

УДК 528.2:550.341:550.24

## О ВОЗМОЖНОСТИ ФОРМУЛИРОВКИ ПРОГНОСТИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ОПАСНЫХ АТМОСФЕРНЫХ ЯВЛЕНИЙ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ВАРИАЦИЙ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ

© 2024 г. А. А. Спивак\*, Б. Г. Гаврилов, С. А. Рябова, А. В. Тихонова

*Институт динамики геосфер имени академика М. А. Садовского РАН, Москва, Россия**\*E-mail: spivak@idg.ras.ru*

Обсуждается новый подход к разработке комплексного прогностического признака атмосферных фронтов, вызывающих опасные атмосферные явления, в виде ураганов, шквалов, сильных гроз и залповых осадков. Подход основан на анализе совместных вариаций метеопараметров атмосферы и геофизических полей (в первую очередь электрического и магнитного) в период, предшествующий приходу фронта и наступлению наиболее интенсивной фазы указанных опасных явлений. Показано, что за 5–8 часов до прихода мощных атмосферных фронтов 2-го рода наблюдаются вариации геофизических характеристик приземной атмосферы, которые могут быть положены в основу формулировки прогностических признаков опасных атмосферных явлений. Приведенные данные могут быть использованы для предупреждения негативных последствий и повышения надежности краткосрочного прогноза негативных по последствиям атмосферных явлений.

**Ключевые слова:** атмосфера, атмосферный фронт, ураган, шквал, гроза, ливень, параметры турбулентности атмосферы, акустические колебания, электрическое поле, магнитное поле, концентрация твердых частиц, вариация, прогностический признак.

**Для цитирования:** Спивак А.А., Гаврилов Б.Г., Рябова С.А., Тихонова А.В. О возможности формулировки прогностических признаков опасных атмосферных явлений на основе анализа вариаций геофизических полей // Динамические процессы в геосферах. 2024. Т. 16. № 4. С. 54–63. [https://doi.org/10.26006/29490995\\_2024\\_16\\_4\\_54](https://doi.org/10.26006/29490995_2024_16_4_54)

### Введение

Наблюдающееся в последнее время повсеместно достаточно резкое увеличение количества опасных атмосферных явлений в виде ураганов, шквалов, сильных гроз и ливневых осадков залпового типа свидетельствует не только об изменении погодных условий на Земле, но также об определенной тенденции в изменении земного климата. Не случайно правительства развитых стран, в том числе и России, ставится задача, связанная с адаптацией к изменениям климата [Указ, 2024; Climate, 2021]. Адаптация предполагает в первую очередь предупреждение негативных последствий опасных атмосферных явлений, что приводит к необходимости разработки новых перспективных подходов к формулировке их прогностических признаков. Здесь следует отметить, что в большинстве случаев рассматриваемые опасные явления возникают в холодной фронтальной зоне циклонов [Спивак и др., 2022a]. При этом эти явления проявляются выборочно и часто локально, что существенно усложняет предсказание их появлений [Спивак и др., 2022b].

Используемые в практической метеорологии способы и методы прогноза сильных атмосферных явлений основываются, как правило, на анализе метеорологической обстановки [Алексеева, 2017; Атмосфера..., 1991; Дашко, 2005; Куликова и др., 2024], что дает неплохие результаты её прогнозирования для конкретных регионов. Однако, как показывает опыт, такой подход характеризуется известной неопределенностью в оценках конкретного района, времени, а главное интенсивности сопутствующих атмосферным процессам опасных последствий. В связи с этим представляется перспективным рассмотрение геофизических эффектов, сопровождающих сильные

атмосферные процессы циклонического типа с целью разработки прогностических признаков их негативных и катастрофических последствий в виде перечисленных выше опасных атмосферных явлений [Спивак, Рябова, 2022]. Основным интерес при этом вызывает рассмотрение вариаций геофизических полей, которые сопутствуют прохождению мощных холодных атмосферных фронтов 2-го рода, сопровождающихся сильными турбулентными и конвективными движениями воздушных масс [Атмосфера..., 1991]. Это приводит в окрестности линии атмосферного фронта и вдоль его фронтальной поверхности к генерации акустико-гравитационных (АГВ) и внутренних гравитационных (ВГВ) волн и вызывает электрические и магнитные эффекты [Адушкин, Спивак, 2021; Кузнецов и др., 2007; Пхалагов и др., 2009]. Одновременно с этим холодный атмосферный фронт проявляется в амплитудно-частотных характеристиках сейсмического шума [Adushkin et al., 2008; Loktev, Spivak, 2008].

Вызванные фронтальными возмущениями барические вариации в атмосфере, скорость распространения которых выше скорости движения атмосферного фронта [Spivak et al., 2018], опережают фронт и регистрируются до его прихода в пункты регистрации. Акустические возмущения и вызванные ими и электрическими процессами в кучево-дождевых облаках возмущения электрического и магнитного полей являются основанием для разработки прогностических признаков приближающегося сильного атмосферного события.

В настоящей работе рассматриваются геофизические эффекты, сопутствующие прохождению сильных атмосферных фронтов, которые могут быть положены в основу комплексного прогностического признака опасных атмосферных явлений. В общей сложности рассмотрено 32 события указанного типа, которые произошли за период 2009–2024 гг.

### Исходные данные

В качестве исходных данных использовались цифровые ряды инструментальных наблюдений, постоянно выполняемых на уникальной научной установке Среднеширотный комплекс геофизических наблюдений «Михнево» (УНУ СКГН «Михнево»), на базе Геофизической обсерватории «Михнево» (МНУ) ИДГ РАН<sup>1</sup> (GEO: 54.95° с.ш., 37.73° в.д.; CGM: 51.12° с.ш., 11.79° в.д.), и в Центре геофизического мониторинга Москвы (ЦГМ) ИДГ РАН (GEO: 55.71° с.ш., 37.57° в.д.). Привлекались данные, полученные в периоды прохождения холодных атмосферных фронтов, которые сопровождаются ураганами, шквалами и сильными грозами.

Регистрация микропульсаций атмосферного давления выполнялась с помощью микробарометров МБ-03 в диапазоне амплитуд 0.01–200 Па (частотный диапазон по уровню -3дБ составлял 0.0003–10 Гц). Вертикальная компонента напряженности атмосферного электрического поля  $E_z$  измерялась с помощью электростатического флюксметра ИНЭП, обеспечивающего регистрацию  $E_z$  в интервале от 1 В/м до 6–10 кВ/м в частотном диапазоне 0–20 Гц. Регистрация трех компонент индукции магнитного поля  $B_x$ ,  $B_y$  и  $B_z$  в направлениях соответственно:  $x$  – на географический север,  $y$  – на географический восток,  $z$  – вертикальная компонента вниз и их вариаций с периодами, превышающими 1 с, выполнялась в МНУ с помощью трехкомпонентного магнитометра LEMI-018, обеспечивающего измерения в диапазоне ~ 68000 нТл с разрешением 10 пТл (частота выборки 1 Гц).

Метеорологические параметры атмосферы (температура  $T$  и влажность  $W$  воздуха, атмосферное давление  $P_0$ , скорость ветра  $V$ , мощность солнечного излучения  $S$ ) регистрировались с помощью профессиональной автоматизированной цифровой метеостанции Davis Vantage Pro2, дооснащенной измерителем АМК-04 с функцией определения не только метеорологических, но и турбулентных параметров атмосферы.

Вариации массовой концентрации мелкодисперсных частиц в воздухе в разных диапазонах их размеров определялись с помощью оригинальной системы на основе аппаратной платформы Arduino Uno и лазерного датчика микрочастиц Sensirion SPS30 [Рыбнов и др., 2023]. Обработка цифровых рядов с определением амплитудных, временных спектральных характеристик рассматриваемых

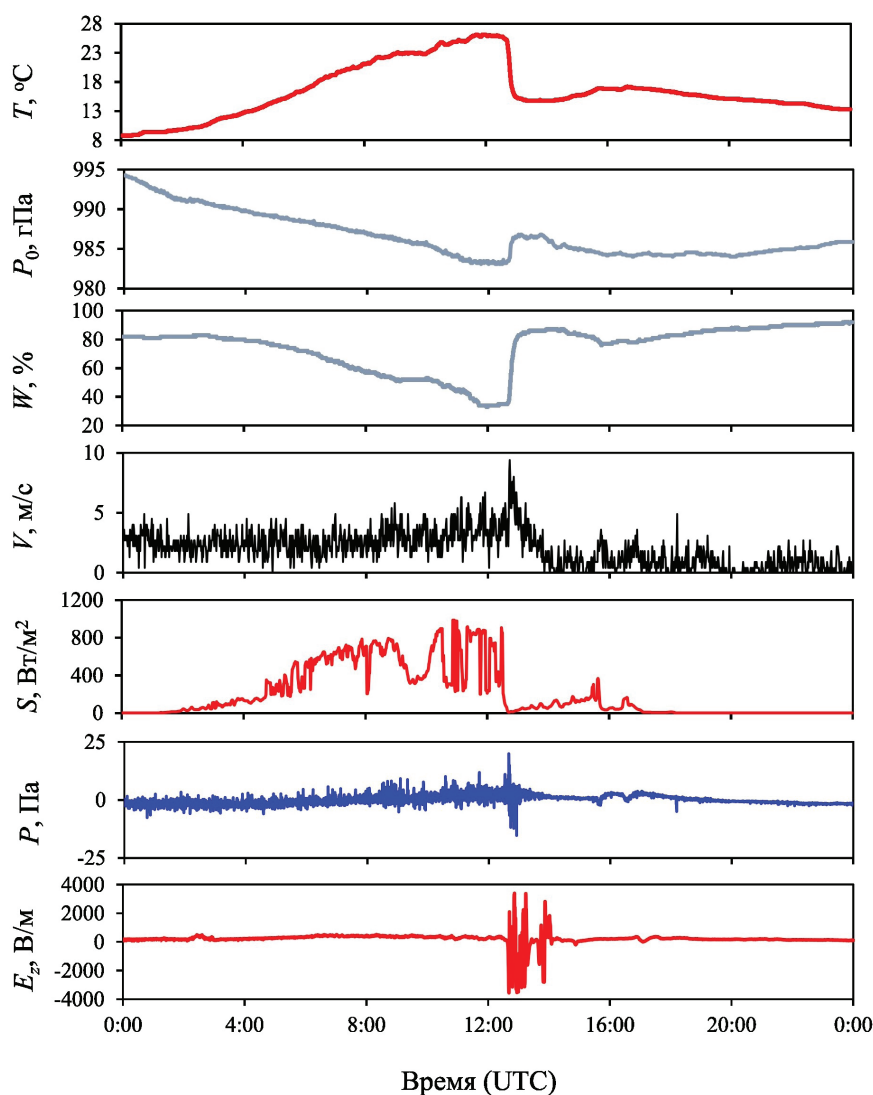
<sup>1</sup> Обсерватория расположена в ~ 85 км южнее г. Москвы.

геофизических полей выполнялась с использованием методов анализа цифровых рядов и выделения полезных сигналов, предложенных в работе [Хаттон и др., 1989].

### Геофизические эффекты в период прохождения холодных атмосферных фронтов

Прохождение холодного атмосферного фронта проявляется резким падением температуры воздуха  $T$ , скачком атмосферного давления  $P_0$ , увеличением влажности воздуха  $W$  и средней горизонтальной скорости ветра  $V$ , а также резким падением мощности солнечного излучения  $S$ , что связано с интенсивным формированием мощной кучево-дождевой ( $c_b$ ) облачности. Одновременно с этим в период прохождения холодного атмосферного фронта наблюдаются повышенные амплитуды микробарических вариаций  $P$ . В качестве примера на рис. 1 приведены результаты регистрации метеопараметров в период известного по своим весьма негативным последствиям (вследствие сильного ветра ураганного типа погибли люди, повалено большое количество деревьев, нанесен существенный ущерб постройкам) в г. Москве события – прохождение мощного холодного атмосферного фронта 29.05.2017 г. [Куличков и др., 2019; Spivak et al., 2018b].

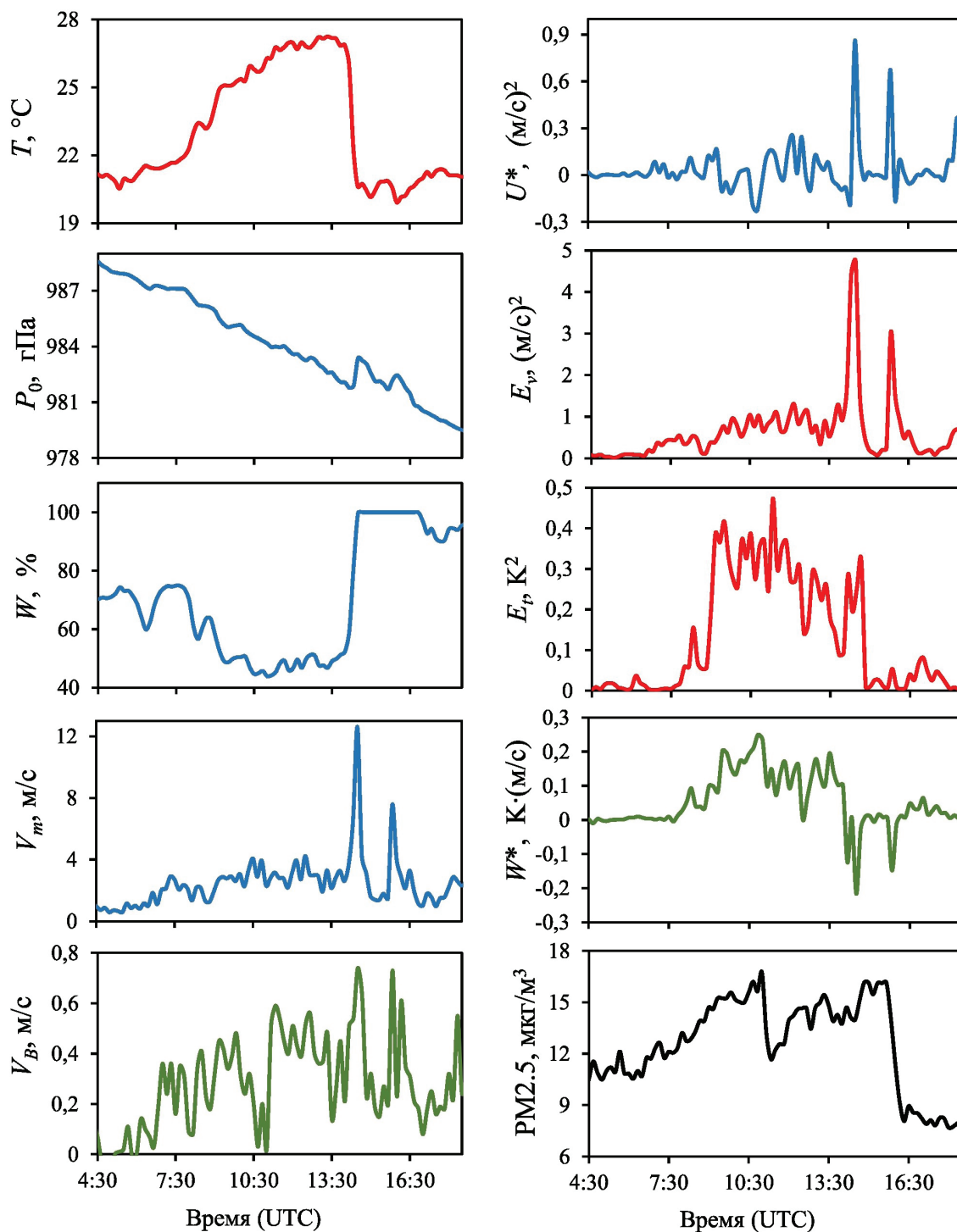
Как это следует из данных рис. 1, прохождение холодного атмосферного фронта 2-го рода вызвало падение температуры воздуха на  $\sim 10^\circ \text{C}$  и значительные изменения в суточном ходе метеопараметров



**Рис. 1.** Вариации метеопараметров, амплитуды микробарических вариаций и вертикальной компоненты атмосферного электрического поля  $E_z$  в период прохождения атмосферного фронта 29.05.2017 г. по данным ЦГМ (скорость ветра  $V$  усреднена по 1 мин интервалу)

и мощности солнечного излучения. Наблюдалось также заметное увеличение скорости ветра (порывы ветра достигали величины, превышающей 30 м/с) и амплитуды микробарических вариаций.

Наряду с этими эффектами прохождение фронта вызывает заметное увеличение вертикальной скорости воздушных потоков  $V_z$  и значительную интенсификацию турбулентных движений воздушных масс у земной поверхности. В качестве иллюстрации на рис. 2 приведены результаты инструментальных наблюдений за состоянием атмосферы в период прохождения холодного атмосферного фронта 2-рода 18.07.2023 г., включая данные измерителя АМК-04 [Корольков, 2016]. Данные рис. 2 показывают, что



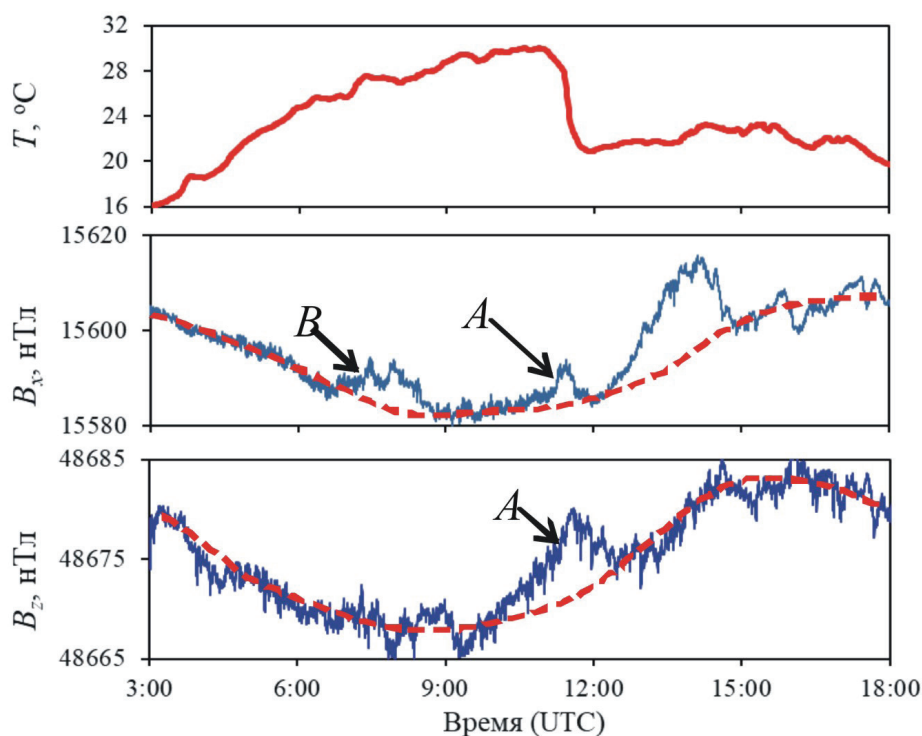
**Рис. 2.** Параметры приземной атмосферы в период прохождения холодного атмосферного фронта 2-го рода 18.07.2023 г. по данным ЦГМ

холодный атмосферный фронт, вызвавший резкое падение температуры воздуха  $T$  на  $\sim 7^\circ \text{C}$ , скачки атмосферного давления  $P_0$  на  $\sim 100 \text{ Па}$ , увеличение влажности воздуха  $W$  на  $\sim 50\%$  и мгновенной горизонтальной скорости ветра  $V_m$  на  $\sim 10 \text{ м/с}$ , сопровождался значимыми флуктуациями средней скорости вертикального ветра  $V_v$ , нерегулярными увеличениями момента потока импульса  $U^*$ , полной энергией турбулентных движений воздушных масс  $E_v$  и резким падением момента потока тепла  $W^*$ .

Сопутствующие атмосферному фронту нерегулярные движения воздушных масс совместно со формированием кучево-дождевой облачности конвективного происхождения вызывают достаточно высокие по амплитуде вариации вертикальной компоненты напряженности атмосферного электрического поля  $E_z$ , что демонстрируют данные рис. 1.

Движение сформировавшейся электрически заряженной облачности и сложные движения, включая турбулентные, воздушных масс, несущих электрические заряды, вызывают магнитные эффекты. Поскольку эти эффекты представляют определенный интерес с точки зрения оценки размеров турбулентных вихрей и скоростей циркуляции воздушных масс, следует рассмотреть их более детально.

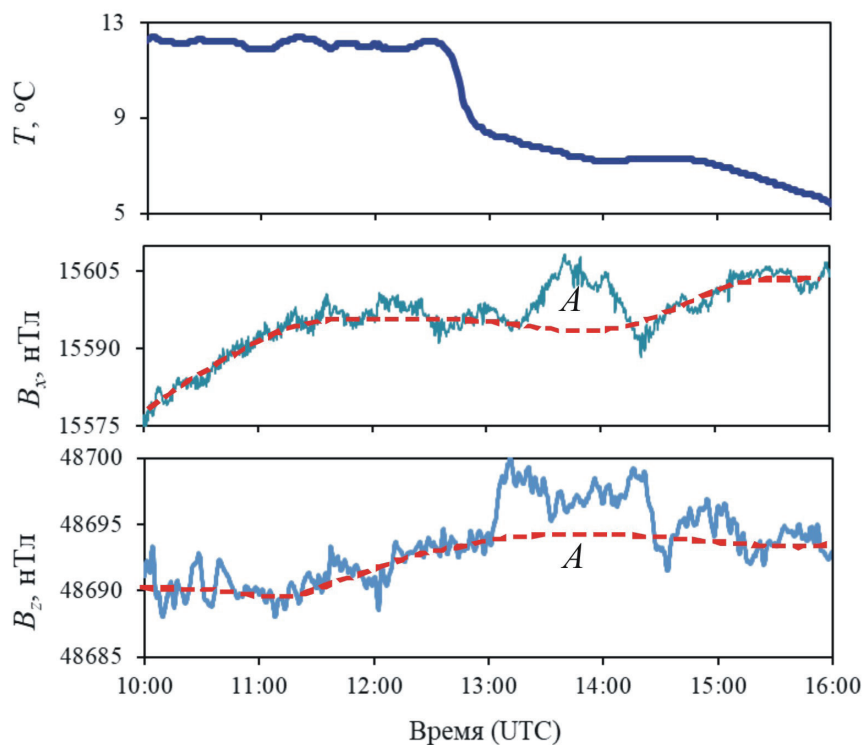
На рис. 3 приведены вариации основной горизонтальной и вертикальной компонент индукции магнитного поля в приземной атмосфере в период прохождения холодного атмосферного фронта 30.06.2018 г.



**Рис. 3.** Вариации индукции магнитного поля в период прохождения холодного атмосферного фронта 30.06.2018 г. по данным УНУ СКГН (пунктиром обозначен тренд). Вызванные вариации:  $A$  – в период прохождения фронта,  $B$  – предшествующие приходу фронта в точку наблюдения

Из данных рис. 3 следует, что прохождение холодного атмосферного фронта, характеризующегося падением температуры воздуха на  $\sim 8^\circ \text{C}$  в 11:05 UTC, вызвало заметные вариации во временном ходе компонент  $B_x$  и  $B_z$ . При этом первоначально магнитное поле отреагировало вариацией в виде положительной бухты в период с 11:09 до 11:58 UTC с максимальной амплитудой  $\sim 5 \text{ нТл}$  ( $A$ ) в 11:17 UTC, затем в зафронтальной зоне, где интенсивно формировалась облачность, магнитные вариации проявились в виде повышенных знакопеременных вариаций рассматриваемых компонент  $B_x$  и  $B_z$  с максимальной амплитудой соответственно  $\sim 8$  и  $\sim 18 \text{ нТл}$ .

Вызванные атмосферным фронтом вариации магнитной индукции в период прохождения холодного атмосферного фронта 27.09.2018 г. приведены на рис. 4. Данные рис. 4 показывают, что прохождение холодного атмосферного фронта, характеризующегося падением температуры воздуха на  $\sim 4^\circ \text{C}$ , вызвало в период с  $\sim 12:50$ – $14:10$  UTC заметные вариации в ходе компонент  $B_x$  и  $B_z$  с максимальной амплитудой соответственно около 13 и  $\sim 5.5$  нТл.



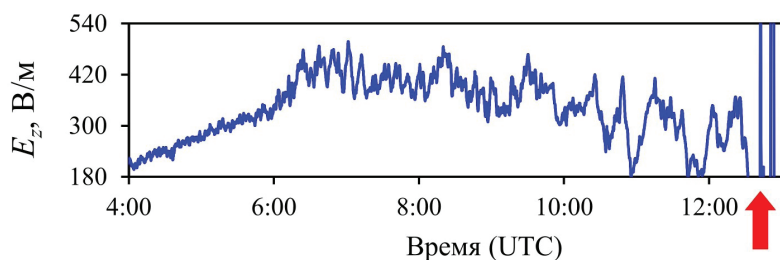
**Рис. 4.** Вариации индукции магнитного поля в период прохождения холодного атмосферного фронта 27.09.2018 г. по данным УНУ СКГН (пунктиром обозначен тренд)

Значительные изменения влажности воздуха на атмосферном фронте и в прилегающей зафронтной области совместно с вариациями параметров движения воздушных масс влияют на содержание в приземном слое атмосферы свободно левитирующих мелкодисперсных частиц. Это вызывает понижение концентрации мелких фракций твердых частиц, что хорошо демонстрирует рис. 2, на котором приведены вариации концентрации в приземной атмосфере твердых частиц размером 2.5 мкм (PM2.5) в период прохождения мощного холодного фронта.

### Геофизические эффекты, опережающие приход холодных атмосферных фронтов

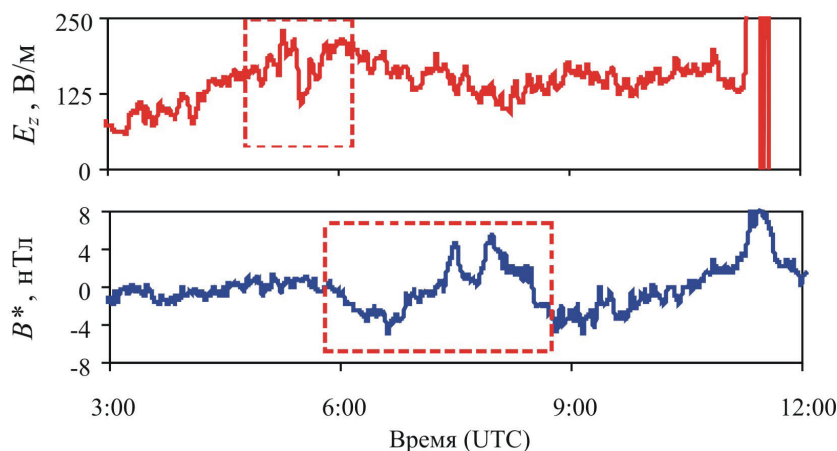
Как отмечалось ранее [Спивак и др., 2022a], вызываемые холодным атмосферным фронтом 2-го рода возмущения геофизических характеристик приземной атмосферы (в первую очередь в виде ВГВ) распространяются на значительные расстояния, но главное опережают фронт на  $\sim 5$ – $8$  часов в зависимости от мощности атмосферного фронта. Это позволяет рассматривать эти возмущения как прогностические признаки потенциально опасных атмосферных фронтов, вызывающих такие явления как ураганы, шквалы, сильные грозы и залповые ливни. В настоящей работе основное внимание было уделено предшествующим приходу опасного холодного фронта вариациям напряженности электрического поля. Анализ данных показал, что действительно перед приходом мощного атмосферного фронта наблюдаются повышенные вариации вертикальной компоненты напряженности электрического поля  $E_z$ .

В качестве примера на рис. 5 приведены результаты регистрации атмосферного электрического поля в ЦГМ за 29.05.2017 г. (см. рис. 1). Из рис. 5 следует, что примерно за 6 часов до прихода фронта наблюдается возникновение знакопеременных вариаций  $E_z$  с максимальной амплитудой, достигающей  $\sim 130$  В/м.



**Рис. 5.** Вариации напряженности электрического поля, предшествующие приходу холодного атмосферного фронта 29.05.2017 г. (данные ЦГМ). Стрелкой отмечено время прихода фронта в точку наблюдения

В качестве другого примера на рис. 6 приведены результаты регистрации напряженности электрического поля 30.06.2018 г. Для сравнения на рис. 6 приведены вариации горизонтальной компоненты индукции магнитного поля относительно тренда  $B^*$ . Из рис. 6 видно, что примерно за 6 часов до прихода фронта наблюдаются знакопеременные вариации  $E_z$  с максимальной амплитудой около 70 В/м. Также представляет интерес тот факт, что по данным рис. 6 предшествующие приходу атмосферного фронта магнитные вариации ( $B_x$  и  $B_z$  на рис. 3) запаздывают относительно вариаций электрического поля. Этот вопрос требует отдельного рассмотрения, однако в целом приведенные данные соответствуют имеющимся наблюдениям геофизических эффектов, сопутствующих сильным землетрясениям, падениям космических тел (взрывы болидов) и вулканическим извержениям [Адушкин и др., 2022; 2023; Спивак и др., 2024].



**Рис. 6.** Вариации напряженности электрического поля и магнитной индукции, предшествующие приходу холодного атмосферного фронта 30.06.2018 г. по данным УНУ СКГН (выделены пунктиром)

## Заключение

Приведенные данные показывают, что прохождение мощных холодных атмосферных фронтов 2-го рода, которым сопутствуют опасные атмосферные явления в виде локально проявляющихся ураганов, шквалов, сильных гроз и осадков залпового типа, сопровождаются вариациями геофизических полей приземной атмосферы не только в период прохождения фронта, но также в предшествующие времена за примерно 5–8 часов до подхода активной фронтовой ячейки. Особый интерес вызывают в этом случае вариации электрического и магнитного полей.<sup>2</sup> Достаточно высокая синхронность

<sup>2</sup>Окончательное подтверждение характера электрического и магнитного эффектов может быть получено после изучения их пространственных параметров в сопоставлении с пространственными характеристиками холодных фронтов. Исследования указанных эффектов в настоящее время в ИДГ РАН продолжаются.

вариаций этих полей с хорошо выраженными вариациями метеопараметров свидетельствует о том, что электрический и магнитный эффекты имеют локальный характер и связаны с возмущением электродинамических процессов в приземной атмосфере в области, расположенной непосредственно над точкой регистрации.

По мнению авторов, полученные данные позволяют рассматривать вариации геофизических характеристик приземной атмосферы, предшествующие приходу холодного фронта 2-го рода, в качестве возможного прогностического признака опасных атмосферных явлений. Планируемое продолжение исследований в данном направлении связано с формированием базы данных, которая при соответствующей статистике позволит оценивать локацию и возможное время проявления опасных атмосферных явлений на основе анализа вариаций геофизических характеристик атмосферы в предшествующие приходу фронта времена.

### **Финансирование**

*Исследования выполнены в рамках государственных заданий Министерства науки и высшего образования РФ (темы №№ 122032900185-5 и 122032900175-6).*

### **Список литературы**

- Адушкин В.В., Рыбнов Ю.С., Рябова С.А., Спивак А.А., Тихонова А.В. Геофизические эффекты серии сильных землетрясений в Турции 06.02.2023 г. // Физика Земли. 2023. № 6. С. 142–152. <http://doi.org/10.31857/S0002333723060017>
- Адушкин В.В., Рыбнов Ю.С., Спивак А.А. Волновые, электрические и магнитные эффекты катастрофического извержения вулкана Хунга-Тонга-Хунга-Хаапай 15.01.2022 г. // Вулканология и сейсмология. 2022. № 4. С. 17–30. <http://doi.org/10.31857/S0203030622040022>
- Адушкин В.В., Спивак А.А. Воздействие экстремальных природных событий на геофизические поля в среде обитания // Физика Земли. 2021. № 5. С. 6–16.
- Алексеева А.А. Прогноз ураганных ветров внетропических циклонов на территории России // Метеорология и гидрология. 2017. № 1. С. 5–15.
- Атмосфера. Справочник / Под ред. Ю. С. Седунова. М. : Гидрометеиздат. 1991. – 510 с.
- Дашко Н.А. Курс лекций по синоптической метеорологии. ДВГУ. Владивосток. 2005. <http://sites.google.com/site/dashkonina/Home>
- Корольков В.А. Автоматизированные акустические и оптико-электронные комплексы и системы для экологического и метеорологического мониторинга атмосферы: Дисс. на соискание уч. степ. докт. техн. наук. ФГБУН «Институт мониторинга климатических и экологических систем» СО РАН. 2016. – 471 с.
- Кузнецов В.В., Чернева Н.В., Дружин Г.И. О влиянии циклонов на атмосферное электрическое поле Камчатки // Доклады академии наук. 2007. Т. 412. № 4. С. 547–551. <https://elibrary.ru/iaakmj>
- Куликова И.А., Вильфанд Р.М., Хан В.М., Круглова Е.Н., Тищенко В.А., Емелина С.В., Каверина Е.С., Набокова Е.В., Субботин А.В., Сумерова К.А., Толстых М.А. Климатические прогнозы. Часть I. Современное состояние и перспективы развития // Метеорология и гидрология. 2024. № 7. С. 5–24. <http://doi.org/10.52002/0130-2906-2024-7-5-24>
- Куличков С.Н., Чунгузов И.П., Попов О.Е., Перепелкин В.Г., Голикова Е.В., Буш Г.А., Репина И.А., Цыбульская Н.Д., Горчаков Г.И. Внутренние гравитационные и инфразвуковые волны во время урагана в Москве 29 мая 2017 г. // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2019. Т. 55. № 2. С. 32–40. <https://doi.org/10.31857/S0002-351555232-40>
- Пхалагов Ю.А., Ипполитов И.И., Нагорский П.М., Одинцов С.Л., Панченко М.В., Смирнов С.В., Ужegov В.Н. Связь аномальных атмосферных условий с изменчивостью электрического поля // Оптика атмосферы и океана. 2009. Т. 22. № 1. С. 25–30. <https://elibrary.ru/jwjmvl>
- Рыбнов Ю.С., Крашенинников А.В., Локтев Д.Н., Рыбнов С.Ю., Соловьев С.П., Спивак А.А. Развитие системы комплексных инструментальных наблюдений за геофизическими полями в Центре геофизического мониторинга Москвы ИДГ РАН // Сейсмические приборы. 2023. Т. 59. № 1. С. 33–47. <http://doi.org/10.21455/s2023.1-3>
- Спивак А.А., Овчинников В.М., Рыбнов Ю.С., Рябова С.А., Харламов В.А. Сейсмические, атмосферно-волновые, электрические и магнитные эффекты мощных атмосферных фронтов // Физика Земли. 2022а. № 4. С. 56–70. <http://doi.org/10.31857/S0203030622040022>

Спивак А.А., Рыбнов Ю.С., Рябова С.А. Комплексный прогностический признак опасных атмосферных явлений // Доклады академии наук. Науки о Земле. 2022б. Т. 504. № 1. С. 69–74. <http://doi.org/10.31857/S2686739722050152>

Спивак А.А., Рыбнов Ю.С., Рябова С.А., Соловьев С.П., Харламов В.А. Акустический, магнитный и электрические эффекты извержения вулкана Стромболи (Италия) в июле-августе 2019 г. // Физика Земли. 2020а. № 5. С. 117–130. <http://doi.org/10.31857/S0002333720050129>

Спивак А.А., Рябова С.А. Геофизические эффекты сильных атмосферных фронтов // Доклады академии наук. Науки о Земле. 2022. Т. 502. № 1. С. 26–31.

Спивак А.А., Рябова С.А., Тихонова А.В. Геофизические эффекты при падении болида на западе Белгородской области 30.04.2024 г. // Динамические процессы в геосферах. 2024. Т. 16. № 2. С. 55–62. [http://doi.org/10.26006/29490995\\_2024\\_16\\_2\\_55](http://doi.org/10.26006/29490995_2024_16_2_55)

Указ Президента РФ от 18.06.2024 N 529 «Об утверждении приоритетных направлений научно-технологического развития и перечня важнейших наукоемких технологий».

Хаттон Л., Уэрдингтон М., Мейкин Дж. Обработка сейсмических данных. Теория и практика: Пер. с англ. М. : Мир 1989. – 216 с.

Adushkin V.V., Loktev D.N., Spivak A.A. The effect of baric disturbances in the atmosphere on microseismic // Izvestiya, Physics of the Solid Earth. 2008. Vol. 44 (6). P. 510–517. <https://doi.org/10.1134/S1069351308060086>

Climate change 2021 // The Physical Science Basis. IPCC Sixth Assessment Report. Geneva, 2021. – 3949 p.

Loktev D.N., Spivak A.A. Variations in the high-frequency component of a microseismic background during baric perturbations in the atmosphere // Doklady Earth Sciences. 2008. Vol. 418 (1). P. 136–139. <https://doi.org/10.1134/S1028334X08010303>

Spivak A.A., Rybnov Yu.S., Soloviev S.P., Kharlamov V.A., Soloviev A.V. Acoustic and electric field variations during strong frontal disturbances propagation: Processing SPIE 10833, 24th International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics (2–5 July 2018. Tomsk, Russian Federation). 2018. P. 10833Z. <http://doi.org/10.1117/12.25023>

Spivak A.A., Rybnov Yu.S., Kharlamov V.A. Variations in geophysical fields during hurricanes and squalls // Doklady Earth Sciences. 2018b. Vol. 480. Part 2. P. 788–791. <https://doi.org/10.1134/S1028334X18060193>

## **ON THE POSSIBILITY OF FORMULATING PROGNOSTIC SIGNS OF DANGEROUS ATMOSPHERIC PHENOMENA BASED ON THE ANALYSIS OF VARIATIONS IN GEOPHYSICAL FIELDS**

© 2024 A. A. Spivak\*, B. G. Gavrilov, S. A. Riabova, A. V. Tikhonova

*Sadovsky Institute of Geospheres Dynamics of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

*\*E-mail: spivak@idg.ras.ru*

We discuss a new approach to the development of a comprehensive prognostic feature of atmospheric fronts causing dangerous atmospheric phenomena in the form of hurricanes, squalls, severe thunderstorms and volley precipitation. Our approach is based on the analysis of joint variations of meteorological parameters of the atmosphere and geophysical fields (primarily electric and magnetic fields) in the period preceding the arrival of the front and the onset of the most intense phase of these dangerous phenomena. It is shown that 5–8 hours before the arrival of powerful atmospheric fronts of the 2nd kind, variations in the geophysical characteristics of the surface atmosphere are observed, which can be used as the basis for the formulation of prognostic signs of dangerous atmospheric phenomena. The data provided can be used to prevent negative consequences and increase the reliability of short-term forecasting of negative effects of atmospheric phenomena.

**Keywords:** atmosphere, atmospheric front, hurricane, squall, thunderstorm, downpour, atmospheric turbulence parameters, acoustic vibrations, electric field, magnetic field, concentration of solid particles, variation, prognostic sign.