

УДК 524.1

ДИНАМИКА ПОВЕДЕНИЯ ЗОНАЛЬНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ И B_z -КОМПОНЕНТЫ МЕЖПЛАНЕТНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ В ПЕРИОДЫ ГЕОМАГНИТНЫХ БУРЬ В 23 И 24 ЦИКЛАХ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

© 2021 г. А. С. Зверев¹*, С. А. Стародубцев¹, В. Г. Григорьев¹, П. Ю. Гололобов¹

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Федеральный исследовательский центр “Якутский научный центр Сибирского отделения
Российской академии наук”, Институт космофизических исследований и астрономии имени Ю.Г. Шафера
Сибирского отделения Российской академии наук, Якутск, Россия

*E-mail: zverevas@ikfia.ysn.ru

Поступила в редакцию 21.06.2021 г.

После доработки 05.07.2021 г.

Принята к публикации 28.07.2021 г.

В ИКФИА СО РАН на основе использования метода глобальной съемки и анализа поведения зональных (северо-южных) составляющих распределения космических лучей в реальном времени проводится прогноз геомагнитных возмущений с $D_{st} < -50$ нТл. Исследована связь динамики вариаций B_z -компоненты во время геомагнитных бурь с поведением зональных составляющих космических лучей в 23 и 24 циклах солнечной активности.

DOI: 10.31857/S0367676521110405

ВВЕДЕНИЕ

В периоды геомагнитных бурь наблюдаются различные аномальные вариации значений B_z -компоненты возмущенного межпланетного магнитного поля (ММП). При этом можно выделить два характерных момента в поведении возмущенной B_z -компоненты. Первое – перед началом или в начальной фазе геомагнитной бури наблюдается увеличение значения положительной B_z -компоненты, которое затем меняет знак. Во втором случае наоборот, наблюдается большая отрицательная B_z -компонента в начале возмущения, которая сменяется на аномальную положительную. Основой проводимого в ИКФИА СО РАН мониторинга геомагнитных бурь [1], является анализ текущего поведения зональных (северо-южных) компонент распределения космических лучей (КЛ), рассчитываемых методом глобальной съемки [2] по данным международной базы данных нейтронных мониторов [3] в реальном времени [4]. Как показали проведенные нами исследования, основными предикторами в КЛ, эффективно реагирующих на приближение к Земле геоэффективных возмущений межпланетной среды, являются изменения амплитуд зональных (северо-южных) компонент высокочастотной части изотропной интенсивности КЛ

(C_{00}) и первых двух моментов их углового распределения (C_{10} и C_{20}). Превышение положительного значения каждого из этих компонент 0.7% или их сумм величины 1% служит предиктором геомагнитной бури [5]. Результаты проводимого мониторинга показывают, что в среднем с вероятностью ≥ 0.7 геомагнитные возмущения с $D_{st} < -50$ нТл имеют предиктор по результатам обработки данных мировой сети нейтронных мониторов методом глобальной съемки. В данной работе исследуется связь динамики вариаций B_z -компоненты ММП в периоды геомагнитных бурь с поведением зональных составляющих вариаций КЛ перед началами сильных возмущений магнитного поля земли в 23-м и 24-м циклах солнечной активности.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ

Для анализа связи динамики вариаций B_z -компоненты ММП в периоды геомагнитных бурь с поведением зональных составляющих вариаций КЛ, нами выбраны 33 сильные магнитные бури с амплитудой менее -100 нТл [6], наблюдавшиеся в периоды роста, максимума и спада в 23-м и 24-м циклах солнечной активности. Из 23-х магнитных бурь 23-го цикла 18 имели предикторы по КЛ. В то же время из 10 бурь 24-го цикла предиктор имели только 6. Как показал проведенный

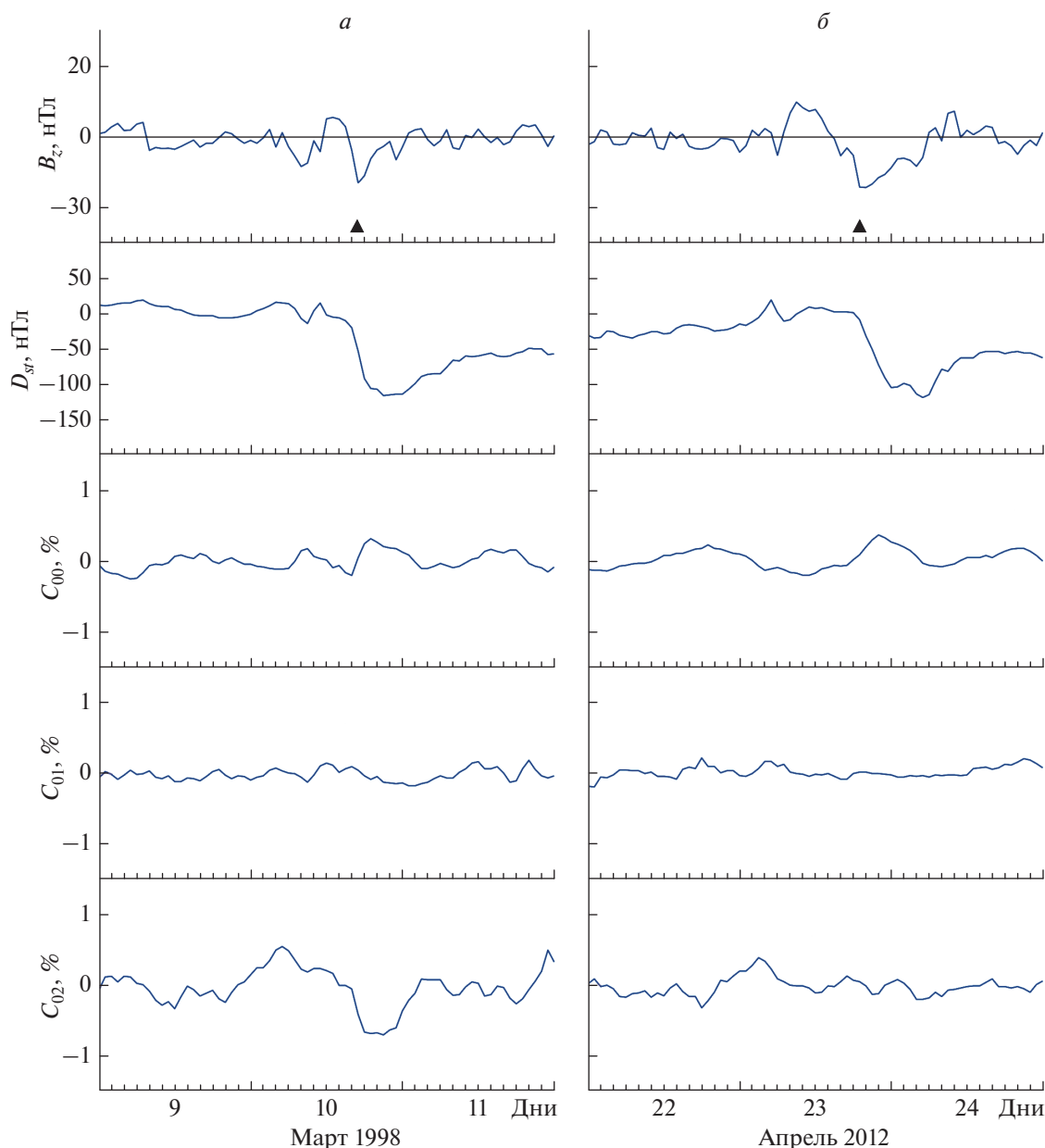


Рис. 1. Поведения B_z -компоненты ММП, D_{sr} -вариаций геомагнитного поля и зональных компонент (C_{00} , C_{10} и C_{20}) в периоды геомагнитных бурь, наблюдавшихся 10 марта 1998 г. (а) и 23 апреля 2012 г. (б). Штриховыми линиями указаны критические уровни, треугольниками – начала геомагнитных бурь (SSC).

анализ, однозначной связи между поведением B_z -компоненты и динамикой возрастания величин зональных составляющих распределения КЛ перед началом магнитных бурь не наблюдается, но можно выделить характерные случаи, когда отсутствие или проявление предикторов магнитных бурь по измерениям КЛ связано с определенной динамикой поведения B_z -компоненты ММП во время возмущений. Отметим, что данные измерений ММП доступны по адресу: [7].

На рис. 1 показаны поведения B_z -компоненты, D_{sr} -вариаций и зональных компонент (C_{00} , C_{10} и C_{20}) в периоды 2-х геомагнитных бурь, в которых не проявились предикторы в КЛ. В этих случаях положительные значения зональных компонент КЛ не превышают значения 0.7%, а их суммы величины 1%. Как видно из рис. 1 наблюдается схожая динамика в поведении B_z -компоненты ММП перед началами и в периоды главных фаз приведенных магнитных бурь.

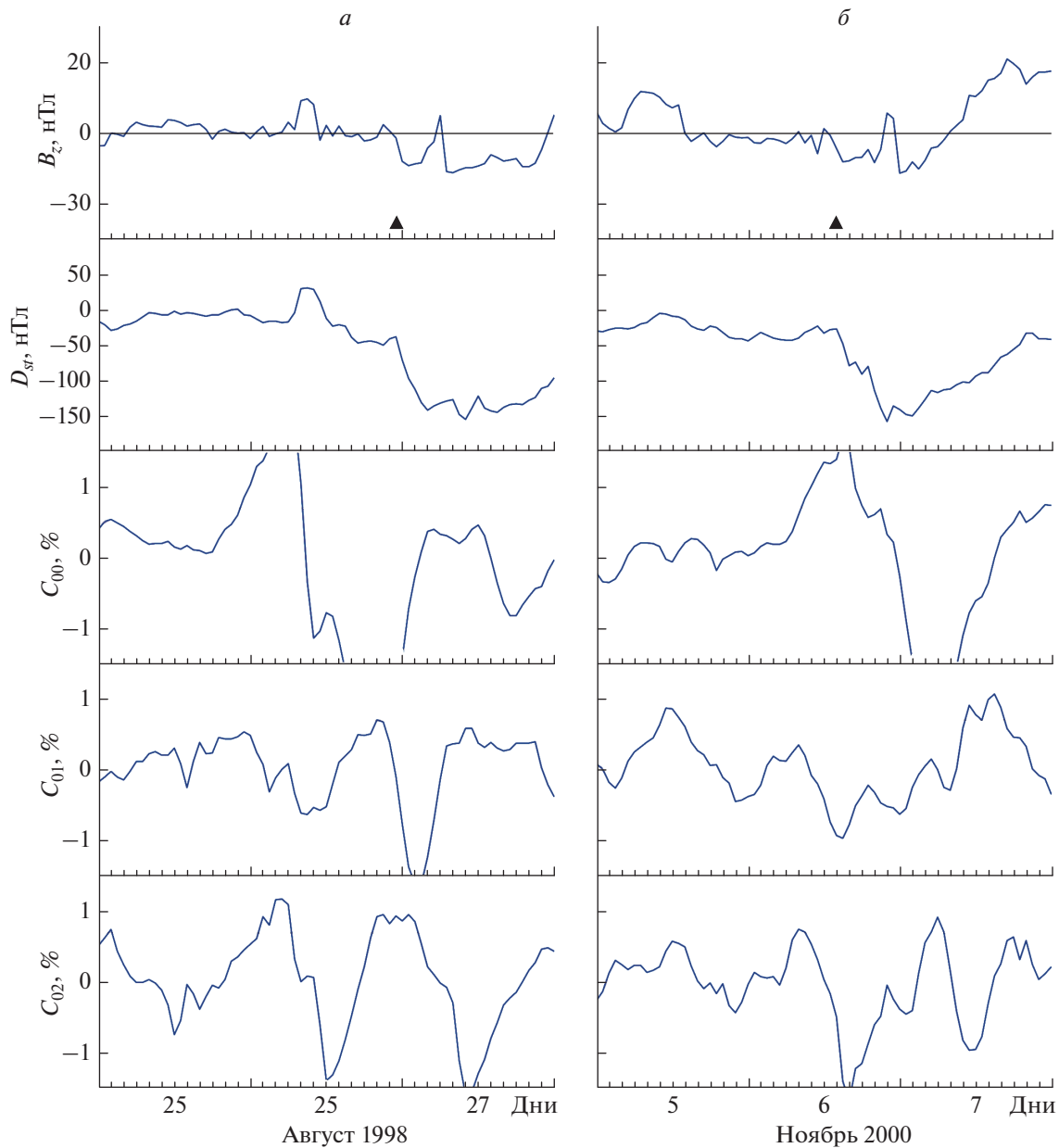


Рис. 2. Поведения B_z -компоненты ММП, D_{st} -вариаций геомагнитного поля и зональных компонент (C_{00} , C_{10} и C_{20}) в периоды геомагнитных бурь, наблюдавшихся 26 августа 1998 г. (а) и 6 ноября 2000 г. (б). Штриховыми линиями указаны критические уровни, треугольниками — начала геомагнитных бурь (SSC).

Динамика вышеуказанных параметров в периоды геомагнитных бурь, у которых предикторы проявились по всем 3-м зональным компонентам (превышение критического уровня во всех случаях) приведена на рис. 2. Для приведенных событий, в поведении B_z -компоненты ММП также наблюдаются одинаковые вариации до и в начале главных фаз возмущений.

Также исследовались случаи, когда проявление предикторов возмущений происходило по превышению критических величин для суммар-

ных значений положительных зональных компонент C_{00} , C_{10} и C_{20} . Необходимо отметить, что в них также наблюдается одинаковая динамика поведения всех 3-х зональных компонент распространения КЛ и характерное поведение B_z -компоненты ММП перед началами геомагнитных бурь.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Динамика поведения B_z -компоненты ММП во время геомагнитных бурь, не является однознач-

но определяющим пространственное распределение зональных компонент КЛ в эти периоды. В то же время наблюдаются геомагнитные бури, для которых отсутствие или проявление предикторов магнитных бурь по измерениям КЛ связано с характерными поведением B_z -компоненты ММП во время возмущений.

Работа выполнена с использованием оборудования уникальной научной установки “Российская национальная наземная сеть станций космических лучей” и при поддержке РФФИ (проект № 18-42-140002-p_a). Авторы благодарны NMDB, основанной при поддержке программы Европейского союза FP7 (контракт № 213007), за предоставленные данные.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Григорьев В.Г., Стародубцев С.А., Гололобов П.Ю. // Изв. РАН. Сер. физ. 2017. Т. 81. № 2. С. 219; Grigoryev V.G., Starodubtsev S.A., Gololobov P.Yu. // Bull. Russ. Acad. Sci. Phys. 2017. V. 81. No. 2. P. 200.
2. Altukhov A.M., Krymsky G.F., Kuzmin A.I. // Acta Phys. Acad. Sci. Hung. 1970. V. 29. P. 457.
3. <http://www01.nmdb.eu>.
4. www.ysn.ru/~starodub/SpaceWeather/global_survey_real_time.html.
5. Григорьев В.Г., Стародубцев С.А., Гололобов П.Ю. // Солн.-зем. физ. 2019. Т. 5. № 3. С. 110; Grigoryev V.G., Starodubtsev S.A., Gololobov P.Yu. // Sol.-Terr. Phys. 2019. V. 5. No. 3. P. 93.
6. <http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/index.html>.
7. <https://omniweb.gsfc.nasa.gov/form/dx1.html>.

Dynamics of behavior of zonal components of the distribution of cosmic rays and B_z -component of the interplanetary magnetic field during geomagnetic storms in the 23 and 24 solar activity cycles

A. S. Zverev^{a,*}, S. A. Starodubtsev^a, V. G. Grigoryev^a, P. Yu. Gololobov^a

^aShafer Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, The Yakut Scientific Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Yakutsk, Russia

*e-mail: zverevas@ikfia.ysn.ru

At ShICRA SB RAS, based on the global survey method and analysis of the behavior of zonal (north-south) components of distribution of cosmic rays in real-time, a forecast of geomagnetic disturbances with $D_{st} < -50$ nT is carried out. In this paper, we investigate the relationship between the dynamics of variations in the B_z -component during geomagnetic storms and the behavior of the zonal components of cosmic rays in the 23rd and 24th solar activity cycles.