

УДК 524.1

МОНИТОРИНГ ПОВЕДЕНИЯ ВЕКТОРА СУТОЧНОЙ АНИЗОТРОПИИ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ ПО ДАННЫМ НЕЙТРОННЫХ МОНИТОРОВ СТАНЦИЙ ЯКУТСК И ТИКСИ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

© 2024 г. А. С. Зверев^{1,*}, 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 космических исследований и аэронавтики имени Ю.Г. Шафера Сибирского отделения
Российской академии наук, Якутск, Россия

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

Поступила в редакцию 24.05.2023

После доработки 16.10.2023

Принята к публикации 31.10.2023

С 2022 г. в ИКФИА СО РАН проводится непрерывный мониторинг прогноза наземных проявлений космической погоды по данным нейтронных мониторов станций Якутск и Тикси в реальном времени. Предварительные исследования в периоды геомагнитных возмущений в 2022 г. показали, что результаты этого мониторинга могут дать дополнительную возможность их использования для целей прогноза больших геомагнитных бурь.

DOI: 10.31857/S0367676524020254, EDN: RQAGPN

ВВЕДЕНИЕ

Важным направлением в области современных прикладных исследований космических лучей (КЛ) является прогноз геоэффективных возмущений солнечного ветра [1–3]. Поэтому, с целью прогноза наземных проявлений космической погоды, с начала 2008 г. в ИКФИА СО РАН, на основе гармонического анализа в режиме реального времени 1-часовых данных регистрации нейтронного монитора и наземного вертикального мюонного телескопа, входящих в состав Якутского спектрографа им. А.И. Кузьмина, проводится непрерывный мониторинг и анализ параметров суточной анизотропии КЛ [4–7]. Однако, из-за существенных различий в энергетических и приемных характеристиках приборов, а также значительной зависимости интенсивности мюонов от температуры атмосферы на разных аэрологических уровнях и отсутствия информации о ней, результаты расчетов параметров анизотропии КЛ зачастую расходятся между собой. Результаты этого мониторинга использовались для прогноза начал крупномасштабных возмущений солнечного ветра независимо от уровня их геомагнитных проявлений. С учетом приведенного, начиная с 2022 г. мы начали использовать данные нейтронных мониторов станций Якутск (24-NM-64) и Тикси (18-NM-64) [8], входящих в состав уникальной научной установки «Российская национальная наземная сеть

станций космических лучей». Данные регистрации этих детекторов являются полностью независимыми друг от друга. Эти станции значительно (почти на 10 градусов) разнесены по широте, но находятся практически на одном меридиане. Регистрируемая этими детекторами интенсивность нейтронов практически не имеет зависимости от температуры атмосферы, а зависит только от приземного давления, которое легко учитывается. В данной работе проведен предварительный анализ результатов нового мониторинга. Показано, что использование данных нейтронного монитора станции Тикси дает возможность получения дополнительных сведений для создания эффективной методики прогноза больших геомагнитных возмущений в приполярных областях Земли, где их негативные земные проявления наиболее заметны.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ

При относительно невозмущенном солнечном ветре проводимый с 2022 г. мониторинг по данным станций нейтронных мониторов Якутск и Тикси в реальном времени дает устойчивые и практически совпадающие между собой результаты определения параметров вектора суточной анизотропии КЛ A_1 [8]. В тоже время, предварительные исследования во время наблюдавшихся в 2022 г. геомагнитных возмущений с амплитудой $A < -50$ нТл показали, что наблюдаемое в эти

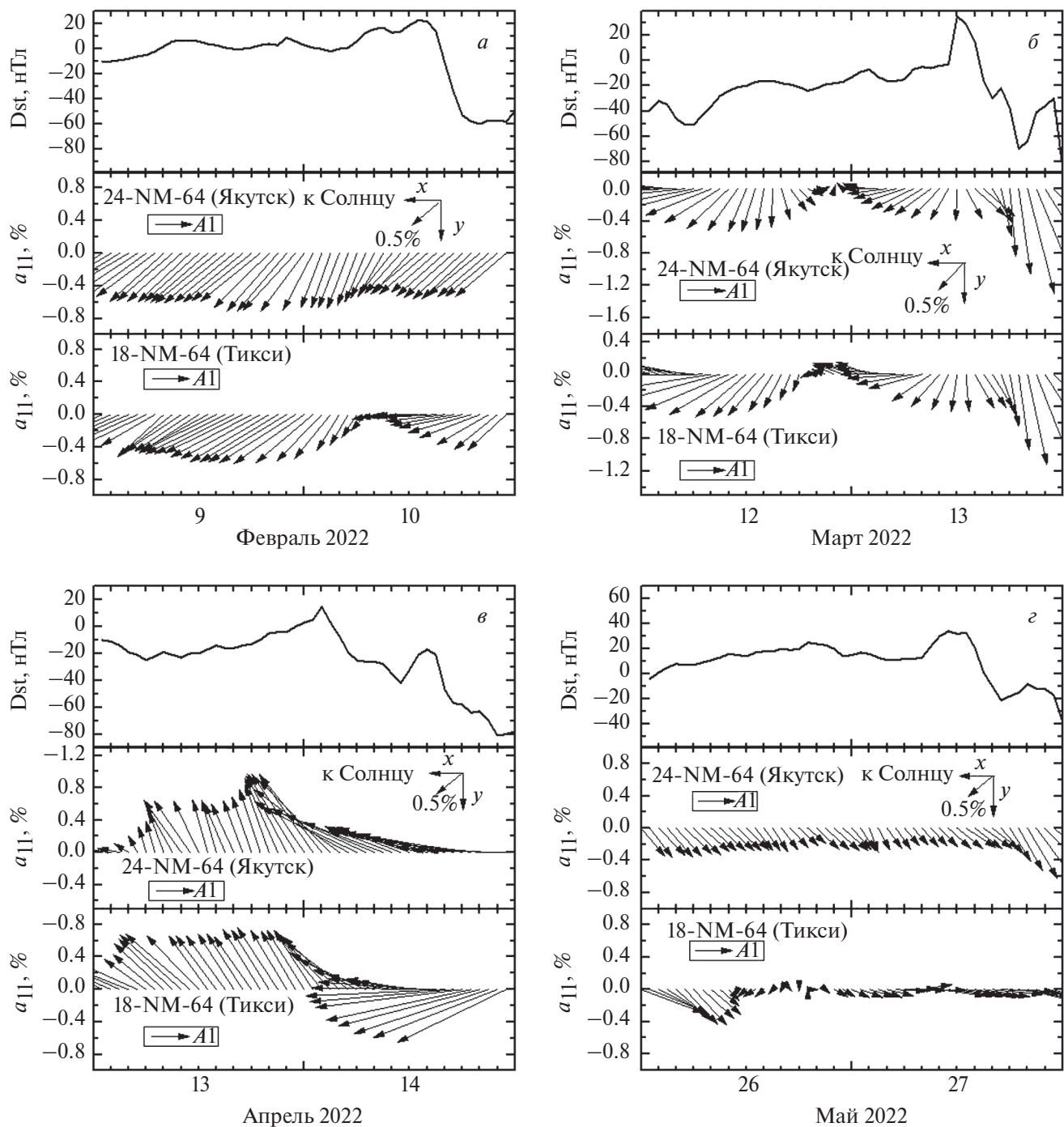


Рис. 1. Поведение Dst-индекса и векторов суточной анизотропии $\vec{A}_{11}$ до и после начала 4 геомагнитных бурь, по данным станций Якутск и Тикси в системе GSE. По вертикальной оси указана величина азимутальной компоненты a_{11} вектора суточной анизотропии $\vec{A}_{11}$.

периоды поведение вектора суточной анизотропии КЛ по данным этих станций может сильно отличаться как до начала магнитной бури, так и после.

С учетом одновременного наличия непрерывных данных на обеих станциях, было проведено

сравнение результатов гармонического анализа для 4 из 6 наблюдавшихся в 2022 г. геомагнитных бурь с амплитудой Dst-индекса $A < -50$ нТл [9]: 9–10 февраля, 12–13 марта, 13–14 апреля и 26–27 мая. (Рис. 1). Приведены поведение Dst вариаций и вектора суточной анизотропии КЛ $\vec{A}_{11}$,

полученные по данным нейтронных мониторов в Якутске и Тикси в системе GSE. При геомагнитной буре в марте 2022 г. (рис. 1б) поведение векторов суточной анизотропии было практически одинаковым, но в остальных трех случаях до или после начала возмущений есть заметные отличия.

Как видно из рис. 1, поведение вектора $\vec{A}_1$ по данным нейтронного монитора станции Тикси (рис. 1а, 1в и 1г) более чувствительно к приближению геомагнитной бури, чем по Якутску, а для случая в апреле 2022 г. (рис. 1в), радиальная компонента после начала возмущения имеет даже другой знак. Таким образом, можно заключить, что эффекты модуляции в распределении КЛ в приведенных возмущениях по данным станций Якутск и Тикси имеют существенные расхождения, что, по-видимому, связано с геоширотной разницей их расположений. Необходимы дальнейшие исследования результатов проводимого мониторинга с целью определения новых характерных предикторов прихода крупномасштабных геоэффективных возмущений солнечного ветра.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предварительные результаты вновь созданного варианта мониторинга космической погоды по данным нейтронных мониторов станций Якутск и Тикси в реальном времени, указывают на дополнительные возможности в развитии методики прогноза больших геомагнитных возмущений в приполярных областях Земли. Это, по-видимому, связано с особенностями модуляции распределения КЛ в высоких геоширотах. Необходимы дальнейшие исследования с целью повышения эффективности прогноза геомагнитных возмущений.

Работа выполнена в рамках темы государственного задания (регистрационный номер ЕГИСУ НИОКТР 122011700180-7).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дворников В.М., Сдобнов В.Е., Сергеев А.В. Способ прогноза спорадических геоэффективных возмущений солнечного ветра. Патент РФ № 1769602. 1995.
2. Munakata K., Bieber J.W., Yasue S. et al. // J. Geophys. Res. 2000. V. 105. P. 27457.
3. Dorman L.I., Belov A.V., Eroshenko E.A et al. // Proc. 28th Intern. Cosmic Ray Conf. V. 6. (Tsukuba, 2003). P. 3553.
4. Григорьев В.Г., Стародубцев С.А., Кривошапкин П.А. и др. // Тр. Всерос. конф. ИЗМИРАН. (Троицк, 2006). С. 79.
5. Григорьев В.Г., Стародубцев С.А. // Сб. тр. 31 Всерос. конф. по косм. лучам. (Москва, 2010). С. MOD_09.
6. Григорьев В.Г., Стародубцев С.А. // Изв. РАН. Сер. физ. 2015. Т. 79. С. 703; Grigoryev V.G., Starodubtsev S.A. // Bull. Russ. Acad. Sci. Phys. 2015. V. 79. No. 5. P. 649.
7. 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.
8. https://ysn.ru/~starodub/SpaceWeather/current_NMs-real_time.html.
9. http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dst_realtime/presentmonth/index.html.

Real-time monitoring of the behavior of the daily anisotropy vector of cosmic rays according to the data of neutron monitors at Yakutsk and Tiksi stations

A. S. Zverev*, S. A. Starodubtsev, V. G. Grigoryev, P. Yu. Gololobov

Shafer Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Yakutsk, 677027 Russia

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

Since 2022, the Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy SB RAS for the first time has been continuously monitoring the forecast of terrestrial winds of space weather based on data from neutron monitors in Yakutsk and Tiksi. Preliminary studies during periods of geomagnetic disturbances in 2022. The peculiarity is that the results of this may provide an additional opportunity for their use for the purpose of forecasting large geomagnetic storms.