaster* laboratory population motion activity analysis and its connection which the space weather parameters [Analiz dvigatel'noy aktivnosti laboratornoy populyatsii Drosophila Melanogaster i ee svyaz s parametrami komicheskoy pogody]. *Kosmos i biosfera: Tezisy dokladov X Mezhdunarodnoy krymskoy konferentsii*, 88–89.

6. Курочкина О.Н., Спаский А.А., Хохлов А.Л. Течение инфаркта миокарда с позиции гендерных различий: результаты ретроспективного исследования // Проблемы женского здоровья. – 2012. – № 3. – С. 18–23.

Kurochkina ON, Spasskiy AA, Khokhlov AL. (2012). The course of myocardial infarction from the position of gender differences: the results of a retrospective study [Techenie infarkta miokarda s pozitsii gendernykh razlichiy: rezul'taty retrospektivnogo issledovaniya]. *Problemy zhenskogo zdorov'ya*, (3), 18–23.

7. Моисеева Н.И. Космофизические флуктуации и развитие человеческого эмбриона // Биофизика. – 1992. – Т. 37, № 4. – С. 700–704.

Moiseeva NI. (1992). Cosmophysical fluctuations and development of the human embryo [Kosmofizicheskie fluktuatsii i razvitie chelovecheskogo embriona]. *Biofizika*, 37 (4), 700–704.

8. Плисс М.Г., Кузьменко Н.В., Цырлин В.А. Влияние географической широты на количество

госпитализаций по поводу сердечно-сосудистых заболеваний в годы с низкой и высокой геомагнитной активностью // Трансляционная медицина. – 2017. – № 4 (6). – С. 13–21.

Pliss MG, Kuzmenko NV, Cyrilin VA. (2017). The influence of geographical latitude on the number of hospitalizations for cardiovascular disease in years with low and high geomagnetic activity [Vliyanie geograficheskoy shirotы na kolichestvo gosospitalizatsiy po povodu serdechno-sosudistyx zabolevaniy v gody s nizkoy i vysokoy geomagnitnoy aktivnost'yu]. *Translyatsionnaya meditsina*, 4 (6), 13–21.

9. Попова Е.А., Андропова С.В., Попов А.И. Изменение физиологических показателей жителей крайнего севера под влиянием астрономических возмущений // Вестник Челябинского государственного университета. – 2014. – № 13. – С. 342.

Popova EA, Andronova SV, Popov AI. (2014). Change in physiological parameters of the inhabitants of the Far North under the influence of astronomical perturbations [Izmenenie fiziologicheskikh pokazateley zhiteley kraynego severa pod vliyaniem astronomicheskikh vozmushcheniy]. *Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo universiteta*, (13), 342.

10. Прикоп М.В. Баженов А.А. Всплески двигательной активности лабораторных групп особей *Drosophila melanogaster* и геомагнитные возмущения // Биология 21 век: Матер. 21-й междунар. Пушчинской школы-конф. молодых учёных. – 2017. – С. 71

Prikop MV, Bazhenov AA. (2017). Fluctuation of level of motion activity of laboratory groups *Drosophila melanogaster* and geomagnetic storms [Vspleski dvigatel'noy aktivnosti laboratornykh grupp osobey Drosophila melanogaster i geomagnitnye vozmushcheniya]. *Biologiya 21 vek: Materialy 21-y Mezhdunarodnoy Pushchinskoy shkoly-konferentsii molodykh uchenykh*, 71.

11. Степанова Т.Ю., Николаева А.В., Курмаев Д.П. Влияние геомагнитных возмущений на агрегационную функцию тромбоцитов у лиц пожилого и старческого возраста, страдающих ИБС // Клинические и фундаментальные аспекты геронтологии. – 2015. – С. 330–335.

Stepanova TYu, Nikolaeva AV, Kurmaev DP. (2015). Influence of geomagnetic disturbances on aggregation function of platelets in elderly and old people with CHD [Vliyanie geomagnitnykh vozmushcheniy na aggregatsionnyuyu funktsiyu trombotsitov u lits pozhilogo i starcheskogo vozrasta, stradayushchikh IBS]. *Klinicheskie i fundamental'nye aspekty gerontologii*, 330–335.

12. Шадрин Л.П., Самсонов С.Н., Манькина В.И. Различия в изменениях кардиограмм жителей арктической и среднеширотной зон во время геомагнитных бурь // MEDICUS. – 2017. – № 4 (16). – С. 24–27.

Shadrina LP, Samsonov SN, Manykina VI. (2017). The differences in cardiogram changes in the inhabitants of arctic and mid-latitude zones during geomagnetic storms [Razlichiya v izmeneniyakh kardiogramm zhiteley arkticheskoy i sredneshirotnoy zon vo vremya geomagnitnykh bur']. *MEDICUS*, 4 (16), 24–27.

13. Шумилов О.И., Касаткина Е.А., Еникеев А.В., Храмов А.А. Исследование воздействия геомагнитных возмущений в высоких широтах на внутриутробное

состояние плода методом кардиотокографии // Биофизика. – 2003. – Т. 48, № 2. – С. 374–379.

Shumilov OI, Kasatkina EA, Enikeev AV, Khramov AA. (2003). Investigation of the effect of geomagnetic disturbances in high latitudes on the intrauterine state of the fetus using the method of cardiocography [Issledovanie vozdeystviya geomagnitnykh vozmushcheniy v vysokikh shirotakh na vnutriutrobnoe sostoyanie ploda metodom kardiocografii]. *Biofizika*, 48 (2), 374-379.

14. Azcarate T, Mendoza B, Levi JR. (2016). Influence of geomagnetic activity and atmospheric pressure on human arterial pressure during the solar cycle 24. *Adv Space Res*, 58 (10), 2116-2125.

15. Breus TK, Binhi VN, Petrukovich AA. (2016). Magnetic factor of the solar terrestrial relations and its impact on the human body: physical problems and prospects for research. *Physics-Uspeski*, (59), 502-510. DOI: 10.3367/UFNe.2015.12.037693

16. Conn PM (ed.). (2008). Sourcebook of models for biomedical research. Totowa, NJ, 778 p.

17. Halberg F, Cornélissen G, Otsuka K, Watanabe Y, Katinas GS, Burioka N, Delyukov A, Gorgo Y, Zhao Z, Weydahl A, Sothorn RB, Siegelova J, Fiser B, Dusek J, Syutkina EV, Perfetto F, Tarquini R, Singh RB, Rhees B, Lofstrom D, Lofstrom P, Johnson PW, Schwartzkopff O, the International BIOCOS Study Group. (2000). Cross-spectrally coherent ~10,5- and 21-year biological and physical, magnetic storms and myocardial infarctions. *Neuro Endocrinology Letters*, 21 (3), 233-258.

18. Geegar R, Casselman A, Waddell S, Reppert S. (2008). Cryptochrome mediates light-dependent magnetosensitivity in *Drosophila*. *Nature*, 454 (7207), 1014-1019. DOI: 10.1038/nature07183

19. Krylov VV. (2017). Biological effects related to geomagnetic activity and possible mechanisms. *Bioelectromagnetics*, (38), 497-510. DOI: 10.1002/bem.22062

20. McCraty R, Atkinson M, Stolc V, Alabdulgoder A, Vainoras A, Ragulskis M. (2017). Synchronization of human autonomic nervous system rhythms with geomagnetic activity in human subjects. *Int J Environ Res Public Health*, 14 (7), 770. DOI: 10.3390/ijerph14070770

21. Painter MS, Dommer DH, Altizer WW, Muheim R, Phillips JB. (2013). Spontaneous magnetic orientation in larval *Drosophila* shares properties with learned magnetic compass responses in adult flies and mice. *J Exp Biol*, 216 (97), 1307-1316. DOI: 10.1242/jeb.077404

22. Phillips JB, Sayeed O. (1992). Wavelength-dependent effects of light on magnetic compass in *Drosophila*. *J Comp Physiol A Neuroethol Sens Neural Behav Physiol*, (172), 303-308.

23. Ugur B, Chen K, Bellen HJ. (2016). *Drosophila* tools and assays for the study of human diseases. *Disease Models & Mechanisms*, (9), 235-244. DOI: 10.1242/dmm.023762

24. Wangler MF, Yamamoto S, Bellen HJ. (2015). Fruit flies in biomedical research. *Genetic*, (199), 639-653. DOI: 10.1534/genetics.114.171785

Сведения об авторах Information about the authors

Баженов Александр Александрович – ассистент кафедры естественнонаучных дисциплин педагогического института, ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет»; заместитель директора по общим вопросам, ООО «Аксиум» (664011, г. Иркутск, ул. Нижняя Набережная, 6; тел. (3952) 24-10-97; e-mail: alex1703-19901990@mail.ru)  <http://orcid.org/0000-0002-4548-8682>

Vazhenov Alexander Alexandrovich – Teaching Assistant at the Department of Natural Sciences Disciplines of the Pedagogical Institute, Irkutsk State University; Deputy Director on General Issues, ООО Aksium (664011, Irkutsk, ul. Nizhnaya Naberezhnaya, 6; tel. (3952) 24-10-97; e-mail: alex1703-19901990@mail.ru)  <http://orcid.org/0000-0002-4548-8682>

Аверина Антонина Сергеевна – аспирант кафедры естественнонаучных дисциплин педагогического института, ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет» (e-mail: bucharova89@gmail.com)  <http://orcid.org/0000-0002-0322-3643>

Averina Antonina Sergeevna – Postgraduate at the Department of Natural Sciences Disciplines of the Pedagogical Institute, Irkutsk State University (e-mail: bucharova89@gmail.com)  <http://orcid.org/0000-0002-0322-3643>

Прикоп Михаил Васильевич – ассистент кафедры естественнонаучных дисциплин педагогического института, ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет»; заместитель директора по вопросам развития, ООО «Аксиум» (e-mail: prikop1@gmail.com)  <http://orcid.org/0000-0002-7663-9113>

Prikop Mikhail Vasilyevich – Teaching Assistant at the Department of Natural Sciences Disciplines of the Pedagogical Institute, Irkutsk State University; Deputy Director on Development Issues, ООО «Аксиум» (e-mail: prikop1@gmail.com)  <http://orcid.org/0000-0002-7663-9113>

Ухова Анастасия Владимировна – магистрант кафедры естественно-научных дисциплин педагогического института, ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет» (e-mail: kaching1212@yandex.ru)  <http://orcid.org/0000-0002-3469-929X>

Ukhova Anastasia Vladimirovna – Graduate Student at the Department of Natural Science Disciplines of the Pedagogical Institute of Irkutsk State University (e-mail: kaching1212@yandex.ru)  <http://orcid.org/0000-0002-3469-929X>

Суховская Владислава Валерьевна – кандидат медицинских наук, ассистент кафедры перинатальной и репродуктивной медицины, Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования – филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России (664049, г. Иркутск, Юбилейный, 100; тел. (3952) 46-53-26; e-mail: suhovlada@mail.ru)  <http://orcid.org/0000-0002-6697-5201>

Sukhovskaya Vladislava Valeryevna – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor at the Department of Perinatal and Reproductive Medicine, Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education – Branch Campus of the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education (664049, Irkutsk, Yubileyniy, 100; tel. (3952) 46-53-26; e-mail: suhovlada@mail.ru)  <http://orcid.org/0000-0002-6697-5201>