

Читайте
онлайн
Read
online

Егорова Н.А., Кочеткова М.Г., Рыжова И.Н.

Значение природно-климатических факторов в социально-гигиеническом мониторинге. Часть 3: Солнечная активность и болезни системы кровообращения (нарративный обзор литературы)

ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью»
Федерального медико-биологического агентства, 119121, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Солнце — основной источник энергии, света и тепла на Земле, без солнечной радиации не было бы условий, благоприятных для возникновения, развития и существования жизни. Но в настоящее время известно, что солнечная активность (СА) влияет на состояние организма и может служить фактором, ухудшающим течение уже имеющихся болезней системы кровообращения (БСК), поскольку сердечно-сосудистая система (ССС) является наиболее уязвимой к гелиогеомагнитным возмущениям. В то же время отмечается, что научных исследований для построения четкой системы связей между гелиогеофизическими явлениями и состоянием СССР по-прежнему недостаточно, и данные, полученные разными авторами, имеют несогласованности и противоречия.

Материалом исследования послужили методические документы по социально-гигиеническому мониторингу (СГМ) и научные публикации, в которых анализировались связи между БСК — ишемической болезнью сердца, артериальной гипертензией, сердечной недостаточностью, инфарктом миокарда, инсультами, нарушениями сердечного ритма — и такими показателями, как число Вольфа (W), индексы геомагнитной активности K_p , A_p и DST, индекс F10.7, скорость солнечного ветра, количество солнечных пятен и вспышек.

Методы поиска литературы: по базам данных CyberLeninka и PubMed, выборочный, аналитико-синтетический, типологический.

Заключение. В современных условиях возрастает значение таких показателей СГМ, как СА и ГМА, критериев оценки и доказательств их влияния на СССР, поскольку эти данные позволяют принять меры профилактики сердечно-сосудистых осложнений (ССО), зависящих от СА и ГМА, путём предупреждения пациентов о неблагоприятном действии на них периодов высокой солнечной, космической и геомагнитной активности.

Ключевые слова: солнечная активность; геомагнитная активность; болезни системы кровообращения; обзор

Для цитирования: Егорова Н.А., Кочеткова М.Г., Рыжова И.Н. Значение природно-климатических факторов в социально-гигиеническом мониторинге. Часть 3: Солнечная активность и болезни системы кровообращения (нарративный обзор литературы). *Гигиена и санитария*. 2026; 105(9): 1060–1066. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-9-1060-1066> <https://elibrary.ru/olureo>

Для корреспонденции: Егорова Наталья Александровна, e-mail: NEgorova@cspfmiba.ru

Вклад авторов: авторы внесли равный вклад в разработку концепции и дизайна исследования, сбор и анализ материала, написание текста и редактирование. Все соавторы несут ответственность за целостность всех частей рукописи и утверждение её окончательной версии.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила: 23.06.2026 / Принята к печати: 15.09.2026 / Опубликовано: 20.10.2026

Natalija A. Egorova, Marina G. Kochetkova, Irina N. Ryzhova

The importance of natural and climatic factors in social and hygienic monitoring. Solar activity and diseases of the circulatory system (narrative literature review, part 3)

Centre for Strategic Planning of the Federal medical and biological agency of Russia, Moscow, 119121, Russian Federation

ABSTRACT

The Sun is the primary source of energy, light, and heat on planet Earth. Without solar radiation, conditions so favorable for the emergence, development, and existence of life on Earth would not exist. However, now solar activity (SA) is known to affect the body's health and can be a factor in worsening existing cardiovascular diseases, as the cardiovascular system (CVS) is particularly vulnerable to heliogeomagnetic disturbances. At the same time, research is noted to establish a clear system of relationships between heliogeophysical phenomena and the state of the CVS remains insufficient. Data obtained by different authors may contain inconsistencies and contradictions.

The material of the study was methodological documents on socio-hygienic monitoring (SHM) and scientific reports, considering the associations between coronary heart disease (CHD), arterial hypertension, heart failure, myocardial infarction, strokes, heart rhythm disturbances — and such indicators of heliogeomagnetic activity (HMA) as Wolf number (W), geomagnetic activity indices K_r , A_r and DST, F10.7 index, solar wind speed, number of sunspots and flares.

Literature search methods: according to the CyberLeninka and PubMed databases, selective, analytical and typological.

Conclusion. In modern conditions, the importance of SGM indicators of SA and HMA as assessment criteria and evidence of their impact on CVS is increasing, since such data contribute to the adoption of measures for the prevention of CVDs dependent on SA and HMA by using heliogeomagnetic monitoring in the system of warning patients with CVD about the adverse effect of periods of high solar, space and geomagnetic activity on them.

Keywords: solar activity; geomagnetic activity; cardiovascular diseases; narrative literature review

For citation: Egorova N.A., Kochetkova M.G., Ryzhova I.N. The importance of natural and climatic factors in social and hygienic monitoring. Solar activity and diseases of the circulatory system (narrative literature review, part 3). *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal*. 2026; 105(9): 1060–1066. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-9-1060-1066> <https://elibrary.ru/olureo> (In Russ.)

For correspondence: Nataliya A. Egorova, e-mail: NEgorova@cspfmz.ru

Contribution: the authors made equal contributions to the development of the concept and design of the study, collection and analysis of material, writing the text and editing. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Funding. The study had no sponsorship.

Received: June 23, 2026 / Accepted: September 15, 2026 / Published: October 20, 2026

Введение

Солнце — основной источник энергии, света и тепла на Земле, без солнечной радиации не было бы условий, благоприятных для возникновения, развития и существования жизни. Влияние Солнца формирует климат планеты и рассматривается как главная причина процессов его изменения. Такие природно-климатические факторы, как температура и влажность атмосферного воздуха, облачность, осадки, атмосферное давление, скорость ветра, практически полностью определяются энергией солнечной радиации^{1,2} [1, 2]. Действие этих природно-климатических факторов на состояние здоровья человека, особенно на развитие сердечно-сосудистых осложнений (ССО) у людей, страдающих болезнями системы кровообращения, постоянно находится в поле зрения специалистов; выраженность соответствующих изменений сопоставляется с реальными значениями показателей как причиной ССО, а результаты позволяют судить о гигиенической значимости их включения в систему социально-гигиенического мониторинга (СГМ) [3–6]. Не меньшее внимание отечественных учёных привлекает и изучение влияния на здоровье гелиогеофизических факторов — солнечной активности и космической погоды, в том числе хромосферных вспышек, солнечных пятен, протуберанцев, коронарных выбросов массы, магнитных бурь, солнечного ветра^{3,4,5,6,7} [7–10]. Глубокий интерес к проблеме связей между космическими факторами и болезнями человека возник благодаря трудам В.И. Вернадского о биосфере, способствовавшим лучшему пониманию того, как природа влияет на человека, а также работам основоположника гелиобиологии А.Л. Чижевского, который ещё в 20-х годах прошлого века установил связь между солнечной активностью (СА) и возникновением болезней [11–13]. В настоящее время хорошо известно, что космическая погода влияет на состояние организма и может служить фактором, ухудшающим течение уже имеющихся болезней, при этом сердечно-сосудистая система (ССС) является наиболее уязвимой к гелиогеомагнитным возмущениям. В то же время отмечается, что научных исследований для построения чёткой системы связей между гелиогеофизическими явлениями и показателями здоровья по-прежнему недостаточно, данные, полученные разными авторами, содержат противоречия, а специфика изменений в организме, в том числе в состоянии СССР, зависящих от состояния космической погоды, остаётся одной из наименее изученных сторон взаимодействия организма человека с «фотонной машиной» — Солнцем — и энергией космоса [7, 9, 14–18]. Это подчёркивает актуальность новых исследований и постоянного анализа полученных результатов для подтверждения оправданности включения солнечной активности в систему СГМ как одного из природно-климатических показателей.

Мониторинг солнечной и геомагнитной активности

Согласно п. 4.3.2 Методических рекомендаций по проведению социально-гигиенического мониторинга⁸, система наблюдения за природно-климатическими факторами СГМ включает как один из показателей солнечную активность.

¹ БРЭ. Голицын Г.С., Зайцева Н.А. Атмосфера Земли. Доступно: <https://old.bigenc.ru/physics/text/1837660>

² БСЭ. Будько М.И., Кондратьев К.Я. Атмосфера Земли. Доступно: <https://niv.ru/doc/encyclopedia/bse/articles/1269/atmosfera-zemli.htm>

³ Бреус Т.К. Влияние «космической погоды» на биологические объекты, включая человеческий организм. Гидрометцентр России: Вокруг Погоды. 2026. Доступно: <https://meteoinfo.ru/meteo-med/2916-meteo-med-breus>

⁴ Лаборатория солнечной астрономии ИКИ и ИСЗФ. Доступно: <https://xras.ru>

⁵ Центр прогнозов космической погоды ИЗМИРАН. Доступно: <http://spaceweather.izmiran.ru>

⁶ Центр анализа космической погоды НИИЯФ МГУ. Доступно: <https://swx.sinp.msu.ru>

⁷ Геофизический центр Российской академии наук (ГЦ РАН). Доступно: <https://www.wdcb.ru/stp/index.ru.html>

⁸ Методические рекомендации № 2001/83. «Методические рекомендации по проведению социально-гигиенического мониторинга».

Однако в отличие от метеоусловий, для которых определён конкретный перечень контролируемых показателей^{9,10}, каких-либо рекомендаций в отношении детализации информационных показателей солнечной активности в этих методических документах не приведено. Тем не менее наблюдения за активностью Солнца (и одновременно за геомагнитной активностью, не включённой в перечень природно-климатических факторов СГМ) в Российской Федерации постоянно проводят Лаборатория солнечной астрономии и гелиофизического приборостроения ИКИ РАН и ИСЗФ СО РАН (вспышки на Солнце, солнечный ветер, прогноз солнечного ветра, пятна на Солнце, магнитные бури онлайн, прогноз магнитных бурь)⁴, Центр прогнозов космической погоды ИЗМИРАН (солнечные вспышки, параметры солнечного ветра, геомагнитная активность)⁵, Центр анализа космической погоды НИИЯФ МГУ (данные, характеризующие уровень солнечной активности, геомагнитного и радиационного состояния магнитосферы и гелиосферы в режиме реального времени)⁶, Геофизический центр Российской академии наук (солнечные пятна, поток радиоизлучения Солнца с длиной волны 10,7 см при частоте 2800 МГц), солнечные вспышечные и протонные события, индексы геомагнитной активности DST, межпланетное магнитное поле⁷, Gismeteo.ru (геомагнитная активность (магнитные бури) для конкретных регионов страны). Значение сведений о солнечной и геомагнитной активности и космической погоде не ограничивается только их биомедицинскими последствиями и использованием для оценки и предупреждения рисков для здоровья населения¹¹. Они имеют исключительную важность для прогнозирования и смягчения таких явлений, как нарушения работы спутниковых систем и радиосвязи, повышение радиационной опасности для пассажиров высотной авиации и космонавтов, повреждение солнечных батарей, выход спутников из строя, помехи в работе навигационных систем GPS (Global Positioning System), ГЛОНАСС (Глобальная навигационная спутниковая система/Galileo) и спутниковой навигации, возможность повреждения линий электропередачи, ускорение коррозии нефте- и газопроводов [19].

Показатели солнечной и геомагнитной активности, используемые в научных работах для обнаружения связей здоровья человека с космической погодой

В научных работах, анализирующих действие активности Солнца и космической погоды на состояние здоровья людей, чаще всего используются следующие показатели: число Вольфа (W) — показатель солнечной активности, пропорциональный сумме всех наблюдаемых в этот день солнечных пятен и удесятёрённого числа образованных ими групп; K_p — максимальный суточный геомагнитный индекс, имеет уровни от 0 до 9 и характеризует силу магнитных бурь; индекс A_p , отражающий среднюю амплитуду вариаций геомагнитной активности на земном шаре за сутки; F 10,7 — поток радиоизлучения от Солнца на длине волны 10,7 см при частоте 2800 МГц; DST — индекс геомагнитной активности [9, 20–22]. Могут также использоваться показатели солнечной активности по количеству солнечных пятен, давлению и скорости потока плазмы, напряжённости геомагнитного поля и z-компоненты геомагнитного поля, потока протонов с энергией $E > 100$ МэВ, показатели рекуррентности (REC) Vz-компоненты межпланетного магнитного поля [7, 21, 23].

⁹ Приказ Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека от 17 ноября 2006 г. № 367 «О Порядке проведения социально-гигиенического мониторинга, представления данных и обмена ими».

¹⁰ Методические рекомендации МР 2.1.10.0057–12. «Оценка риска и ущерба от климатических изменений, влияющих на повышение уровня заболеваемости и смертности в группах населения повышенного риска».

¹¹ Отраслевой план Роспотребнадзора от 03.12.2021 г. «Отраслевой план мероприятий первого этапа адаптации климата в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения на 2022 год».

Солнечная активность и осложнения болезней системы кровообращения

Одной из наиболее дискутируемых в научной литературе проблем влияния активности Солнца на состояние организма человека является подтверждение существования причинно-следственных связей между динамикой параметров космической погоды и течением БСК. Основные аспекты наблюдений и сравнений сосредоточены на осложнениях ишемической болезни сердца (ИБС), артериальной гипертензии (АГ), остром инфаркте миокарда (ОИМ) и нарушениях мозгового кровообращения — ишемических и геморрагических инсультах (ИИ и ГИ). Исследования в этом направлении ведутся как в нашей стране, так и за рубежом.

В Сургуте в течение пяти лет оценивали связь между ухудшением течения ИБС (стенокардии) у 2327 больных и АГ у 1366 больных в возрасте 20–59 лет (по коэффициенту обращаемости) в зависимости от изменений КГМА — коэффициента геомагнитной активности, который рассчитывали по средней продолжительности магнитных бурь (МБ) в каждом месяце в днях, а также по среднемесячной интенсивности МБ в баллах. Частота развития нестабильной стенокардии имела достоверную прямую корреляционную связь с продолжительностью геомагнитных бурь ($r = 0,65$; $p = 0,025$). Артериальная гипертензия была достоверно связана как с продолжительностью ($r = 0,706$; $p = 0,012$), так и с интенсивностью ($r = 0,677$; $p = 0,017$) геомагнитной активности. Биопатогенное действие геомагнитных бурь (ГМБ) в отношении стенокардии определялось в большей степени их продолжительностью, в то время как для АГ имели значение и продолжительность, и интенсивность МБ [24].

В сходных, но более поздних исследованиях, выполненных в Сургуте, на основе данных 9385 выездных карт за пять лет изучали влияние колебаний геомагнитной активности (ГМА) на динамику вызовов скорой медицинской помощи (СМП) по поводу гипертонического криза (ГК) и ОКС. Выявлена достоверная прямая корреляционная связь между частотой проявления ОКС и среднемесячной продолжительностью МБ ($r = 0,61$; $p = 0,037$), а также между среднемесячной продолжительностью МБ и обращаемостью в СМП из-за развития ГК ($r = 0,656$; $p = 0,039$) [25].

В 2023–2024 гг. М.Д. Смирновой и соавт. (2025) было выполнено исследование с участием больных артериальной гипертензией (АГ), проживающих в Тюмени, Новосибирске и Сургуте (1374; 428 и 548 пациентов соответственно). Средние по интенсивности МБ ($5 < K_p < 7$) не влияли на показатели артериального давления (АД) и частоту сердечных сокращений (ЧСС) больных, в то время как сильные МБ с $K_p > 7$ вызвали статистически значимое изменение систолического артериального давления, причём наиболее отчетливое, на 1,2 мм рт. ст., за один день до МБ [17].

На территории Иркутска проанализированы данные (2006–2022 гг.) 157 920 ежедневных вызовов скорой медицинской помощи (СМП) по поводу ОИМ, острого нарушения мозгового кровообращения (ОНМК), внезапной сердечной смерти, нестабильной стенокардии в дни с различным количеством солнечных пятен и при их отсутствии. Были выявлены существенные различия количества вызовов к больным с БСК в дни, когда наблюдались пятна на Солнце, по сравнению с днями, в которые пятна отсутствовали ($p < 0,001$). Независимо от возраста и пола пациентов медианное значение вызовов СМП за сутки было значимо выше в дни с максимальным количеством солнечных пятен по сравнению с днями минимума солнечной активности ($p < 0,001$). При этом наибольшая частота ОНМК соответствовала наибольшему количеству солнечных пятен, увеличение её составляло 100%, преимущественно за счёт наиболее уязвимой группы мужчин старше 55 лет. Авторы сделали вывод о том, что солнечные пятна могут быть независимым предиктором острых форм болезней системы кровообращения [26, 27].

В исследованиях, проведённых в 2001–2004 и 2007–2010 гг. в Иркутске, использовали данные о 8942 выездах скорой

помощи к больным ИМ и 1953 выездах к пациентам с инфарктом мозга. Установлены связи между уровнями геомагнитной активности (ГМА) и частотой вызовов по диагнозам «инфаркт миокарда» и «инфаркт мозга». Установлено, что в период наблюдения частота развития инфарктов миокарда и инфарктов мозга имела достоверные положительные корреляционные связи с показателями ГМА: коэффициенты корреляции числа вызовов скорой помощи по поводу ИМ и инфаркта мозга с K_p -индексом были на уровне 0,21–0,35 ($p < 0,05$) и 0,22–0,36 ($p < 0,05$) соответственно. В то же время достоверных связей вызовов по диагнозу «острый инфаркт миокарда» и «инфаркт мозга» ни с числами Вольфа (W), ни с показателями потока радиоизлучения F 10,7 (частота 2800 МГц) выявлено не было [28].

При оценке 200 444 обращений населения за медицинской помощью в одном из районов Санкт-Петербурга (2006–2009 гг.) установлено, что наиболее значимыми показателями космической погоды, влияющими на заболеваемость ИБС, были давление и скорость потока плазмы, напряжённость геомагнитного поля и z -компоненты геомагнитного поля, поток протонов с энергией $E > 100$ МэВ. Изменения космических параметров не менее чем на два дня опережали обращения за медицинской помощью по поводу ИБС, что давало возможность прогнозирования обращаемости за 2–5 дней до проявления осложнений ИБС [23].

Связь течения ОКС с гелиогеофизическими факторами изучали с участием 114 пациентов (мужчины и женщины, возраст $60,7 \pm 9,1$ года), экстренно госпитализированных с осложнениями острого коронарного синдрома (ОКС) — ИМ, стабильной и нестабильной стенокардией. Осложнённое течение ОКС соответствовали достоверно более высокие значения A_p — индекса ГМА. Выявлена значимая корреляционная связь развития кардиоваскулярных осложнений у больных с ОКС с величинами K_p -индекса ($\gamma = 0,3$; $p = 0,008$) и A_p -индекса ($\gamma = 0,27$; $p = 0,003$). При больших величинах K_p - и A_p -индексов ГМА риск развития осложнений ОКС увеличивался соответственно в 1,62 и 1,15 раза [29].

Заболеваемость ИМ за 2007–2010 гг. (2110 случаев в одной из больниц Владикавказа) сопоставлена с данными о ГМА по индексу Dst (для МБ), числу солнечных пятен и показателем рекуррентности (REC) Vz-компоненты межпланетного магнитного поля (ММП). В день МБ среднее количество ИМ значимо возрастало для пациентов и мужского, и женского пола. С применением метода кусочно-линейной регрессии получена модель, где при $R = 0,647$ объяснённая дисперсия составила 41,88%, связывая, таким образом, 42% случаев ИМ с изменением количества солнечных пятен и определяя минимальную заболеваемость при количестве пятен 6–9 с увеличением при росте или уменьшении их числа. Найдена также средней силы обратная связь (–0,588) развития ИМ с показателем рекуррентности (REC) Vz-компоненты ММП. Авторы подчеркнули сложность взаимосвязей ИМ с космическими факторами и необходимость дальнейшей разработки адекватных методов их выявления [21].

Анализ корреляционных связей между изменениями солнечной и геомагнитной активности по двум гелиофизическим индексам (числа Вольфа W и K_p) и течением БСК (ИМ, ИБС, стенокардия, аритмии, цереброваскулиты (ЦВ), АГ) проводили на основе данных обследования 2817 сотрудников 10 научно-исследовательских институтов Иркутского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук. Наиболее высокий достоверный коэффициент корреляции найден для ЦВ с числами Вольфа W (0,93; $p < 0,01$) и K_p (0,81; $p < 0,05$), а также для аритмий — с числами Вольфа W (0,81; $p < 0,05$). В целом для группы болезней системы кровообращения установлена достаточно высокая корреляционная связь с числами Вольфа W (0,68; $p < 0,05$) и K_p (0,67; $p < 0,05$). Авторы указывали на необходимость информирования участковых врачей о прогнозах солнечной и геомагнитной активности для снижения риска ухудшения течения болезней системы кровообращения. Очевидно,

«исследование природы влияния солнечной и геомагнитной активности на характер проявления различных форм патологии у человека является очередным принципиально важным в научном и практическом решении проблемы взаимосвязи явлений космической природы со здоровьем человека» [30].

В результате оценки влияния геомагнитной активности на состояние ССС при обследовании 74 пациентов с диагнозом АГ (средний возраст $54,2 \pm 1,6$ года) выявлены корреляционные связи между утренними и вечерними значениями систолического и диастолического артериального давления, а также пульсовым и артериальным давлением с величиной K_p -индекса в момент измерения, накануне исследования, на следующий день и через 2–3 дня после измерения параметров сердечной деятельности. Коэффициенты корреляции мало отличались, во всех случаях были невысокими (на уровне 0,308–0,555), но оказались достоверными статистически ($p < 0,001$). Время смещения ответа ССС организма пациентов относительно времени измерения K_p -индекса не было постоянным и в основном характеризовалось запаздыванием на два дня [31].

Проведён ретроспективный анализ развития геморрагического инсульта (ГИ) у жителей Ростова-на-Дону в 2000–2010 гг. на основании данных 324 протоколов вскрытия. Методом наложения эпох выявлено, что в годы низкой солнечной активности число ГИ возрастало более чем в два раза. При высокой солнечной активности дебют ГИ совпадал с выраженным ростом вспышечной активности Солнца и на девять дней предшествовал её максимуму. Во время низкой солнечной активности дебют ГИ происходил на 3–4-й день интервала снижения солнечной активности, причём также после предшествующего роста вспышечной активности. Интенсивность вспышечной активности оценивали по критерию X-Ray класс C – общему количеству рентгеновских вспышек класса C в течение дня. Зависимость дебюта ГИ от интервала солнечного цикла была статистически значимой. Выявлено также, что в дни с высокой солнечной и геомагнитной (по K_p -индексу) активностью повышена вероятность развития ГИ в форме гематомы, тогда как при высокой вспышечной активности – в форме субарахноидального кровоизлияния [22].

В Пензенской области с применением метода наложения эпох при поиске связей случаев ИМ и инфаркта головного мозга (ИГМ) с солнечной и геомагнитной активностью (изучены данные стационарных карт 1869 пациентов) установлено, что число больных ИМ и ИГМ имело достоверную положительную корреляционную связь с СА по динамике чисел Вольфа ($r = 0,273$; $p < 0,05$), причём развитие ИМ отставало от всплесков СА на 24–72 ч. В то же время ИМ чаще развивались при максимальных величинах A_p -индексов ГМА ($r = 0,186$; $p < 0,01$). Рост заболеваемости острыми нарушениями мозгового кровообращения наблюдался в дни солнечных вспышек и в течение 1–3 дней после ГМБ. Авторы отмечали разнонаправленное влияние СА и МБ на развитие ИМ и ИГМ и указывали на целесообразность хрономедицинского мониторинга для своевременного информирования пациентов из групп риска коронарных и церебральных сосудистых катастроф о СА и ГМА для уменьшения негативных последствий солнечных вспышек и МБ [32].

Существует представление о некоторой несогласованности и даже противоречивости результатов исследований возможных связей факторов солнечной активности и космической погоды с осложнениями течения болезней системы кровообращения, интерес к новым исследованиям в этой области не снижается [7, 18, 32]. В 2023 г. Т.А. Зенченко и Т.К. Бреус опубликовали работу, в которой рассмотрели возможные причины нестабильности воспроизведения гелиобиологических результатов. Авторы сформулировали основные методологические принципы, создающие предпосылки для снижения доли необъяснимых и невоспроизводимых результатов изучения гелиобиологических эффектов:

1) необходимость учёта индивидуальных особенностей реагирования пациентов на космическую погоду, поскольку

используемое в медицинских исследованиях групповое усреднение результатов может в итоге маскировать её действие;

2) обязательность одновременного учёта сочетанного влияния на организм земной и космической погоды, поскольку возможен как синергизм, так и антагонизм их эффекта на состояние здоровья;

3) внимание к временному фактору, зависимости эффекта от фазы цикла солнечной и геомагнитной активности;

4) выбор оптимального масштаба регистрации изучаемой реакции биосистемы (минутного, суточного), поскольку из-за неоптимального масштаба дискретизации эффект может оказаться сглаженным (отсутствовать) или нестабильным;

5) учёт различий ответных реакций биосистем в разных масштабах времени, которые при ориентации на усреднённые значения могут также имитировать нестабильность действия [33].

Интересно отметить, что в 2014 г. была опубликована работа австралийских учёных V.L. Feigin и соавт., в которой при доказательстве существования связей между ГМА и риском развития инсультов фактически реализованы три принципа из пяти предложенных: учёт индивидуальных реакций пациентов на интенсивность ГМБ, стратификация данных анализа во времени, учёт возможного взаимодействия метеорологических факторов и ГМА.

На основании анализа случаев инсульта с информацией о 11 453 пациентах, собранной за 16 031 764 человеко-года наблюдения в Новой Зеландии, Австралии, Соединённом Королевстве, Франции и Швеции в период с 1981 по 2004 г., и их сопоставления с данными о ГМА, измеренной по индексу A_p , V.L. Feigin с соавт. были рассчитаны коэффициенты риска и соответствующие 95%-е доверительные интервалы (ДИ). Установлено, что в целом ГМБ (индекс A_p 60+) увеличивали риск развития инсульта на 19% (95% ДИ; 11–27%). Наиболее отчётливое триггерное воздействие ГМБ наблюдалось в объединённой группе лиц 16–64 лет, у которых риск инсульта увеличивался более чем на 50%: умеренные ГМБ (индекс A_p 60–99) увеличивали риск инсульта на 27% (95% ДИ; 8–48%), сильные ГМБ (индекс A_p 100–149) – на 52% (95% ДИ; 19–92%), а жёсткие (экстремальные) ГМБ (индекс A_p 150+) – на 52% (95% ДИ; 19–94%) (тест на тенденцию, $p < 2 \cdot 10^{-16}$). Для пациентов от 16 до 64 лет максимальными оказались коэффициенты риска развития субарахноидальных кровоизлияний в период умеренной ГМА [1,65 (1–2,7)], внутримозговых кровоизлияний при сильной ГМА [1,55 (0,82–2,93)], внутримозговых и субарахноидальных кровоизлияний во время жёсткой (экстремальной) ГМА [2,14 (1,05–4,36) и 2,5 (1,39–4,48) соответственно]. В возрастных группах от 64 до 75 лет и старше 75 лет эффект ГМА был менее выраженным. Для повышения объективности результатов был применён стратифицированный по времени перекрёстный дизайн исследования «случай – контроль» при анализе ежедневных данных о частоте инсультов у отдельных участников, сопряжённой с ежедневной ГМА по индексу A_p . Контрольные дни выбирались в зависимости от дня события, специфичного для каждого отдельного случая. Данные о ГМБ использовались в статистических расчётах после корректировки с учётом погодных параметров – среднесуточной температуры окружающей среды, атмосферного давления и относительной влажности. Авторы пришли к выводу о том, что геомагнитные факторы действительно связаны с повышенным риском развития инсульта и должны рассматриваться наряду с другими установленными факторами риска для совершенствования профилактики инсультов у населения [34].

Позднее, в 2021 г., J. Vencloviene и соавт. проанализировали данные 1986–2010 гг. Каунасского регистра инсультов для выявления возможных связей между ежедневным числом ишемических инсультов (ИИ), геморрагических инсультов (ГИ), субарахноидальных (САК) и внутримозговых кровоизлияний (ВМК) с космическими погодными явлениями для 597 пациентов с САК, 1147 – с ВМК и 7482 пациентов с ИИ. Дни с сильными ГМБ ($A_p \geq 100$) были связа-

ны с более чем двукратным повышением риска САК и ГИ ($p < 0,01$). При низкой ГМА повышались риски ВМК, ГИ и ИИ (коэффициенты риска с 95%-ми доверительными интервалами составили 2,51 (1,5–4,21); 2,33 (1,5–3,61) и 1,36 (1,03–1,81) соответственно. Дни солнечных вспышек (СВ) класса $\geq X9$ сопровождалось 39%-м повышением риска ИИ, если же дни СВ приходились на 1–2-й дни после ГМБ, риск ИИ увеличивался на 76%, а риск любого типа инсульта – на 60%. Риск возникновения ГИ был более чем в два раза выше на следующий день после сильного (очень сильного) солнечного протонного события. Как и в работе V.L Feigin и соавт., результаты были получены в моделях с временной и сезонной стратификацией и поправкой на день недели и погодные условия и показали, что СА, очень низкая ГМА, а также сильные СВ и СПС могут быть связаны с повышенным риском различных типов инсульта [35].

В исследовании D. Sharoshnikov и соавт. (2014) был проведён анализ связей А-индекса локальной для Москвы ГМА и клинически подтверждённых госпитализаций в кардиологические отделения двух московских больниц с 1992 по 2005 г. по поводу ИМ (2833 случая) и ИГМ (1096 случаев). Число случаев МИ и ИГМ возрастало при увеличении индекса А с зависимостью, близкой к логарифмически-линейной. При этом эффект ГМБ (А-индекс > 30) для ИМ и ИГМ был немедленным и достаточно значимым: относительный риск RR составлял 1,29 (1,19–1,4); $p < 0,001$ для ИМ и 1,25 (1,1–1,42); $p = 0,001$ для ИГМ [36].

Stoupe E с соавт. (2018) изучили данные 2008–2013 гг. для 1896 пациентов (1398 мужчин и 498 женщин), поступивших в университетскую больницу Каунаса с диагнозом острый ИМ (1188 пациентов) и ОКС (698 пациентов) и повышенными уровнями тропонина I (Tn I) или тропонина T (Tn T) – маркёров острого ИМ. Ежемесячные средние значения Tn I и Tn T сравнивали с ежемесячными показателями СА, ГМА и активности космических лучей. Были выявлены значимые корреляционные связи уровней Tn T в крови с четырьмя индексами СА и активностью космических лучей (нейтронной активностью в имп/мин). Коэффициенты корреляции уровней Tn T с индексами ГМА составили: $A_p, r = 0,77, p = 0,0021$; $K_p, r = 0,729, p = 0,0047$ [37].

В Каунасе исследовали связь между событиями космической погоды и сердечно-сосудистыми характеристиками 4076 пациентов, госпитализированных с ОКС (данные 2000–2005 гг.). В дни пересечения ГМБ (период между 1–3-м днями после ГМБ, совпадающие с 1–3-м днями до следующей ГМБ) риск ОКС возрастал у пациентов, страдающих ожирением (Odds Ratio, отношение шансов $OR = 1,72; p = 0,008$). Риск фибрилляции желудочков был ассоциирован с областью взаимодействия потоков (ОВП) с лаг-периодом 0–3 дня ($OR = 1,44; p = 0,049$). Риск ОКС у пациентов с хронической фибрилляцией предсердий был сопряжён с быстрым солнечным ветром (≥ 600 км/с) (лаг 0–3 дня; $OR = 1,39; p = 0,03$) и днями солнечных протонных событий (лаг 0–3), совпадающими с ОВП (лаг 0–3) ($OR = 2,06; p = 0,021$) [38].

Там же изучали влияние геомагнитных бурь (ГМБ) и других явлений космической погоды (солнечные протонные события (СПС), солнечные вспышки (СВ), высокоскоростной солнечный ветер (ВССВ), межпланетные корональные выбросы массы (МКВМ) и области взаимодействия потоков (ОВП)) на заболеваемость острым инфарктом миокарда (ОИМ) по данным о 12 330 случаях ОИМ (мужчины/женщины, $n = 6942/5388$, возраст 25 лет – 64 года и старше 65 лет) в период 2000–2015 гг. Оказалось, что наиболее высокий риск ОИМ связан с трёхдневным периодом до ГМБ

и однодневным – после ГМБ ($A_p \geq 30$). Наиболее сильный эффект ВССВ соответствовал дню события при суточной скорости солнечного ветра > 530 км/с. Увеличение риска случаев ОИМ было связано с днями возникновения СП Х-класса и с одним днём после них. Значимые ассоциации могли проявляться между риском ОИМ и возникновением СП в течение ГМБ. Статистически значимое увеличение относительного риска (ОР) случаев ОИМ обнаружено между вторым и четвёртым днями периода МКВМ; влияние ГМБ, МКВМ и СПС было сильнее выражено у женщин, а влияние СП Х-класса и ВССВ – у мужчин [39].

Заключение

В рассмотренных выше научных сообщениях приводятся результаты исследований, подтверждающие существование количественно измеряемых и статистически достоверных корреляционных связей между различными показателями СА и ГМА и ухудшением течения БСК, особенно таких, как ОКС, ИМ и ИГМ различных типов, а также высоких уровней риска (средние коэффициенты риска 1,25–2,5) развития ССО, обусловленных колебаниями космической погоды, СА и ГМА. Полученные результаты имеют безусловную ценность, однако необходимо отметить разнохарактерность выбираемых авторами для поиска зависимостей гелиогеофизических факторов, что затрудняет формирование общей картины их влияния на ССС, как это сделано в настоящее время для действия метеорологических факторов [6]. Ограничения исследований во многом связаны с различиями в их методологии, подходах к оценке гелиогеомагнитной активности и методах статистического анализа. Кроме того, J. Belenko и соавт. и O. Gaisenok и соавт. подчёркивали, что такие наблюдения нужно считать предварительными. Данных для выделения причинно-следственных связей по-прежнему недостаточно, в том числе из-за возможности одновременного действия неконтролируемых факторов окружающей среды и множества механизмов, зависящих от пола, возраста, сезона, региона местоположения, погодных условий и социально-экономических факторов, вследствие которых в результатах оценок сохраняются противоречия. Подтверждение объективности таких связей могло бы улучшить профилактику ССО, зависящих от СА и ГМА, путём использования гелиогеомагнитного мониторинга в системе предупреждения пациентов с БСК о неблагоприятном действии на них периодов высокой солнечной, космической и геомагнитной активности [40, 41]. К сожалению, в большинстве работ авторы проводят только ретроспективный анализ связей между ССО и динамикой СА и ГМА на основании данных 1981–2015 гг. Необходимы новые современные проспективные исследования с наблюдениями за реакциями организма пациентов с БСК на СА, космическую погоду и ГМА в реальном времени и ориентацией на новые методологические принципы гелиобиологических исследований, разработанные Т.А. Зенченко и Т.К. Бреус [33]. Следует отметить, что такие исследования позволят научно обосновать и оценить риск для здоровья населения, связанный с влиянием СА, что предусмотрено Отраслевым планом адаптации к изменениям климата в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения на 2022 г. Таким образом, в перспективе станет возможным разработать стандартизованный перечень показателей СА и ГМА, контроль которых СГМ в настоящее время не предусмотрен, для официального включения в систему документов СГМ.

Литература

(п.п. 34–41 см. References)

1. Коваленко В.А., Жеребцов Г.А. Влияние солнечной активности на изменение климата. *Оптика атмосферы и океана*. 2014; 27(2): 134–38. <https://elibrary.ru/slazsh>
2. Украинцева В.В. Солнце – главный двигатель изменений климата на планете Земля. *Общество. Среда. Развитие*. 2024; (2): 105–08. https://doi.org/10.53115/19975996_2024_02_105_108 <https://elibrary.ru/uewmbl>

3. Катцов В.М. (ред.) Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Санкт-Петербург: Научные технологии; 2022. 676 с. <https://elibrary.ru/jnixie>
4. Носков С.Н., Бузинов Р.В., Сырин С.А., Еремин Г.Б., Карелин А.О., Гудков А.Б. и др. Современные представления о влиянии земной и космической погоды на здоровье человека (обзор). *Журнал медико-биологических исследований*. 2023; 11(2): 232–47. <https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z143> <https://elibrary.ru/wpclam>
5. Толстов П.В., Калягин А.Н., Татаринова М.Б. Влияние гелиогеофизических и природно-климатических факторов на сердечно-сосудистую систему (обзор литературы). *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2023; 22(8): 92–102. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2023-3599> <https://elibrary.ru/ttolaw>
6. Егорова Н.А., Кочеткова М.Г., Рыжова И.Н. Значение природно-климатических факторов в социально-гигиеническом мониторинге (обзор литературы, часть 2). Метеофакторы и сердечно-сосудистые заболевания. *Гигиена и санитария*. 2026; 105(5): 499–506. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-5-499-506> <https://elibrary.ru/djldub>
7. Носков С.Н., Борисова Д.С., Еремин Г.Б., Исаев Д.С., Ковшов А.А., МIRONENKO О.В. и др. Влияние космической погоды на здоровье человека. Аналитический обзор. *Вестник Санкт-Петербургского университета: Медицина*. 2024; 19(1): 54–74. <https://doi.org/10.21638/spbu11.2024.105> <https://elibrary.ru/vefplk>
8. Комзин К.В. Фундаментальные аспекты биотропного влияния факторов космической погоды. *Крымский журнал экспериментальной и клинической медицины*. 2023; 13(2): 71–84. <https://doi.org/10.29039/2224-6444-2023-13-2-71-84> <https://elibrary.ru/dmebvz>
9. Стрекаловская А.А., Паршина С.С. Космическая погода и здоровье человека: современное состояние вопроса. *Саратовский научно-медицинский журнал*. 2021; 17(3) (Приложение Кардиология): 578–81. <https://ssmj.ru/2021/3/578>
10. Колжиков В. А., Оводенко А.М. Солнце и его влияние на жизнь Земли. *Уникальные исследования XXI век*. 2015; 5(5): 85–92. <https://elibrary.ru/twtwbv>
11. Вернадский В. И. *Биосфера и ноосфера*. М.: Айрис-пресс; 2007. 576 с.
12. Чижевский А.Л. *Земное эхо солнечных бурь*. М.: Мысль; 1973. 352 с.
13. Чижевский А.Л. *Космический пульс жизни: Земля в объёмах Солнца. Гелиотараксия*. М.: Мысль; 1995. 768 с.
14. Ловещий Г.И. Развитие античных представлений о крови и воздухе в работах А.Л. Чижевского. *Гуманитарный вестник*. 2015; (4): 2. <https://doi.org/10.18698/2306-8477-2015-4-240> <https://elibrary.ru/tscprx>
15. Карпин В.А., Гудков А.Б., Усынин А.Ф., Столяров В.В. Анализ влияния гелиогеомагнитных аномалий на жителей северной урбанизированной территории. *Экология человека*. 2018; (11): 10–15. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2018-11-10-15> <https://elibrary.ru/ynwbv>
16. Эфендиева Л.Г., Азизов В.А., Етирмишли Г.Д. Влияние геофизических параметров на организм человека. *Медицинские новости*. 2020; (1): 43–47. <https://elibrary.ru/peptrr>
17. Смирнова М.Д., Шапошников Д.А., Фофанова Т.В., Агеев Ф.Т., Палеев Ф.Н. Влияние сезонности и планетарного индекса геомагнитной активности на артериальное давление и частоту сердечных сокращений. *Кардиологический вестник*. 2025; 20(4–2): 126–34. <https://doi.org/10.17116/Cardiobulletin202520042126> <https://elibrary.ru/tpmnhj>
18. Токаева Л.К., Самсонов И.Ю., Мигаль А.С., Эркенова З.С. Современные представления о влиянии космофизических факторов на здоровье человека. *Психосоматические и интегративные исследования*. 2022; 8(1): 1–6. <https://elibrary.ru/vbougpr>
19. Кузнецов В.Д. Космическая погода и риски космической деятельности. *Космическая техника и технологии*. 2014; 3(6): 3–13. <https://elibrary.ru/temdoh>
20. Казанцев Л.В., Ступин В.В. Изучение зависимости значений показателя смертности, вызванной ишемической болезнью сердца от гелиомагнитной активности. *Известия Иркутской государственной экономической академии (Байкальский государственный университет экономики и права)*. 2012; (4): 34–38. <https://elibrary.ru/pdfxlm>
21. Ботоева Н.К., Хетагурова Л.Г., Рапопорт С.И. Заболеваемость инфарктом миокарда во Владикавказе в зависимости от солнечной и геомагнитной активности. *Клиническая медицина*. 2013; 91(10): 28–34. <https://elibrary.ru/rtrskp>
22. Мартиросян В.В., Долгушева Ю.А. Вероятностный анализ влияния экзогенных факторов риска на частоту возникновения геморрагического инсульта в периоды высокой и низкой солнечной активности. *Журнал фундаментальной медицины и биологии*. 2016; (1): 52–59. <https://elibrary.ru/wcbtly>
23. Носков С.Н., Карелин А.О., Головина Е.Г., Ступишина О.М., Еремин Г.Б. Оценка взаимосвязи обращаемости населения за медицинской помощью с факторами земной и космической погоды. *Гигиена и санитария*. 2021; 100(8): 775–81. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-8-775-781> <https://elibrary.ru/pwzwwu>
24. Карнин В.А., Прокопьев М.Н., Неголюк Ю.И. Ишемическая болезнь сердца, артериальная гипертензия и геомагнитная активность. *Вестник Сургутского государственного университета Медицина*. 2008; (1): 124–27. <https://elibrary.ru/rxbnjb>
25. Еськов В.М., Неголюк Ю.И., Полухин В.В., Горбунова М.Н. Математическое моделирование колебательной динамики экофакторов и развития неотложных состояний у больных с хроническими неинфекционными заболеваниями в урбанизированных экосистемах. *Сложность. Разум. Постнеклассика*. 2020; (2): 78–87. <https://doi.org/10.12737/2306-174X-2020-78-87> <https://elibrary.ru/jsgrnu>
26. Толстов П.В., Калягин А.Н., Татаринова М.В. Влияние электромагнитной активности Солнца на возникновение острых сердечно-сосудистых осложнений. *Сибирское медицинское обозрение*. 2025; (2): 56–59. <https://doi.org/10.20333/25000136-2025-2-56-59> <https://elibrary.ru/ovksqs>
27. Толстов П.В., Калягин А.Н., Татаринова М.Б. Влияние солнечной активности на частоту острых нарушений мозгового кровообращения: ретроспективный анализ данных скорой помощи. *Доктор.Ру*. 2025; 24(8): 44–47. <https://doi.org/10.31550/1727-2378-2025-24-8-44-47> <https://elibrary.ru/vnvuwa>
28. Баженов А.А., Аверина А.С., Прикоп М.В. Влияние гелиогеофизических факторов на здоровье человека. *Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук*. 2014; 6(100): 125–29. <https://elibrary.ru/uceaip>
29. Михайлова З.Д., Климин П.Ф., Шаленкова М.А., Манюкова Э.Т., Гайдаш С.П. Оценка значимости уровня мелатонина и некоторых метеорологических и гелиогеофизических факторов у больных с острым коронарным синдромом. *Клиническая медицина*. 2017; 95(10): 888–93. <https://doi.org/10.18821/0023-2149-2017-95-10-888-893> <https://elibrary.ru/zweijt>
30. Гаджиев Г.Д., Гречаный Г.В. Геомагнитные бури и их влияние на показатели заболеваемости сотрудников научно-исследовательских институтов Иркутского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук. *Байкальский медицинский журнал*. 2007; 75(8): 59–62. <https://elibrary.ru/pazqpn>
31. Заславская Р., Шербань Э., Тейблум М. Влияние метеорологических и геомагнитных факторов на сердечно-сосудистую систему. *International Independent Scientific Journal*. 2021; (23–1): 5–15. <https://elibrary.ru/aiufst>
32. Михайлис А.А., Микуляк Н.И., Вершинина О.Д. Влияние вспышечной активности Солнца и геомагнитных бурь на цикличность проявления церебральных и коронарных сосудистых катастроф. *Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки*. 2019; 2(50): 152–63. <https://doi.org/10.21685/2072-3032-2019-2-14> <https://elibrary.ru/aewkds>
33. Зенченко Т.А., Бреус Т.К. Возможные причины нестабильности воспроизведения гелиобиологических результатов. *Физика биологии и медицины*. 2023; (1): 4–25. <https://doi.org/10.7256/2730-0560.2023.1.39903> <https://elibrary.ru/svjodz>

References

1. Kovalenko V. A., Zherebtsov G. A. Influence of solar activity on climate changes. *Optika atmosfery i okeana*. 2014; 27(2): 134–38. <https://elibrary.ru/slazsh> (in Russian)
2. Ukraintseva V.V. The sun is the main engine of climate change on planet Earth. *Obshchestvo. Sreda. Razvitiye*. 2024; (2): 105–08. https://doi.org/10.53115/19975996_2024_02_105_108 <https://elibrary.ru/uewmbl> (in Russian)
3. Kattsov V.M. (ed.) *Third assessment report on climate change and its consequences in the Russian Federation*. St. Petersburg: Naukoemkie tehnologii; 2022. 676 p. <https://elibrary.ru/jnixie> (in Russian)
4. Noskov S.N., Buzinov R.V., Syurin S.A., Eremin G.B., Karelin A.O., Gudkov A.B., et al. Modern concepts of the impact of terrestrial and space weather on human health (review). *Zhurnal mediko-biologicheskikh issledovaniy [Journal of Medical and Biological Research]*. 2023; 11(2): 232–47. <https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z143> <https://elibrary.ru/wpclam> (in Russian)
5. Tolstov P.V., Kalyagin A.N., Tatarinova M.B. Influence of heliogeophysical and climatic factors on the cardiovascular system: a literature review. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika [Cardiovascular Therapy and Prevention]*. 2023; 22(8): 92–102. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2023-3599> <https://elibrary.ru/ttolaw> (in Russian)
6. Egorova N.A., Kochetkova M.G., Ryzhova I.N. The importance of natural and climatic factors in social and hygienic monitoring (literature review, part 2). Meteorological factors and cardiovascular diseases. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2026; 105(5): 499–506. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-5-499-506> <https://elibrary.ru/djldub> (in Russian)
7. Noskov S.N., Borisova D.S., Yeremin G.B., Isaev D.S., Kovshov A.A., Mironenko O.V., et al. The impact of space weather on human health. Analytical review. *Vestnik Sankt-Petersburgskogo universiteta: Meditsina [Vestnik of Saint Petersburg University: Medicine]*. 2024; 19(1): 54–74. <https://doi.org/10.21638/spbu11.2024.105> <https://elibrary.ru/vefplk> (in Russian)
8. Komzin K.V. Fundamental aspects of the biotropic influence of space weather factors. *Krymskii zhurnal eksperimental'noi i klinicheskoi meditsiny. [Crimean Journal of Experimental and Clinical Medicine]*. 2023; 13(2): 71–84. <https://doi.org/10.29039/2224-6444-2023-13-2-71-84> <https://elibrary.ru/dmebvz> (in Russian)
9. Strekalovskaya A.A., Parshina S.S. Space weather and human health: current state of the issue (review). *Saratovskii nauchno-meditsinskii zhurnal [Journal of Medical Scientific Research]*. 2021; 17(3) (supplement Cardiology): 578–81. <https://ssmj.ru/2021/3/578> <https://elibrary.ru/yptwtl> (in Russian)

10. Kolzhikov V.A., Ovodenko A.M. The sun and its influence on the life of the Earth. *Unikal'nye issledovaniya XXI vek [Unique research of the XXI century]*. 2015; (5(5)): 85–92. <https://elibrary.ru/twtwbv> (in Russian)
11. Vernadsky V.I. *Biosphere and noosphere*. Moscow: Iris-press; 2007. 576 p. (in Russian)
12. Chizhevsky A.L. *Earthly echo of solar storms [Zemnoe jecho solnechnyh bur']* Moscow: Mysl'; 1973. 352 p. (in Russian)
13. Chizhevsky A.L. *The Cosmic Pulse of Life: The Earth in the Embrace of the Sun. Heliotaraxia [Kosmicheskii pul's zhizni: Zemlya v ob'yatiakh Solntsa. Geliotaraksija]*. Moscow: Mysl'; 1995. 768 p. (in Russian)
14. Lovetsky G.I. Development of the Ancient Ideas of Blood and Air in the Works of A.L. Chizhevsky. *Gumanitarnyi vestnik*. 2015; (4): 2. <https://doi.org/10.18698/2306-8477-2015-4-240> <https://elibrary.ru/tsccpx> (in Russian)
15. Karpin V.A., Gudkov A.B., Usinin A.F., Stolyarov V.V. Analysis of the Heliogeomagnetic Anomaly Influence on the Inhabitants of the Northern Urbanized Area. *Ekologiya cheloveka [Human Ecology]*. 2018; (11): 10–15. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2018-11-10-15> <https://elibrary.ru/ynwbvt> (in Russian)
16. Afandiyeva L.Q., Azizov V.A., Yetirmishli G.J. The influence of geophysical parameters on the human body. *Meditsinskie novosti*. 2020; (1): 43–47. <https://elibrary.ru/pcptrr> (in Russian)
17. Smirnova M.D., Shaposhnikov D.A., Fofanova T.V., Ageev F.T., Paleev F.N. Effect of seasonality and planetary geomagnetic activity index on blood pressure and heart rate. *Kardiologicheskii vestnik [Russian Cardiology Bulletin]*. 2025; 20(4–2): 126–34. <https://doi.org/10.17116/Cardiobulletin202520042126> <https://elibrary.ru/tpmnhj> (in Russian)
18. Tokaeva L.K., Samsonov I.Y., Migal A.S., Erkenova Z.S. Modern ideas about the influence of cosmophysical factors on human health. *Psichosomaticheskie i integrativnye issledovaniya [Psychosomatic and Integrative Research]*. 2022; 8(1): 1–6. <https://elibrary.ru/vbougp> (in Russian)
19. Kuznetsov V.D. Space weather and risks of space activity. *Kosmicheskaya tekhnika i tekhnologii*. 2014; 3(6): 3–13. <https://elibrary.ru/temdoh> (in Russian)
20. Kazantsev L.V., Stupin V.V. Dependence of indicator values of coronary heart disease mortality on heliomagnetic activity. *Izvestiya Irkutskoj gosudarstvennoj ekonomicheskoy akademii [Baikal'skij gosudarstvennyj universitet ekonomiki i prava]*. 2012; (4): 34–38. <https://elibrary.ru/pdfxmi> (in Russian)
21. Botoeva N.K., Khetagurova L.G., Rapoport S.I. A comprehensive analysis of incidence of myocardial infarction in Vladikavkaz depending on solar and geomagnetic activity. *Klinicheskaya medicina*. 2013; 91(10): 28–34. <https://elibrary.ru/rrrskp> (in Russian)
22. Martirosyan V.V., Dolgusheva Yu.A. The probabilistic analysis of influence of exogenous risk factors on the frequency of developing of hemorrhagic stroke during the periods of high and low solar activity. *Zhurnal fundamental'noj mediciny i biologii*. 2016; (1): 52–59. <https://elibrary.ru/wcbtyl> (in Russian)
23. Noskov S.N., Karelin A.O., Golovina E.G., Stupishina O.M., Yeregin G.B. Assessment of the relationship of the population's medical care with the factors of Earth and Space weather. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2021; 100(8): 775–81. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-8-775-781> <https://elibrary.ru/pvwzww> (in Russian)
24. Karmin V.A., Prokop'ev M.N., Negoljuk Ju.I. Ischemic heart disease, arterial hypertension and geomagnetic activity. *Vestnik Surgut'skogo gosudarstvennogo universiteta. Meditsina*. 2008; (1): 124–27. <https://elibrary.ru/rxbnjv> (in Russian)
25. Eskov V.M., Negolyk Y.I., Poluchin V.V., Gorbunova M.N. Mathematical modeling of oscillatory dynamics of ecology factors and development of emergencies in patients with chronic non-infectious diseases in urbanized ecosystems. *Slozhnost'. Razum. Postneklassika [Complexity. Reason. Post-non-classical.]*. 2020; (2): 78–87. <https://doi.org/10.12737/2306-174X-2020-78-87> <https://elibrary.ru/jsqinu> (in Russian)
26. Tolstov P.V., Kalyagin A.N., Tatarinova M.B. Influence of solar electromagnetic activity on the occurrence of acute cardiovascular complications. *Siberian Medical Review*. 2025; (2): 56–59. <https://doi.org/10.20333/25000136-2025-2-56-59> <https://elibrary.ru/ovkxgs> (in Russian)
27. Tolstov P.V., Kalyagin A.N., Tatarinova M.B. The influence of solar activity on the incidence of acute cerebrovascular accidents: a retrospective analysis of emergency medical services data. *Doctor.Ru*. 2025; 24(8): 44–47. <https://doi.org/10.31550/1727-2378-2025-24-8-44-47> <https://elibrary.ru/vnvuwa> (in Russian)
28. Bazhenov A.A., Averina A.S., Prikop M.V. Influence of heliogeophysical factors on human health. *Byulleten' Vostochno-Sibirskogo nauchnogo centra Sibirskogo otdeleniya Rossijskoj akademii medicinskih nauk [Acta Biomedica Scientifica]*. 2014; 6(100): 125–29. <https://elibrary.ru/uceaip> (in Russian)
29. Mikhailova Z.D., Klimkin P.F., Shalenkova M.A., Manyukova E.T., Gaidash S.P. Evaluation of significance of melatonin and some atmospheric and heliogeophysical factors for patients with acute coronary syndrome. *Klin. med.* 2017; 95(10): 888–93. <https://doi.org/10.18821/0023-2149-2017-95-10-888-893> <https://elibrary.ru/zweijt> (in Russian)
30. Gadzhiev G.D., Grechany G.V. Geomagnetic storms and their influence of morbidity of employees of scientific research institutes of the Irkutsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences. *Baikal'skii meditsinskii zhurnal [Baikal Medical Journal]*. 2007; 75(8): 59–62. <https://elibrary.ru/pazqpn> (in Russian)
31. Zaslavskaya R., Shcherban E., Tejblum M. Impact of meteorological and geomagnetic factors on cardiovascular system. *International Independent Scientific Journal*. 2021; (23–1): 5–15. <https://elibrary.ru/aiufst> (in Russian)
32. Mikhaylis A.A., Mikulyak N.I., Vershinina O.D. Influence of solar flare activity and geomagnetic storms on the manifestation cyclicity of cerebral and coronary vascular catastrophes *Izvestiya vysshix uchebnykh zavedenij. Povolzhskij region. Medicinskie nauki*. 2019; 2(50): 152–63. <https://doi.org/10.21685/2072-3032-2019-2-14> <https://elibrary.ru/aeuwks> (in Russian)
33. Zenchenko T.A., Breus T.K. Possible causes of instability in the reproduction of heliobiological results. *Fizika biologii i meditsiny [Physics of Biology and Medicine]*. 2023; (1): 4–25. <https://doi.org/10.7256/2730-0560.2023.1.39903> <https://elibrary.ru/svjodz> (in Russian)
34. Feigin V.L., Parmar P.G., Barker-Collo S., Bennett D.A., Anderson C.S., Thrift A.G., et al. International stroke incidence studies data pooling project collaborators. Geomagnetic storms can trigger stroke: evidence from 6 large population-based studies in Europe and Australasia. *Stroke*. 2014; 45(6): 1639–45. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.113.004577> <https://elibrary.ru/uwdbgr>
35. Vencloviene J., Radisauskas R., Tamosiunas A., Luksiene D., Sileikiene L., Milinaviciene E. Possible associations between space weather and the incidence of stroke. *Atmosphere*. 2021; 12 (3): 334. <https://doi.org/10.3390/atmos12030334> <https://elibrary.ru/znggok>
36. Shaposhnikov D., Revich B., Gurfinkel Y., Naumova E. The influence of meteorological and geomagnetic factors on acute myocardial infarction and brain stroke in Moscow, Russia. *Int J Biometeorol*. 2014; 58(5): 799–808. <https://doi.org/10.1007/s00484-013-0660-0> <https://elibrary.ru/ugpipz>
37. Stoupe E., Radisauskas R., Bernotiene G., Tamosiunas A., Virviciute D. Blood troponin levels in acute cardiac events depends on space weather activity components (a correlative study). *J Basic Clin Physiol Pharmacol*. 2018; 29(3): 257–63. <https://doi.org/10.1515/jbcp-2017-0148> <https://elibrary.ru/vegapb>
38. Kiznys D., Vencloviene J., Milvidaitė I. The associations of geomagnetic storms, fast solar wind, and stream interaction regions with cardiovascular characteristic in patients with acute coronary syndrome. *Life Sci Space Res (Amst)*. 2020; 25: 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.lssr.2020.01.002> <https://elibrary.ru/nlfuuu>
39. Vaičiulis V., Lukšienė D., Radisauskas R., Vencloviene J., Kiznys D., Tamosiunas A., Krančiukaitė-Butykinienė D. Associations between Space weather events and the incidence of acute myocardial infarction and deaths from ischemic heart disease. *Atmosphere*. 2021; 12: 306. <https://doi.org/10.3390/atmos12030306> <https://elibrary.ru/pswwed>
40. Gaisenk O., Gaisenk D., Bogachev S. The influence of geomagnetic storms on the risks of developing myocardial infarction, acute coronary syndrome, and stroke: systematic review and meta-analysis. *J Med Phys*. 2025; 50(1): 8–13. https://doi.org/10.4103/jmp.jmp_122_24 <https://elibrary.ru/ivgsje>
41. Belenko J., Cancel G., Mayrovitz H.N. Exploring the potential observations between geomagnetic activity and cardiovascular events: a scoping review. *Cureus*. 2025; 17(12): e99851. <https://doi.org/10.7759/cureus.99851> <https://elibrary.ru/sijbtr>

Сведения об авторах

Егорова Наталья Александровна, доктор мед. наук, вед. науч. сотр., ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, 119121, Москва, Россия. E-mail: NEgorova@cspmpz.ru

Кочеткова Марина Германовна, науч. сотр., ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, 119121, Москва, Россия. E-mail: MKochetkova@cspmpz.ru

Рыжова Ирина Николаевна, канд. мед. наук, вед. специалист, ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, 119121, Москва, Россия. E-mail: IRyzhova@cspmpz.ru

About the authors

Natalija A. Egorova, DSc (Medicine), leading researcher, Centre for Strategic Planning of the Federal medical and biological agency of Russia, Moscow, 119121, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0001-6751-6149> E-mail: NEgorova@cspmpz.ru

Marina G. Kochetkova, researcher, Centre for Strategic Planning of the Federal medical and biological agency of Russia, Moscow, 119121, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0001-9616-4517> E-mail: MKochetkova@cspmpz.ru

Irina N. Ryzhova, PhD (Medicine), leading specialist, Centre for Strategic Planning of the Federal medical and biological agency of Russia, Moscow, 119121, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-0696-5359> E-mail: IRyzhova@cspmpz.ru