

УДК (550.385+550.386):(629.73+629.7.07)



П.Е. Григорьев



Н.И. Хорсева



Б.М. Владимирский

Григорьев П.Е.*,
Хорсева Н.И.**,
Владимирский Б.М.***

Авиационные происшествия и космофизические факторы: ретроспективный анализ данных 1910–1940 гг.

Григорьев Павел Евгеньевич, доктор биологических наук, заведующий кафедрой медицинской физики и информатики, Физико-технический институт ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского» (Симферополь), профессор кафедры общей и социальной психологии Института психологии и педагогики Тюменского государственного университета

ORCID ID <https://orcid.org/0000-0001-7390-9109>

E-mail: pavel-e-grigoriev@j-spacetime.com; mhnty@yandex.ru

Хорсева Наталия Игоревна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник ФГБУН «Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН», ФГБУН «Институт космических исследований РАН»

ORCID ID <https://orcid.org/0000-0001-7010-4954>

E-mail: natalia-i-khorseva@j-spacetime.com; sheridan1957@mail.ru

Владимирский Борис Михайлович, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник кафедры физиологии человека и животных и биофизики Таврической академии ФГАОУВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»

ORCID ID <https://orcid.org/0000-0003-4803-8019>

E-mail: boris-m-vladimirsky@j-spacetime.com; bvlad@yandex.ru

Представлен анализ влияния космофизических факторов на частоту авиационных происшествий (АП) (аварии, катастрофы) за 1910–1940 гг. В качестве реперных дней использовали изолированные космофизические события – смена полярности межпланетного магнитного поля (ММП – восстановленные данные) и геомагнитные возмущения (ГМВ), разнесенные по времени не менее чем на 5 суток. Методом наложения эпох (в окрестности ± 4 суток от реперных событий) проведен анализ распределения 535 авиационных событий, произошедших в мире за анализируемый период. Установлено достоверное увеличение (в 1,97 раза) числа АП в сутки смен полярности ММП независимо от направления, а также в периоды ГМВ (в 1,83 раза).

Ключевые слова: космофизические факторы; геомагнитные возмущения; межпланетное магнитное поле; смена полярности межпланетного магнитного поля; авиационные происшествия.

Введение

Среди явлений космической погоды, особый характер значимости для биосферы и техносферы имеют геомагнитные возмущения (ГМВ) планетарного характера и пересечения Землей секторных границ межпланетного магнитного поля (ММП). При этом, в отличие от сильно варьирующей в разные годы многолетних циклов солнечной и вспышечной активности, ГМВ и особенно смены полярности ММП почти постоянно происходят с относительной регулярностью (в спектре могут присутствовать периоды могут 7, 9, 13–14, 27-суточная повторяемость, и др.), что делает эти факторы осо-

бенно актуальными для постоянного учета их влияния (при существующей возможности краткосрочного прогноза) на биосферу/техносферу¹.

Более чем за восьмидесятилетние исследования достоверно установлено влияние космофизических факторов на живые организмы, причем на всех уровнях организации. Но особое место занимают работы по изучению воздействия гелиогеофизических факторов на организм человека.

Показано, что увеличение солнечной активности и в дни геомагнитных возмущений, а также в периоды смены знака межпланетного магнитного поля (ММП) увеличивают риск развития коронарной патологии, которая проявляется в увеличении числа инсультов и инфарктов, нарушении процессов мозгового кровообращения². Кроме того, выявлено, что во время геомагнитных событий может происходить усиление геомагнитных пульсаций РСЗ, что отражается на нейрогенных и миогенных колебательных характеристиках сосудистой стенки³.

Физиологический отклик со стороны центральной нервной системы на воздействие космофизических факторов проявляется в изменении сенсомоторных реакции, показателей когнитивных процессов, поведения в стрессовых ситуациях, выраженности психопатологических состояний, активности симпатической и парасимпатической нервной системы, параметров электроэнцефалограммы как при ГМВ⁴, так и при сменах полярности ММП⁵. Кроме того, установлено, что ответ на суточные колебания напряженности магнитного поля на фоне невозмущенного геомагнитного поля у определенных типов людей наблюдали разные индивидуальные биоритмические реакции основного ритма электроэнцефалограммы, которые могут лежать в основе и разных когнитивных стратегий адаптации к изменчивости окружающей среды⁶.

Многочисленные исследования показали, что гелиогеофизические факторы оказывают влияние и

¹ Чижевский А.Л. Космический пульс жизни: Земля в объятиях Солнца. Гелиотараксия. М.: Мысль. 1995; Владимирский Б.М., Темурыянц Н.А. Влияние солнечной активности на биосферу – ноосферу. М.: Изд-во МНЭПУ 2000.

² Гурфинкель Ю.И. Ишемическая болезнь сердца и солнечная активность. М.: ИИКЦ «Эльф-3», 2004; Григорьев П.Е., Рагульская М.В., Куцевол И.Б., Вайсерман А.М., Горго Ю.П. Типы реакции сердечно сосудистой и вегетативной систем у людей пожилого возраста на квазипериодические гелиогеофизические события // Проблемы старения и долголетия. 2007. Т. 16. № 4. С. 311–332; Поскотинова Л.В. Григорьев П.Е. Зависимость типологических особенностей вегетативных реакций здоровых лиц от фоновых показателей гелиометеофакторов // Экология человека. 2008. №5. С. 3–8; Григорьев П.Е., Поскотинова Л.В. Индивидуальные особенности связей динамики вегетативных регуляторных процессов с гелиометеофакторами // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского Серия «Биология, химия». 2007. Т. 20 (59). № 1. С. 47–57; Григорьев П.Е., Поскотинова Л.В. Зависимость эффективности биологически обратной связи по параметрам ритма сердца от вариаций геомагнитного поля // Таврический медико-биологический вестник 2008. Т. 12. № 1(45). С. 127–133; Григорьев П.Е., Рагульская М.В., Горго Ю.П., Куцевол И.Б., Вайсерман А.М. Простые и системные реакции организма пожилых людей на квазипериодические гелиогеофизические события // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. 2008. № 2. С. 38–44; Григорьев П.Е., Хорсева Н.И., Григал П.П., Сергачев И.А., Подзноева З.Л., Храмов В.В. Создание информационной технологии изучения зависимости функционального состояния человека от гелиогеофизических факторов // Геофизические процессы и биосфера. 2010. Т. 9. № 1. С. 63–73; Каменева Е.Г. Влияние гелиогеомагнитной активности на функциональное состояние сердечно-сосудистой системы у здоровых людей и больных ишемической болезнью сердца: Дисс. ... к.биол.н. СПб., 2009; Казанцев Л.В., Ступин В.В. Изучение зависимости значений показателей смертности, вызванной ишемической болезнью сердца от гелиомагнитной активности [Электронный ресурс] // Baikal Research Journal 2012. № 4. Режим доступа: <http://eizvestia.bgu.ru/reader/article.aspx?id=13865>.

³ Зенченко Т.А., Поскотинова Л.В., Рехтина А.Г., Заславская Р.М. Связь параметров колебаний кровотока в микроциркуляторном русле с геомагнитными пульсациями РСЗ // Биофизика. 2010. Т. 55. № 4. С. 732–739.

⁴ Холодов Ю.А. Мозг в электромагнитных полях. М.: Наука. 1982; Баранский П.И., Венгер Е.Ф., Гайдар А.В., Забудский И.А. Влияние солнечной активности (геомагнитных бурь) на регуляторные системы человека и адекватность его поведения в стрессовых ситуациях на Земле и в космосе // Электронная обработка материалов. 2004. № 5. С. 65–69; Григорьев П.Е., Поскотинова Л.В. Индивидуальные особенности...; Григорьев П.Е., Поскотинова Л.В., Цандеков П.А. Динамика системных реакций организма человека на космофизические факторы // Таврический медико-биологический вестник. 2008. Т. 11. № 4 (44). С. 124–134; Поскотинова Л.В. Григорьев П.Е. Зависимость типологических особенностей вегетативных реакций...; Григорьев П.Е. Вклад гелиогеофизических факторов в динамику психических состояний // Геофизические процессы и биосфера. 2008. Т. 7. № 3. С. 63–69. Григорьев П.Е., Поскотинова Л.В., Цандеков П.А., Вайсерман А.М. Зависимость слухомоторной реакции здорового человека от геомагнитной активности // Физиологический журнал. 2009. Т. 55. № 3. С. 128–132; Зенченко Т.А., Цандеков П.А., Григорьев П.Е., Мерзлый А.М., Зенченко К.И., Хорсева Н.И., Григал П.П. Исследование характера связей физиологических и психофизиологических показателей организма с метеорологическими и геомагнитными факторами // Геофизические процессы и биосфера. 2008. Т. 7. № 3. С. 25–36; Хорсева Н.И. Возможность использования психофизиологических показателей для оценки влияния космофизических факторов (обзор) // Геофизические процессы и биосфера. 2013. Т. 12. № 2. С. 34–56; Цандеков П.А. Влияние космических экологических факторов на организм населения Республики Крым // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. Серия: Педагогика. Психология. 2016. № 1. С. 151–160.

⁵ Холодов Ю.А. Указ. соч.; Васильева Т.Ю. Состояние умственной и физической работоспособности лиц молодого возраста в зависимости от полярности межпланетного магнитного поля Солнца. 2010. Дисс... к.б.н. М., 2010; Григорьев П.Е., Поскотинова Л.В., Цандеков П.А. Динамика системных реакций организма человека...; Одинцов В.И., Конрадов А.А. Роль секторной структуры ММП в геомагнитных, физико-химических и биофизических процессах // Геофизические процессы и биосфера. 2005. Т. 4. № 1/2. С. 5–18; Цандеков П.А. Указ. соч.; Поскотинова Л.В. Григорьев П.Е. Зависимость типологических особенностей вегетативных реакций...

⁶ Поскотинова Л.В., Дёмин Д.Б., Кривоногова Е.В. Варианты динамики спектральных показателей электроэнцефалограммы человека в ходе суточных вариаций геомагнитного поля // Экология человека. 2014. № 5. С. 3–8.

на техносферу как целом¹, так и на её отдельные компоненты: полупроводниковые структуры², навигационные приборы³, линии электропередач⁴, увеличивают скорость коррозии⁵.

Таким образом, существуют объективные предпосылки для влияния факторов космической погоды на системы «человек – техника». Действительно, в 1971 г. было опубликовано сообщение о связи солнечной активности с числом ДТП⁶. Дальнейшие исследования подтвердили, что различные космофизические факторы влияют на частоту ДТП⁷.

Особенно актуально исследование вклада космофизических факторов в развитие событий, приводящих к авиационным происшествиям (АП), которые также неразрывно связаны с понятием «человек-техника». Начиная с 17 декабря 1903 г., когда был совершен первый успешный полет самолета, совершенствовались конструкции самолетов, повышалась эффективность подготовки летного состава, – что неминуемо сопровождалось авиационными авариями и катастрофами.

Тем не менее, систематически вопрос о возможной связи АП с космической погодой стал рассматриваться только с конца 1990-х гг.⁸ и продолжается до сих пор⁹. В наиболее представительных исследованиях был обнаружен существенный вклад смен полярности ММП и ГМВ в вариации АП.

Следует отметить, что для анализа возможной связи факторов космической погоды и числом авиационных происшествий, авторы, как правило, выбирали 1990-е годы и начало нашего века. Тем не менее, существуют исследования, в которых анализировался более длительный ряд: 1950–2004 гг.¹⁰. Однако более ранние периоды развития авиационной техники не анализировались. Это может быть связано с несколькими причинами. В частности, это разрозненность данных, которые порой ограничивались либо неопределенным временным периодом (например, апрель, декабрь и пр.), либо описанием дня авиационного происшествия без указания типа воздушного судна и причин. Только с середины 1920-х гг., с началом регулярных полетов, в том числе и гражданской авиации, появились конкретные данные. Хотя можно встретить упоминание, что в России за период 1918–1920 гг. произошло 420

¹ Горшков Э.С., Иванов В.В. О негативном влиянии космофизических факторов на техносферу // Тезисы Второй научной конференции «Базы данных, инструменты и информационные основы полярных геофизических исследований» (22–26 мая 2012 г., ИЗМИРАН). Троицк, 2012. С. 46–47.

² Владимирский Б.М., Брунс А.В. Динамика нетепловых шумов в элементах стандартных электронных устройств – короткие космофизические периоды на установке «Экзакт» // Известия Крымской астрофизической обсерватории. 2007. Т. 103. № 4. С. 314–325; Они же. Космическая погода, физико-химические системы и техносфера // Геофизические процессы и биосфера. 2010. Т. 9. № 1. С. 34–62; Брунс А.В., Владимирский Б.М., Эффект космической погоды в нетепловых шумах элементов электроники // Геофизические процессы и биосфера. 2010. Т. 9. № 3. С. 55–65; Зенченко Т.А., Конрадов А.А., Зенченко К.И. Корреляция динамики амплитуды «эффекта ближней зоны» с параметрами ММП // Геофизические процессы и биосфера. 2005. Т. 4. № 1/2. С. 125–132.

³ Cop R., Mihajlovic J., Cander R. "Magnetic Storms and Their Influence on Navigation." *Pomorstvo [Journal of Maritime Studies]* 22.1 (2008): 89–99; Sadovski K., Spomenko J. Mihajlovic S.J., Cop R. "Influence of Magnetic Storm on Compass." *MGB* (2008): 11–20.

⁴ Пилипенко В.А. Электромагнитные аспекты технологической безопасности в Арктике и Антарктике // Вторая научная конференция «Базы данных, инструменты и информационные основы полярных геофизических исследований» (22–26 мая 2012 г., ИЗМИРАН). Троицк, 2012. С. 36–40.

⁵ Gummow R.A. "Geophysical Variables and Behavior: C. Increased Geomagnetic Activity on Days of Commercial Air Crashes Attributed to Computer or Pilot Error but Not Mechanical Failure." *Perceptual and Motor Skills* 98.3(2). (2004): 1219–1224.

⁶ Масамуро Ш. Сильный эффект солнечной активности в дорожных происшествиях // Влияние солнечной активности на атмосферу и биосферу Земли. М.: Наука, 1971. С. 209–212

⁷ Бабаев Э.С., Обридо В.Н., Асадов В.В., Мустафа Ф.З., Шустарев П.Н., Аллахвердиев А.Р. Возможное влияние изменений космической погоды на динамику дорожно-транспортных происшествий в средних широтах // Солнечно-земная физика. 2008. Т. 2. Вып. 12. С. 340–343; Загускин Ю.С., Иванов В.Н. Исследование связи СА и тяжести последствий ДТП в Москве // Проблемы космической биологии / Под ред. акад. В.Н. Черниговского. Т. 43. М.: Наука, 1982. С. 59–63; Verma P.L. "Traffic Accident in India in Relation with Solar and Geomagnetic Activity Parameters and Cosmic Ray Intensity (1989 to 2010)." *International Journal of Physical Sciences* 8.10 (2013): 388–394.

⁸ Комаров Ф.И., Ораевский В.Н., Сизов Ю.П., Цирульник Л.Б., Каниниди Х.Д., Ушаков И.Б., Шалимов П.М., Кимлык М.В., Глухов Д.В. Гелиогеофизические факторы и авиационные происшествия // Биофизика. 1998. Т. 43. № 4. С. 742–745.

⁹ Бекетов В.В., Павлов Ю.В., Зенченко Т.А., Мерзлый А.М. Анализ особенностей геофизической обстановки в моменты авиационных происшествий // Тезисы докладов II Международной конференции «Человек и электромагнитные поля» (Саров, 2–6 июня 2007). Саров, 2007. С. 194–199; Гусев А.Н., Кузевский Б.М., Мерзлый А.М., Нечаев О.Ю., Сигаева Е.А., Шмыгов В.А. Анализ связи нейтринного поля Земли с авиационными событиями // Геофизические процессы и биосфера. 2005. Т. 4. № 1/2. С. 117–121; Зенченко Т.А., Мерзлый А.М., Янаков А.Т. Анализ характерных особенностей геофизической обстановки в моменты авиационных происшествий, произошедших по разным фактор-причинам [Электронный ресурс] // Тезисы IV Международного конгресса «Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине», СПб.: Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет, 2006. Режим доступа: www.biophys.ru/archive/congress2006/abs-p142.pdf; Зенченко Т.А., Мерзлый А.М. Связь динамики авиационных событий с гелиофизическими процессами // Геофизические процессы и биосфера. 2008. Т. 7. № 2. С. 28–38; Калинин Ю.К. Гелиогеофизические возмущения на авиационные катастрофы первой половины апреля 2010 // НТР. 2012. Т. 91. № 2. С. 3–11; Конрадов А.А., Коломийцев О.П., Иванов-Холодный Г.С., Петров В.Г. Особенности статистики авиационных аварий и ее связь с геомагнитной активностью // Геофизические процессы и биосфера. 2005. Т. 4. № 1/2. С. 121–124; Орехов М.А., Зенченко Т.А., Мерзлый М.А. Динамика отказов электронных и механических систем самолета в районе дат смены полярности межпланетного магнитного поля // Погода и биосфера: Материалы международной конференции (11–14 октября 2006 г., С.-Петербург). СПб.: Астерион, 2006. С. 86–87; Fournier N.M., Persinger M.A. "Geophysical Variables and Behavior: C. Increased Geomagnetic Activity on Days of Commercial Air Crashes Attributed to Computer or Pilot Error but Not Mechanical Failure." *Perceptual and Motor Skills*. 98.3(2) (2004): 1219–1224.

¹⁰ Конрадов А.А., Коломийцев О.П., Иванов-Холодный Г.С., Петров В.Г. Указ. соч.

авиационных происшествий¹, однако описаний конкретных событий в открытых источниках информации нами было найдено немного. Во-вторых, для сопоставления с ранее полученными результатами необходимы надежные реконструированные данные, в частности, о периодах смены полярности ММП за более ранние годы, которые для всего отрезка наблюдений АП появились относительно недавно.

Как показали наши исследования, анализ связи состояния организма человека с факторами космической погоды (в частности, ГМВ, смены полярности ММП) следует проводить с учетом разнесённости их во времени, поскольку в противном случае может возникнуть эффект «наложения» воздействия одного события на другое². Обоснование этого положения с точки зрения развития гелиогеофизических событий во времени было высказано Т.А. Зенченко³. Вероятно, при исследованиях воздействий космофизических факторов на техносферу следует также учитывать взаимную разнесённость космофизических событий во времени, что не было реализовано для исследований влияния космической погоды на АП.

Изучение влияния космофизических факторов на частоту АП на ранних этапах становления авиации представляет интерес и потому, что риски влияния внешних факторов могли бы проявляться более рельефно в связи с меньшим количеством одновременно действующих причин (по сравнению с более поздними этапами развития авиации).

Таким образом, целью данной работы является проверка гипотезы о влиянии космофизических факторов (в частности, ГМВ, смены полярности ММП, с учетом их разнесённости во времени) на вариации АП в ранние десятилетия развития авиации.

Материалы и методы

В работе использовались данные о 1316 случаях авиационных происшествий за период 1910–1940 гг. из открытых источников⁴.

После исключения из рассмотрения авиационных происшествий, связанных со сложными метеорологическими условиями (в том числе потому, что космофизические факторы влияют и на обычную погоду⁵), боевыми действиями, терактами, попаданием молнии, пожарами на борту (не связанными с состоянием авиационной техники), перегрузкой и нарушением центровки воздушных судов, выборка составила 535 случаев для гражданских и военных воздушных судов.

Обработка данных проводилась методом наложения эпох, при этом за реперные дни ГМВ и смены полярности ММП, в отличие от других работ, принимались только события, разделенные от других подобных во времени не менее, чем на 5 суток. Если ГМВ длилось более суток, то реперным днем считались сутки его начала со значением aa -индекса ≥ 30 . aa -индекс был использован для единообразия (для всего временного промежутка 1910–1940 гг.), поскольку часть выборки АП приходилась на время, когда еще не было измерений A_p и K_p индексов. При этом суточные значения aa -индекса ≥ 30 надежно соответствуют наличию в данные сутки как минимум геомагнитного возмущения. Следует отметить, что ГМВ не подразделялись нами по своей природе, в частности, в случаях магнитных бурь – на рекуррентные и со внезапным началом, вследствие скромной статистики АП в данном исследовании, и поскольку полученные ранее данные свидетельствуют о том, что оба этих типа ГМВ оказывают влияние на рост АП⁶.

¹ Попов Ю.В. Расследование авиационных происшествий: историческая ретроспектива // *Авиа панорама*. 2013. № 3. С. 38–40.

² Григорьев П.Е., Поскотинова Л.В., Цандеков П.А. Динамика системных реакций организма...; Хорсева Н.И., Григорьев П.Е., Килесса Г.В. Воздействие космофизических факторов на центральную нервную систему человека: вопросы воспроизводимости результатов лонгитюдных исследований Тезисы XII Международного междисциплинарного конгресса «Нейронаука для медицины и психологии». (Судак, 1–11 июня 2016). Судак, 2016. С. 435–436; Khorseva N.I., Grigoryev P.Ye., Kilessa G.V., Ovsyannikova N.M., Glivenko A.V., Pobachenko S.V., Sokolov M.V. "Parameters of Simple Audio-motor Reaction as One of the Possible Indicators of Sensitivity of the Central Nervous System to Cosmophysical Factors: Global and Local Effects." *Crimian Journal of Experimental and Clinical Medicine* 3.1-2 (2013): 7–9.

³ Зенченко Т.А. Скачки плотности солнечного ветра и развитие гелиобиологических эффектов в ходе магнитных бурь // *Геофизические процессы и биосфера*. 2010. Т. 9. № 3. С. 5–20.

⁴ "ASN Aviation Safety Database." *Aviation Safety Network*. Flight Safety Foundation, n.d. Web. <<http://aviation-safety.net/database/>>; Авиационные происшествия, инциденты и авиакатастрофы в СССР и России: факты, история, статистика [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.airdisaster.ru/>; Такие разные у самолётов судьбы [Электронный ресурс]. 2014. 12 июля. Режим доступа: <http://aviaip.info/1960-e-voennye.html>; Лётные происшествия в СССР и РФ [Электронный ресурс] // Форум выпускников ЕВВАУЛ (архивный). 2009. 4 февр. Режим доступа: <http://forum.a.evvaul.com/index.php?topic=1023.0>; Лётные происшествия в СССР и РФ [Электронный ресурс] // Форум выпускников ЕВВАУЛ. 2009. 28 дек. Режим доступа: <http://forum.evvaul.com/index.php?topic=248.0>; Авиация Список авиационных катастроф в гражданской авиации [Электронный ресурс] // Вся авиация. От сверхлегких самолетов до бизнес-джетов. 2011. 23 янв. Режим доступа: http://www.vonovke.ru/s/spisok_aviatsionnyh_katastrof_v_grajdanskoy_aviatsii.

⁵ Wilcox J.M., Scherrer P.H., Svalgaard L., Roberts W.O., Olson R.H., Ro L.J. "Influence of Solar Magnetic Sector Structure on Terrestrial Atmospheric Vorticity." *J. Atmos. Sci.* 31 (1974): 581–588.

⁶ Конрадов А.А., Коломийцев О.П., Иванов-Холодный Г.С., Петров В.Г. Указ. соч.

В качестве рядов ММП (для единообразия – на всем временном промежутке) использовались данные реконструкции М.В. Вохмянина – как охватывающие весь срок анализа ряда АП¹.

В работе отдельно анализировали события смен полярности ММП и ГМВ в случаях, когда в интервале как минимум 5 суток вперед и назад во времени не было гелиогеофизических событий другого типа.

Таким образом, мы использовали в качестве реперных, следующие типы космофизических событий:

- 1) смены полярности ММП, в окрестности которых не было ГМВ: 142 события смены полярности с «–» на «+» и 141 событие смены полярности с «+» на «–» на протяжении интервала событий АП;
- 2) смены полярности ММП, в окрестности которых были ГМВ: 113 событий смены полярности с «–» на «+» и 111 событий смены полярности с «+» на «–»;
- 3) ГМВ, в окрестности которых не было смен полярности ММП: 146 событий;
- 4) ГМВ, в окрестности которых были смены полярности ММП: 208 событий.

Таким образом нами было изучен возможный вклад в АП как изолированных факторов ГМВ и смен полярности ММП, так и случаев, когда их влияние могло «наложиться» друг на друга.

Для проверки статистической значимости предположений о превышении количества АП ожидаемого значения в определенные сутки, применяли биномиальный критерий с односторонней критической областью, с учетом направленности альтернативных выдвигаемых для проверки статистических гипотез. Для исключения искусственного завышения уровня статистической значимости за счет случайных вариаций значений АП, приходящихся на определенные сутки, применяли критерий следующим образом: качестве общего числа в критерии учитывались все случаи АП, выпавшие на интервал -4 до +4 суток, вместе с днем, для которого выдвигалась альтернативная гипотеза. При этом в качестве теоретически ожидаемой доли случаев, приходящихся на этот день, брали значение 1/9 (поскольку всего суток на интервале было 9).

Для большей информативности и иллюстративности оценки отличия числа случаев АП, приходящихся на сутки определенного гелиогеофизического события, от других дней, высчитывали также отличие (в процентах) наблюдаемого значения от среднего значения за остальные 8 суток.

Результаты и их обсуждение

Первоначально методом наложения эпох (где реперным днем были сутки АП) были проанализированы распределения индексов солнечной активности «Числа Вольфа» и aa-индекса геомагнитной активности в окрестности ± 5 суток от каждого из АП. Хотя было обнаружено некоторое возрастание солнечной и геомагнитной активности в окрестности АП, однако при этом не было выявлено четких пиков в распределении индексов, что не позволяет строить точные прогнозы на конкретные сутки-двое.

Поэтому в дальнейшем использовался описанный выше вариант метода наложения эпох.

Кроме того, предварительный анализ показал, что приводимые ниже распределения сходны для случаев АП, связанных с человеческим фактором и конструктивно-производственными недостатками. Однако, вследствие того, что лишь в небольшом числе случаев причина АП могла быть полностью однозначно определена, и вследствие скромной общей статистики (535 случаев), далее анализировали все данные по АП без попыток дальнейшего разделения на фактор-причины.

Ниже представлены вариации числа авиационных происшествий в окрестности гелиогеофизических событий разных типов.

1. Распределение числа авиационных происшествий относительно дат смен полярности ММП (нулевой день), с учетом направления и при отсутствии ГМВ в окрестности 4 суток

Как следует из данных, представленных на рис. 1, наблюдаемая доля АП значимо выше:

- на следующие сутки после смен полярности с «–» на «+» ($p = 0,006$ по биномиальному критерию), количество АП в 2,12 раза больше, чем, в среднем, в остальные дни, при этом значительное увеличение АП наблюдается уже в нулевой день (рис. 1);
- в сутки смен полярности ММП с «+» на «–» ($p = 0,003$ по биномиальному критерию), при этом количество АП в 2,42 раза больше, чем, в среднем, в остальные дни.

¹ Vokhmyanin M.V., Ponyavin D.I. "Inferring Interplanetary Magnetic Field Polarities from Geomagnetic Variations." *Journal of Geophysical Research* 117 (2012): A06102. doi:10.1029/2011JA017060/

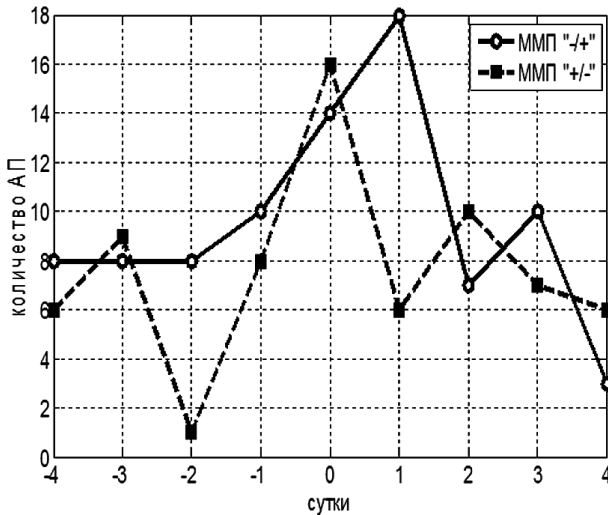


Рис. 1. Распределение числа авиационных происшествий относительно дат смен полярности ММП с учетом направления.

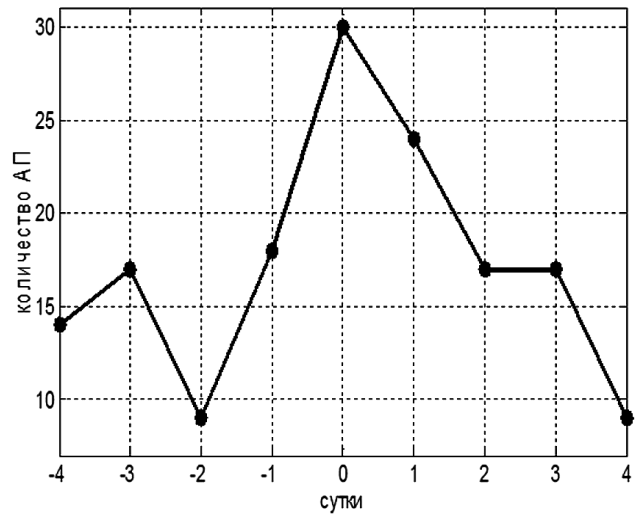


Рис. 2. Распределение числа авиационных происшествий относительно дат смен полярности ММП, без учета направления.

После объединения выборок, в дни смен полярности ММП независимо от направления изменения (рис. 2), наблюдаемая доля АП значимо больше ($p = 0,002$ по биномиальному критерию). При этом в дни смен полярности, количество АП в 1,97 раза больше, чем в остальные дни независимо от направления смены знака ММП.

Мы полагаем, что наблюдаемое возрастание числа АП в окрестности ± 1 суток (не только нулевой, но также -1 и +1 дни), может быть обусловлено как некоторой неточностью определения смены границ во времени, так и разницей в местном времени АП относительно всемирного. В итоге совокупная величина возрастания риска АП от влияния смен полярности ММП на АП может оказаться еще масштабнее, нежели представленные выше, рассчитанные только для одного дня. Фактически же при построениях прогнозов следует учитывать вероятность роста числа АП в окрестности ± 1 суток.

Таким образом установлено, что в целом, в дни смены полярности ММП увеличивается число авиационных происшествий при условии, что в окрестности 4 суток отсутствуют другие гелиогеофизические события.

2. Распределение числа авиационных происшествий относительно дат смен полярности ММП (нулевой день), с учетом направления, при наличии ГМВ в окрестности 4 суток.

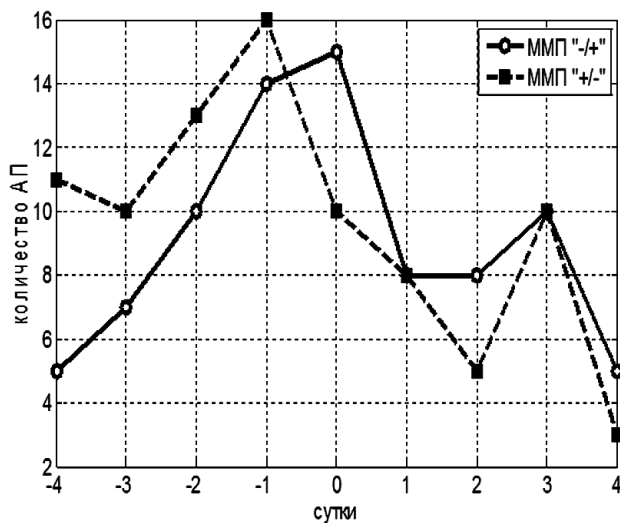


Рис. 3. Распределение числа авиационных происшествий относительно дат смен полярности ММП, с учетом направления.

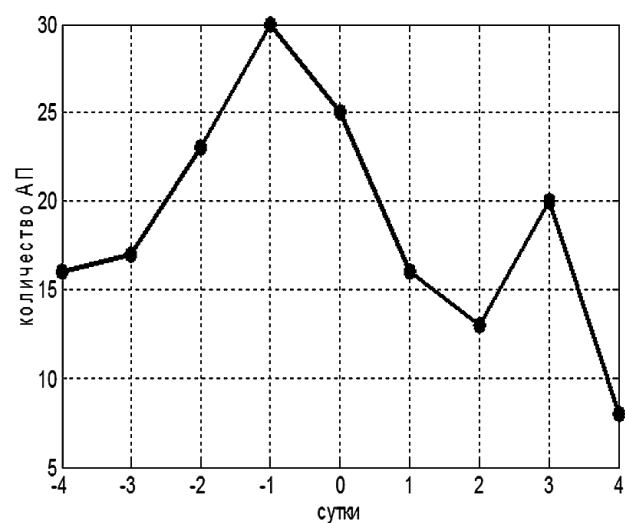


Рис. 4. Распределение числа авиационных происшествий относительно дат смен полярности ММП, без учета направления.

Как следует из данных, представленных на рис. 3, при условно сочетанном влиянии смен полярности ММП и ГМВ в окрестности 4-х суток, доля АП значимо выше:

- в сутки смен полярности ММП с «-» на «+» ($p = 0,036$ по биномиальному критерию), количество АП в 1,79 раза больше, чем, в среднем, в остальные дни, при этом значительное увеличение АП наблюдается уже в нулевой день (рис. 3);
- на -1 сутки до смен полярности с «+» на «-» ($p = 0,027$ по биномиальному критерию), количество АП в 1,83 раза больше, чем, в среднем, в остальные дни.

После объединения выборок, доля АП значимо больше ($p = 0,006$ по биномиальному критерию) и количество АП в 1,75 раза больше, чем в остальные дни, в -1 сутки до смен полярности ММП независимо от направления изменения (рис. 4). Если сравнить результаты, представленные на рис. 1 и 2 с распределением АП на рис. 3 и 4, то статистически значимые увеличения числа АП в дни смены полярностей ММП в присутствии ГМВ в окрестностях 4 суток практически повторяют закономерности увеличения числа АП в дни смены полярности ММП в отсутствии ГМВ, но «сдвинуты» во времени на -1 сутки. Кроме того, обращает на себя внимание тот факт, что увеличение числа АП в дни смены полярности ММП в присутствии ГМВ в окрестностях 4 суток менее выражено (увеличение в 1,75 раза) по сравнению с их отсутствием (увеличение в 1,95 раза). Не исключено, что в данном случае можно говорить о наложении воздействия двух геофизических факторов: ГМВ и смены полярности ММП. В данном случае это согласуется с данными, полученными в наших исследованиях¹, в которых мы указываем на то, что при изучении влияния космофизических факторов на центральную нервную систему должны учитываться «разнесённость» их во времени. Мы полагаем, что этот факт должен также учитываться для анализа воздействия геофизических факторов на техносферу.

В целом же, можно считать подтвержденной гипотезу о возрастании числа АП вследствие смены полярности ММП. При этом наличие геомагнитных возмущений в окрестности смен полярности ММП в некоторой степени снижают «величину эффекта», по сравнению с изолированными от ГМВ датами смен полярности ММП.

3. Распределение числа авиационных происшествий относительно дат геомагнитных возмущений (нулевой день) в условиях отсутствия и наличия смен полярности ММП.

При рассмотрении изолированных во времени ГМВ относительно друг друга (рис. 5), увеличение числа АП фиксируется в сутки начальной фазы ГМВ (нулевой день), а максимум числа АП – в сутки основной фазы ГМВ ($p = 0,008$ по биномиальному критерию и количество АП в 1,83 раза больше, чем в остальные дни).

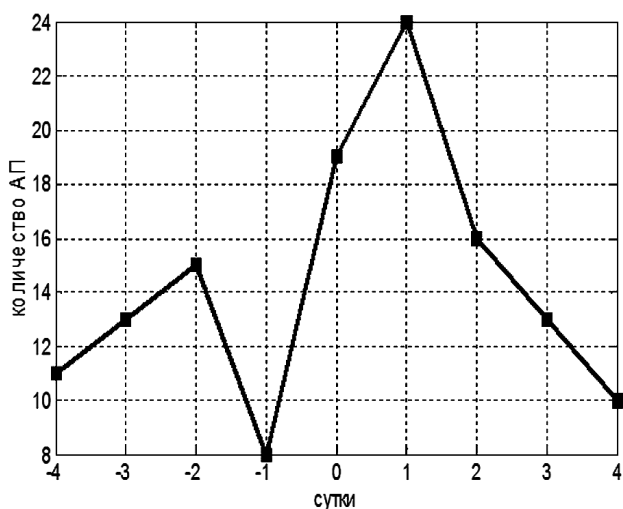


Рис. 5. Распределение числа авиационных происшествий относительно дат геомагнитных возмущений в отсутствии смен полярности ММП.

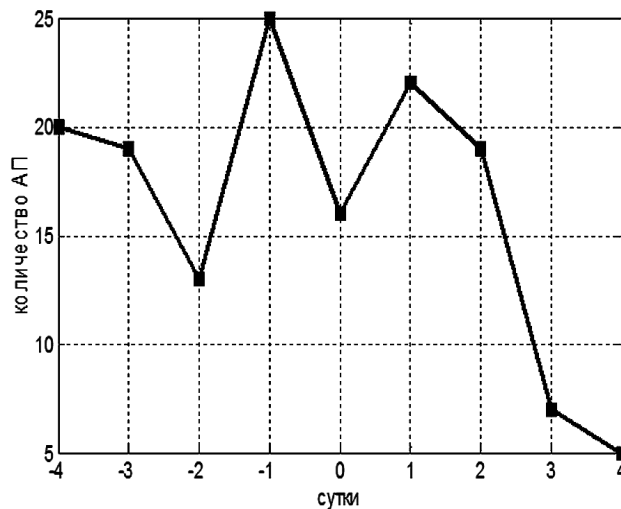


Рис. 6. Распределение числа авиационных происшествий относительно дат геомагнитных возмущений в присутствии смены полярности ММП.

¹ Хорсева Н.И., Григорьев П.Е., Килесса Г.В. Воздействие космофизических факторов на центральную нервную систему ...

Эффект возрастания распространяется АП распространяется также на день начала ГМВ. Причинами того, что пик АП распространяется на двое суток (0, +1) могут быть неточности, вызванные смещением местного времени АП относительно всемирного, по которым усредняются суточные значения аа-индекса. Также в некоторых случаях за сутками, которые зафиксированы как начало ГМВ, следуют более масштабные магнитные бури, которые могут быть более сильным действующим факторами на оборудование и/или психику человека.

При учете же лишь тех ГМВ, в окрестности 4 суток от начала которых происходили смены полярности ММП (рис. 6), выявлен локальный пик АП за сутки до начала ГМВ, когда доля АП значимо выше ($p = 0,019$ по биномиальному критерию) и количество АП выше в 1,65 раза, чем в другие дни. Поскольку события смены полярности ММП и ГМВ накладываются друг на друга в этом интервале, то мы не можем говорить о влиянии фактора, который присутствует за сутки до начала ГМВ. В некоторых случаях можно предположить наличие артефакта, на который указывала Т.А. Зенченко¹. Следует отметить, что этот пик менее выражен для ГМВ, в окрестности которых были смены полярности ММП, – так же, как и в случаях смен полярности ММП, в окрестности которых были ГМВ (рис. 4). Второй пик числа АП в +1 сутки (рис. 6) уже не является статистически значимым ($p = 0,086$ по биномиальному критерию) по сравнению с изолированным воздействием ГМВ (рис. 5).

Таким образом, показано, что для анализируемой выборки, число АП увеличивается в дни изолированных во времени геомагнитных возмущений и смен полярности ММП, а взаимное пересечение этих событий в окрестности 4 суток частично нивелирует эффект.

Заключение

В результате анализа распределения авиационных происшествий в период 1910–1940 гг. в окрестности дат смен полярности ММП и геомагнитных возмущений, установлено:

- 1) достоверное увеличение числа АП:
 - как в сутки смен полярности ММП независимо от направления, при условии их разнесённости во времени не только друг от друга (не менее, чем на 5 суток), так и от ГМВ (не менее, чем на 4 суток) ;
 - на следующие сутки после начала ГМВ, при условии разнесённости этих событий во времени не только между собой, но и со сменами полярности ММП;
- 2) в случаях пересечения событий смен полярности ММП и ГМВ в окрестности 4 суток эффекты возрастания АП частично нивелируются.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авиационные происшествия, инциденты и авиакатастрофы в СССР и России: факты, история, статистика [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.airdisaster.ru/>.
2. Авиация Список авиационных катастроф в гражданской авиации [Электронный ресурс] // Вся авиация. От сверхлегких самолетов до бизнес-джетов. 2011. 23 янв. Режим доступа: http://www.vonovke.ru/s/spisok_aviatsionnyh_katastrof_v_grajdanskoy_aviatsii.
3. Бабаев Э.С., Обридко В.Н., Асадов В.В., Мустафа Ф.З., Шустарев П.Н., Аллахвердиев А.Р. Возможное влияние изменений космической погоды на динамику дорожно-транспортных происшествий в средних широтах // Солнечно-земная физика. 2008. Т. 2. Вып.12. С. 340–343.
4. Баранский П.И., Венгер Е.Ф., Гайдар А.В., Забудский И.А. Влияние солнечной активности (геомагнитных бурь) на регуляторные системы человека и адекватность его поведения в стрессовых ситуациях на Земле и в космосе // Электронная обработка материалов. 2004. № 5. С. 65–69.
5. Бекетов В.В., Павлов Ю.В., Зенченко Т.А., Мерзлый А.М. Анализ особенностей геофизической обстановки в моменты авиационных происшествий // Человек и электромагнитные поля. Тезисы докладов II Международной конференции (Саров, 2–6 июня 2007). Саров, 2007. С. 194–199.
6. Брунс А.В., Владимирский Б.М., Эффект космической погоды в нетепловых шумах элементов электроники // Геофизические процессы и биосфера. 2010. Т. 9. № 3. С. 55–65.
7. Васильева Т.Ю. Состояние умственной и физической работоспособности лиц молодого возраста в зависимости от полярности межпланетного магнитного поля Солнца. Дисс... к.биол.н. М., 2010. 101 с.
8. Владимирский Б.М., Брунс А.В. Динамика нетепловых шумов в элементах стандартных электронных устройств – короткие космофизические периоды на установке «Экзакт» // Известия Крымской астрофизической обсерватории. 2007. Т. 103. № 4. С. 314–325.
9. Владимирский Б.М., Брунс А.В. Космическая погода, физико-химические системы и техносфера // Геофизические процессы и биосфера. 2010. Т. 9. № 1. С. 34–62.
10. Владимирский Б.М., Темурьянц Н.А. Влияние солнечной активности на биосферу – ноосферу. М.: Изд-во МНЭПУ 2000. 374 с.

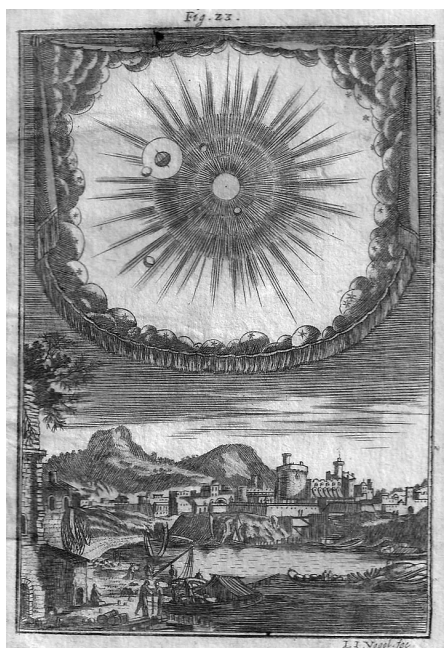
¹ Зенченко Т.А. Скачки плотности солнечного ветра...

11. Горшков Э.С., Иванов В.В. О негативном влиянии космофизических факторов на техносферу // Тезисы второй научной конференции «Базы данных, инструменты и информационные основы полярных геофизических исследований» (22–26 мая 2012 г., ИЗМИРАН). Троицк, 2012. С. 46–47.
12. Григорьев П.Е. Вклад гелиогеофизических факторов в динамику психических состояний // Геофизические процессы и биосфера. 2008. Т. 7. № 3. С. 63–69.
13. Григорьев П.Е., Поскотинова Л.В. Зависимость эффективности биологически обратной связи по параметрам ритма сердца от вариаций геомагнитного поля // Таврический медико-биологический вестник 2008. Т. 12. № 1(45). С. 127–133.
14. Григорьев П.Е., Поскотинова Л.В. Индивидуальные особенности связей динамики вегетативных регуляторных процессов с гелиометеофакторами // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского Серия «Биология, химия». 2007. Т. 20 (59). № 1. С. 47–57.
15. Григорьев П.Е., Поскотинова Л.В., Цандеков П.А. Динамика системных реакций организма человека на космофизические факторы // Таврический медико-биологический вестник. 2008. Т. 11. № 4 (44). С. 124–134.
16. Григорьев П.Е., Поскотинова Л.В., Цандеков П.А., Вайсерман А.М. Зависимость слухомоторной реакции здорового человека от геомагнитной активности // Фізіологічний журнал. 2009. Т. 55. № 3. С. 128–132.
17. Григорьев П.Е., Рагульская М.В., Горго Ю.П., Куцевол И.Б., Вайсерман А.М. Простые и системные реакции организма пожилых людей на квазипериодические гелиогеофизические события // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. 2008. № 2. С. 38–44.
18. Григорьев П.Е., Рагульская М.В., Куцевол И.Б., Вайсерман А.М., Горго Ю.П. Типы реакции сердечно-сосудистой и вегетативной систем у людей пожилого возраста на квазипериодические гелиогеофизические события // Проблемы старения и долголетия. 2007. Т. 16. № 4. С. 311–321.
19. Григорьев П.Е., Хорсева Н.И., Григал П.П., Сергачев И.А., Подзноева З.Л., Храмов В.В. Создание информационной технологии изучения зависимости функционального состояния человека от гелиогеофизических факторов // Геофизические процессы и биосфера. 2010. Т. 9. № 1. С. 63–73.
20. Гурфинкель Ю.И. Ишемическая болезнь сердца и солнечная активность. М.: ИИКЦ «Эльф-3», 2004. 170 с.
21. Гусев А.Н., Кузевский Б.М., Мерзлый А.М., Нечаев О.Ю., Сигаева Е.А., Шмыгов В.А. Анализ связи нейтринного поля Земли с авиационными событиями // Геофизические процессы и биосфера. 2005. Т. 4. № 1/2. С. 117–121.
22. Загускин Ю.С., Иванов В.Н. Исследование связи СА и тяжести последствий ДТП в Москве // Проблемы космической биологии / Под ред. акад. В.Н. Черниговского. Т. 43. М.: Наука, 1982. С. 59–63.
23. Зенченко Т.А. Скачки плотности солнечного ветра и развитие гелиобиологических эффектов в ходе магнитных бурь // Геофизические процессы и биосфера. 2010. Т. 9. № 3. С. 5–20.
24. Зенченко Т.А., Конрадов А.А., Зенченко К.И. Корреляции динамики амплитуды «эффекта ближней зоны» с параметрами ММП // Геофизические процессы и биосфера. 2005. Т. 4. № 1/2. С. 125–132.
25. Зенченко Т.А., Мерзлый А.М. Связь динамики авиационных событий с гелиофизическими процессами // Геофизические процессы и биосфера. 2008. Т. 7. № 2. С. 28–38.
26. Зенченко Т.А., Мерзлый А.М., Янаков А.Т. Анализ характерных особенностей геофизической обстановки в моменты авиационных происшествий, произошедших по разным фактор-причинам [Электронный ресурс] // Тезисы IV Международного конгресса «Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине», СПб.: Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет, 2006. Режим доступа: www.biophys.ru/archive/congress2006/abs-p142.pdf.
27. Зенченко Т.А., Поскотинова Л.В., Рехтина А.Г., Заславская Р.М. Связь параметров колебаний кровотока в микроциркуляторном русле с геомагнитными пульсациями P₃ // Биофизика. 2010. Т. 55. № 4. С. 732–739.
28. Зенченко Т.А., Цандеков П.А., Григорьев П.Е., Мерзлый А.М., Зенченко К.И., Хорсева Н.И., Григал П.П. Исследование характера связей физиологических и психофизиологических показателей организма с метеорологическими и геомагнитными факторами // Геофизические процессы и биосфера. 2008. Т. 7. № 3. С. 25–36.
29. Казанцев Л.В., Ступин В.В. Изучение зависимости значений показателей смертности, вызванной ишемической болезнью сердца от гелиомагнитной активности [Электронный ресурс] // Baikal Research Journal. 2012. № 4. Режим доступа: <http://eizvestia.bgu.ru/reader/article.aspx?id=13865>.
30. Калинин Ю.К. Гелиогеофизические возмущения на авиационные катастрофы первой половины апреля 2010 // НТР. 2012. Т. 91. № 2. С. 3–11.
31. Каменева Е.Г. Влияние гелиогеомагнитной активности на функциональное состояние сердечно-сосудистой системы у здоровых людей и больных ишемической болезнью сердца: Дисс. ... к.биол.н. СПб., 2009. 146 с.
32. Комаров Ф.И., Ораевский В.Н., Сизов Ю.П., Цирюльник Л.Б., Каниниди Х.Д., Ушаков И.Б., Шалимов П.М., Кимлык М.В., Глухов Д.В. Гелиогеофизические факторы и авиационные происшествия // Биофизика. 1998. Т. 43. № 4. С. 742–745.
33. Конрадов А.А., Коломийцев О.П., Иванов–Холодный Г.С., Петров В.Г. Особенности статистики авиационных аварий и ее связь с геомагнитной активностью // Геофизические процессы и биосфера. 2005. Т. 4. № 1/2. С. 121–124.
34. Лётные происшествия в СССР и РФ [Электронный ресурс] // Форум выпускников ЕВВАУЛ (архивный). 2009. 4 февр. Режим доступа: <http://forum.a.evvaul.com/index.php?topic=1023.0>.
35. Лётные происшествия в СССР и РФ [Электронный ресурс] // Форум выпускников ЕВВАУЛ. 2009. 28 дек. Режим доступа: <http://forum.evvaul.com/index.php?topic=248.0>.
36. Масамуро Ш. Сильный эффект солнечной активности в дорожных происшествиях // Влияние солнечной активности на атмосферу и биосферу Земли. М.: Наука, 1971. С. 209–212.
37. Одинцов В.И., Конрадов А.А. Роль секторной структуры ММП в геомагнитных, физико-химических и биофизических процессах // Геофизические процессы и биосфера. 2005. Т. 4. № 1/2. С. 5–18.
38. Орехов М.А., Зенченко Т.А., Мерзлый М.А. Динамика отказов электронных и механических систем самолета в районе дат смены полярности межпланетного магнитного поля // Погода и биосфера: Материалы международной конференции (11–14 октября 2006 г., С.-Петербург). СПб.: Астерион, 2006. С. 86–87.
39. Пилипенко В.А. Электромагнитные аспекты технологической безопасности в Арктике и Антарктике // Вторая научная конференция «Базы данных, инструменты и информационные основы полярных геофизических исследований» (22–26 мая 2012 г., ИЗМИРАН). Троицк, 2012. С. 36–40.
40. Попов Ю.В. Расследование авиационных происшествий: историческая ретроспектива // Авиа панорама. 2013. № 3. С. 38–40.

41. Поскотинова Л.В. Григорьев П.Е. Зависимость типологических особенностей вегетативных реакций здоровых лиц от фоновых показателей гелиометеофакторов // Экология человека. 2008. № 5. С. 3–8.
42. Поскотинова Л.В., Дёмин Д.Б., Кривоногова Е.В. Варианты динамики спектральных показателей электроэнцефалограммы человека в ходе суточных вариаций геомагнитного поля // Экология человека. 2014. № 5. С. 3–8.
43. Такие разные у самолётов судьбы [Электронный ресурс]. 2014. 12 июля. Режим доступа: <http://aviaip.info/1960-e-voennye.html>.
44. Холодов Ю. А. Мозг в электромагнитных полях. М.: Наука. 1982. 123 с
45. Хорсева Н.И. Возможность использования психофизиологических показателей для оценки влияния космофизических факторов (обзор) // Геофизические процессы и биосфера. 2013. Т. 12. № 2. С. 34–56.
46. Хорсева Н.И., Григорьев П.Е., Килесса Г.В. Воздействие космофизических факторов на центральную нервную систему человека: вопросы воспроизводимости результатов лонгитюдных исследований Тезисы XII Международного междисциплинарного конгресса «Нейронаука для медицины и психологии». (Судак, Крым, Россия, 1–11 июня 2016). Судак, 2016. С.435–436.
47. Цандеков П.А. Влияние космических экологических факторов на организм населения Республики Крым // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. Серия: Педагогика. Психология. 2016. № 1.С. 151–160.
48. Чижевский А.Л. Космический пульс жизни: Земля в объёмах Солнца. Гелиотараксия. М.: Мысль. 1995. 770 с.
49. "ASN Aviation Safety Database." *Aviation Safety Network*. Flight Safety Foundation, n.d. Web. <<http://aviation-safety.net/database/>>.
50. Čop R., Mihajlović J., Cander R. "Magnetic Storms and Their Influence on Navigation." *Pomorstvo [Journal of Maritime Studies]* 22.1 (2008): 89–99.
51. Fournier N.M., Persinger M.A. "Geophysical Variables and Behavior: C. Increased Geomagnetic Activity on Days of Commercial Air Crashes Attributed to Computer or Pilot Error but Not Mechanical Failure." *Perceptual and Motor Skills*. 98.3(2) (2004): 1219–1224.
52. Gummow R.A. "Geophysical Variables and Behavior: C. Increased Geomagnetic Activity on Days of Commercial Air Crashes Attributed to Computer or Pilot Error but Not Mechanical Failure." *Perceptual and Motor Skills* 98.3(2). (2004): 1219–1224.
53. Khorseva N.I., Grigoryev P.Ye., Kilessa G.V., Ovsyannikova N.M., Glivenko A.V., Pobachenko S.V., Sokolov M.V. "Parameters of Simple Audio–motor Reaction as One of the Possible Indicators of Sensitivity of the Central Nervous System to Cosmophysical Factors: Global and Local Effects." *Crimean Journal of Experimental and Clinical Medicine* 3.1-2 (2013): 7–9.
54. Sadovski K., Spomenko J. Mihajlovic S.J., Čop R. "Influence of Magnetic Storm on Compass." *MGB* (2008): 11–20.
55. Verma P.L. "Traffic Accident in India in Relation with Solar and Geomagnetic Activity Parameters and Cosmic Ray Intensity (1989 to 2010)." *International Journal of Physical Sciences* 8.10 (2013): 388–394.
56. Vokhmyanin M.V., Ponyavin D.I. "Inferring Interplanetary Magnetic Field Polarities from Geomagnetic Variations." *Journal of Geophysical Research* 117 (2012): A06102. doi:10.1029/2011JA017060
57. Wilcox J.M., Scherrer P.H., Svalgaard L., Roberts W.O., Olson R.H., Ro L.J. "Influence of Solar Magnetic Sector Structure on Terrestrial Atmospheric Vorticity." *J. Atmos. Sci.* 31 (1974): 581–588.

Цитирование по ГОСТ Р 7.0.11—2011:

Григорьев, П. Е., Хорсева, Н. И., Владимирский, Б. М. Авиационные происшествия и космофизические факторы: ретроспективный анализ данных 1910–1940 гг. / П.Е. Григорьев, Н.И. Хорсева, Б.М. Владимирский // *Пространство и Время*. — 2016. — № 3–4(25–26). — С. 251–260. Стационарный сетевой адрес: 2226-7271prov_r_st3_4-25_26.2016.102.



Солнце и планеты над городом.
Гравюра из карты небесного свода. 1719