



УДК 550.8.08

СОПОСТАВЛЕНИЕ ДАННЫХ МАГНИТОВАРИАЦИОННЫХ СТАНЦИЙ МЕЖДУНАРОДНОЙ СЕТИ INTERMAGNET И КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА «ЭЛЕКТРО-Л» №4

А. А. Брагина¹, Д. А. Арутюнян¹, А. Д. Шклярук¹¹Институт прикладной геофизики имени академика Е.К. Федорова, Москва, Россия

В статье приведены результаты работ по сравнению измерительной информации магнитометрической аппаратуры с наземной международной наблюдательной сети INTERMAGNET и космического аппарата (КА) «Электро-Л» №4. Представлен качественный анализ данных во время магнитных бурь и приведены статистические оценки амплитуд возмущения как в наземном сегменте, так и на КА.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: МАГНИТОМЕТРИЧЕСКАЯ АППАРАТУРА, ГЕОМАГНИТНАЯ АКТИВНОСТЬ, МАГНИТНОЕ ПОЛЕ ЗЕМЛИ (МПЗ), МАГНИТОСФЕРА, ВАРИАЦИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ, ГЕОМАГНИТНЫЕ ВОЗМУЩЕНИЯ, КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ

<https://elibrary.ru/suerui>

1. ВВЕДЕНИЕ

Современная геофизика и космические исследования предоставляют уникальную возможность для изучения геомагнитных полей Земли и прогнозирования различных геофизических явлений. Одним из важных инструментов для получения данных о магнитных полях являются магнитовариационные станции (МВС), входящие в международную сеть INTERMAGNET, созданная для мониторинга и исследования геомагнитного поля Земли. Станции собирают данные о магнитном поле с высокой точностью и в реальном времени, что делает их важным инструментом для научных исследований. Космический аппарат "Электро-Л" №4 также играет значительную роль в изучении геомагнитных полей. Этот спутник оборудован современными приборами, способными непрерывно регистрировать данные о магнитосфере Земли и иных космических параметрах.

Сопоставление данных, полученных с МВС сети INTERMAGNET и космическим аппаратом "Электро-Л" №4, позволяет уточнить и расширить понимание геомагнитных явлений и процессов, происходящих в магнитосфере Земли. Анализ таких данных способствует не только научным исследованиям, но также может быть полезен для разработки методов прогнозирования геомагнитных бурь и других аномальных событий, которые могут влиять на работу современных технологий и космических систем.

Электронная почта авторов для переписки:

Брагина Анастасия Андреевна, e-mail: bragina@ipg.geospace.ru
Арутюнян Давид Артурович, e-mail: arutyunyan@ipg.geospace.ru,
Шклярук Алексей Дмитриевич, e-mail: shklyaruk@ipg.geospace.ru



<https://elibrary.ru/suerui>

Адрес редакции журнала
«Гелиогеофизические исследования»:

ФГБУ «ИПГ»
129128; Россия, Москва
ул. Ростокинская, 9.
e-mail: vestnik@ipg.geospace.ru

2. СОДЕРЖАНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для анализа спутниковых магнитометрических данных были взяты измерения геостационарного КА «Электро-Л» №4 за период с 10.03.2023г. по 23.09.2023г. Точка стояния КА – 168° в.д. на высоте – 35 786 км. Так как геостационарный тип орбиты подразумевает размещение КА над одной точкой Земли, данные можно рассматривать как геомагнитные вариации на соответствующей высоте.

В специализированном ПО была сформирована база данных. Дальнейшая обработка включала в себя выделение и вычет линейного тренда. Для выявления закономерностей между геомагнитными событиями на уровне КА и вариациями магнитного поля по данным наблюдательной сети INTERMAGNET были проанализированы геомагнитные возмущения по данным КА «Электро-Л» №4 за март и апрель 2023 года.

Март 2023г.

В данных имеется большое количество пропусков. По данным КА выделено 2 предполагаемых проявления аномальной геомагнитной активности (рис. 1). Событие 1 продолжалось с 9:40 14.03 по 10:15 14.03. Событие 2 продолжалось с 9:40 15.03 по 10:40 15.03.

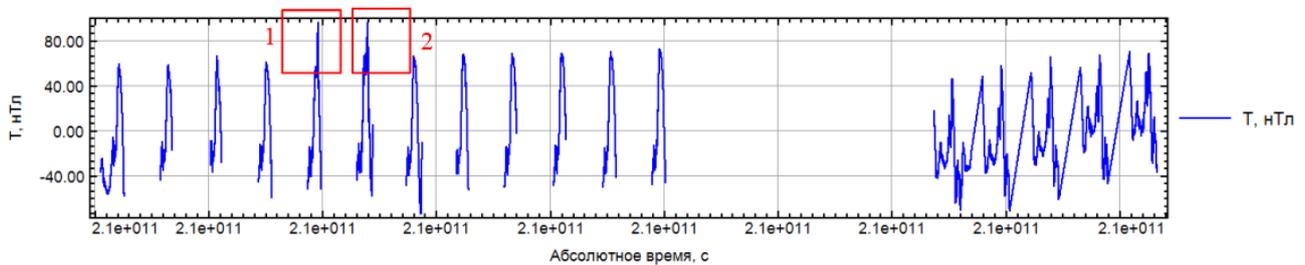


Рис. 1. Данные ФМ-ВЭ с КА "Электро-Л" № 4 за март 2023 года

Было произведено сопоставление предполагаемых проявлений геомагнитной активности с данными наземных центров космической погоды для выявления связи между аномалиями в данных КА и зафиксированными геомагнитными событиями.

Состояние магнитосферы по данным центров космической погоды в этот период описывается как умеренное. Кр-индексы не превышали 5 баллов (рис. 2).

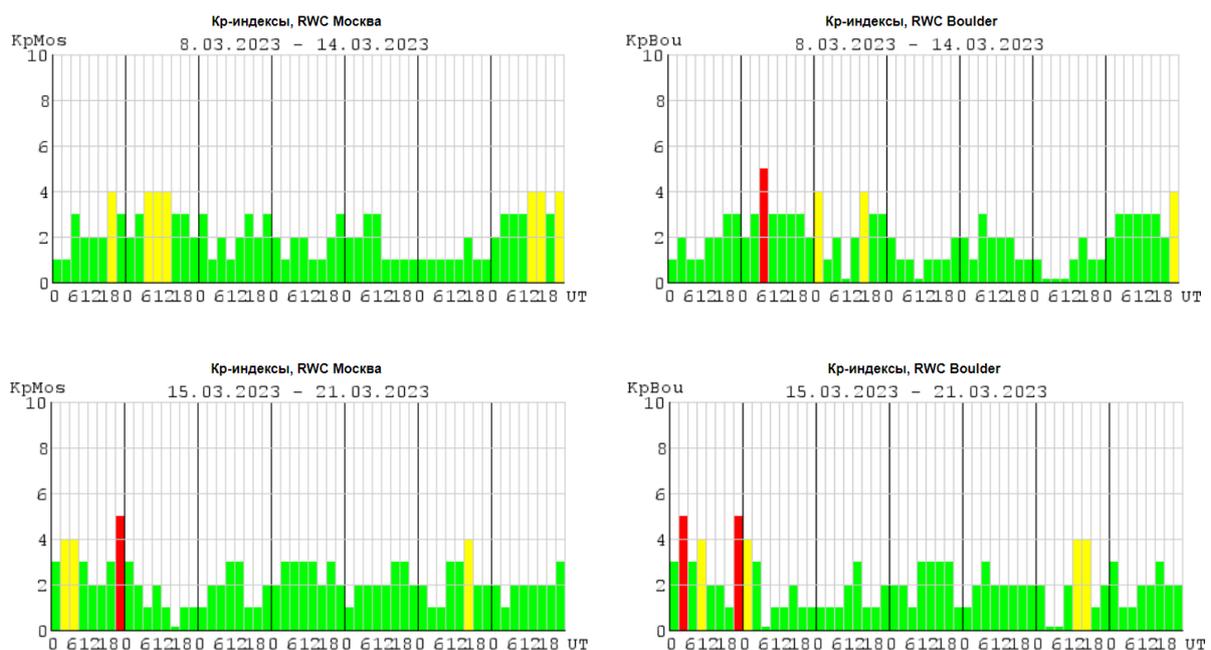


Рис. 2. Графики геомагнитных Кр-индексов за рассматриваемые периоды

Состояние геомагнитного поля по данным среднеширотных станций описывается как неустойчивое 14.03 и слабо возмущенное 15.03. В таблице 1 приведены данные по геомагнитным бурям в средних и высоких широтах за период с 14 по 15 марта.

Таблица 1. Геомагнитные бури в высоких и средних широтах (14.03-15.03)

Дата	Станция	Время	Событие
14.03	о. Известий	3:00	Постепенное начало бури
14.03	Мурманск	9:00	Постепенное начало бури
14.03	Новосибирск	12:00	Постепенное начало бури
14.03	Санкт-Петербург	14:00	Постепенное начало бури
14.03	Мурманск	14:00	Постепенное начало бури
14.03	о. Известий	23:00	Конец бури
15.03	о. Известий	00:15	Внезапное начало бури
15.03	Санкт-Петербург	12:00	Конец бури
15.03	о. Известий	13:00	Конец бури
15.03	Санкт-Петербург	20:00	Постепенное начало бури
15.03	о. Известий	23:10	Внезапное начало бури

Также по дополнительным данным центра космической погоды: в начале суток 15 марта пришел неоднородный ускоренный поток от корональной дыры и выброса корональной массы, продолжалось вторжение в околоземное космическое пространство потоков низкоэнергичных протонов от залимбовой вспышки.

Апрель 2023г.

Данные за апрель 2023 года пропусков не имеют. В сигнале наблюдается суточная периодичность. Начиная с 07.04. форма сигнала меняется. Наблюдается два нехарактерных события, предположительно также связанные с проявлением геомагнитной активности (рис. 3).

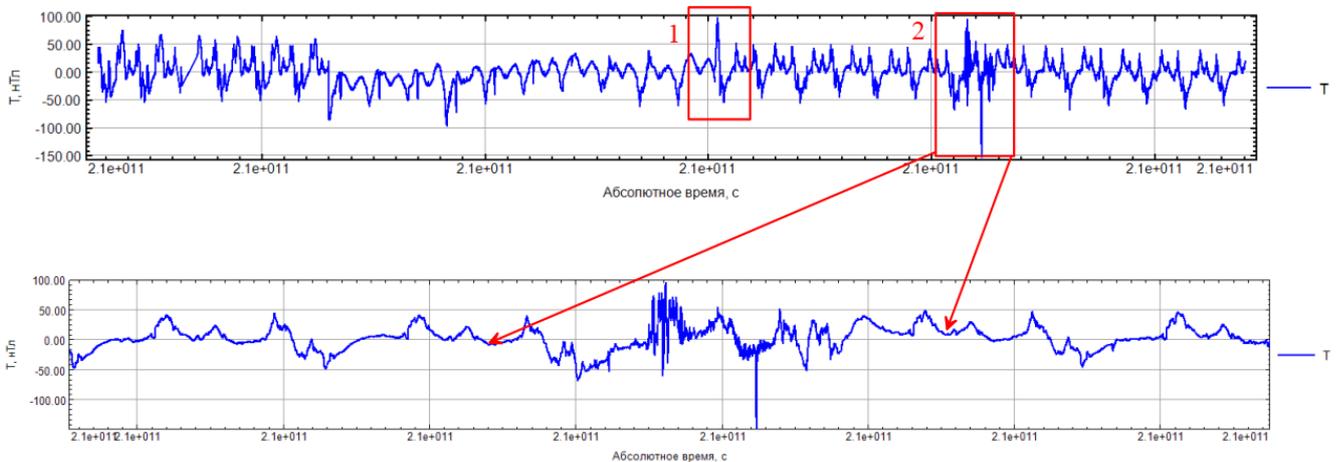


Рис. 3. Данные ФМ-ВЭ с КА "Электро-Л" № 4 за апрель 2023 года

Событие №1 представляет собой единичный амплитудный скачок (до 100 нТл). Максимум зафиксирован 17.04 в 7:48. Событие №2 выделено по наличию разноамплитудных искажений, его продолжительность с 9:00 23.04 по 9:00 24.04.

Было также произведено сопоставление предполагаемых проявлений геомагнитной активности с данными наземных центров космической погоды для выявления связи между аномалиями в данных КА и зафиксированными геомагнитными событиями (рис. 4,5).

Для события №1: геомагнитное поле в этот период характеризовалось как умеренное, геомагнитные бури зафиксированы не были. Кр-индекс не превышал 2.

Событие №2 проявляется в данных наземных станций более явно. Геомагнитное поле характеризовалось как умеренно и сильно возмущенное. В таблице 2 приведена информация о геомагнитных бурях за рассматриваемый период. Значения геомагнитных Kp-индексов доходили до 8 (рис. 4).

Таблица 2. Геомагнитные бури в высоких и средних широтах (23.04-24.04)

Дата	Станция	Время	Событие
23.04	Санкт-Петербург	10:00	Постепенное начало бури
23.04	Новосибирск	12:00	Постепенное начало бури
23.04	Баренцбург	3:00	Постепенное начало бури
23.04	Мурманск	10:00	Постепенное начало бури
24.04	Новосибирск	13:00	Конец бури
24.04	Санкт-Петербург	16:00	Конец бури
24.04	Мурманск	17:00	Конец бури
24.04	о. Известий	18:00	Конец бури
24.04	Баренцбург	24:00	Конец бури



Рис. 4. Графики геомагнитных Kp-индексов за рассматриваемые периоды

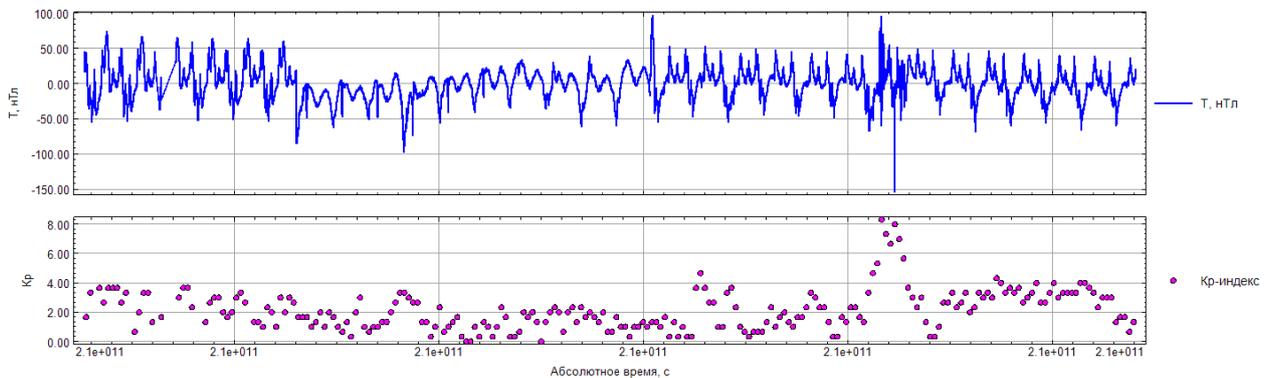


Рис. 5. Сопоставление трёхчасовых Kp-индексов, рассчитанных при помощи собственного ПО с данными КА "Электро-Л" №4

При сравнении данных выявлена связь между событиями, отраженными в данных КА и событиями, описанными центром космической погоды. Для более детального сравнения рассмотрены графики геомагнитных вариаций полученные с наземных МВС сети INTERMAGNET за период 20.04 – 27.04 (рис. 6,7) и данные с "Электро-Л" №4 за тот же период (рис. 8).

При сравнении графиков видно, что в период 23.04-24.04 геомагнитные возмущения проявляются и в данных наземных МВС, и в данных с КА.

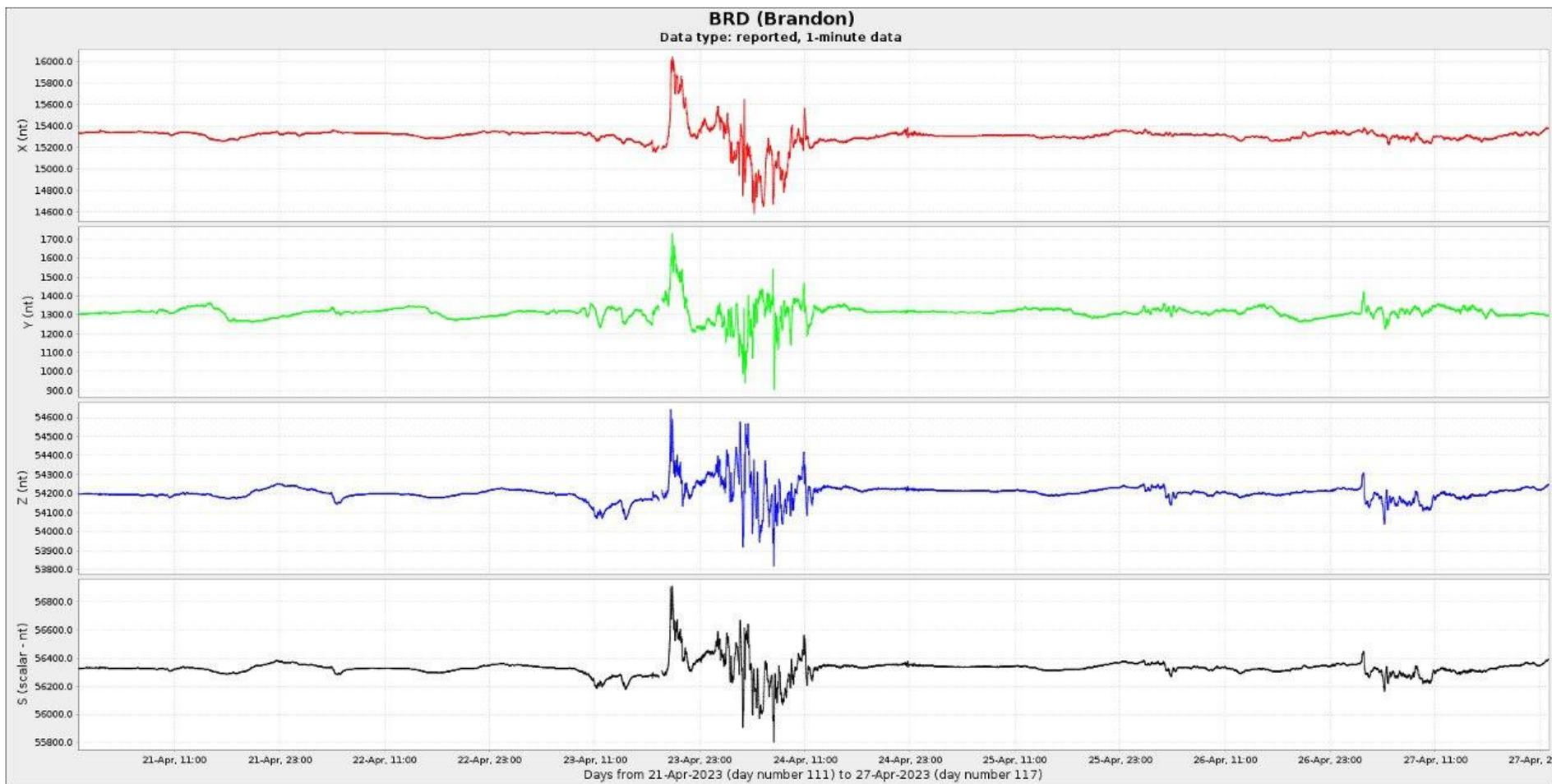


Рис. 6. Данные геомагнитных вариаций на станции BRD (20.04-27.04)

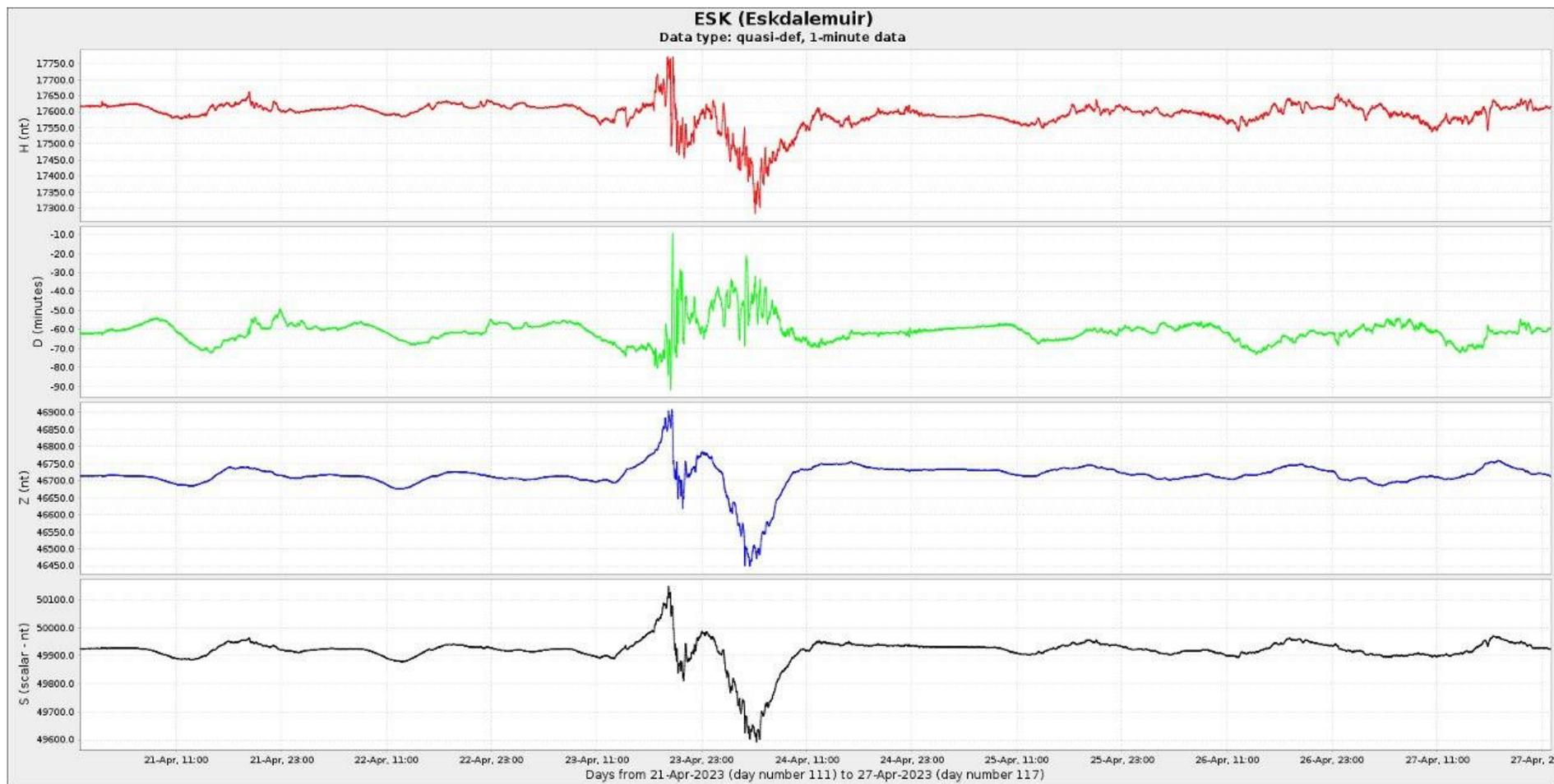


Рис. 7. Данные геомагнитных вариаций на станции ESK (20.04-27.04)

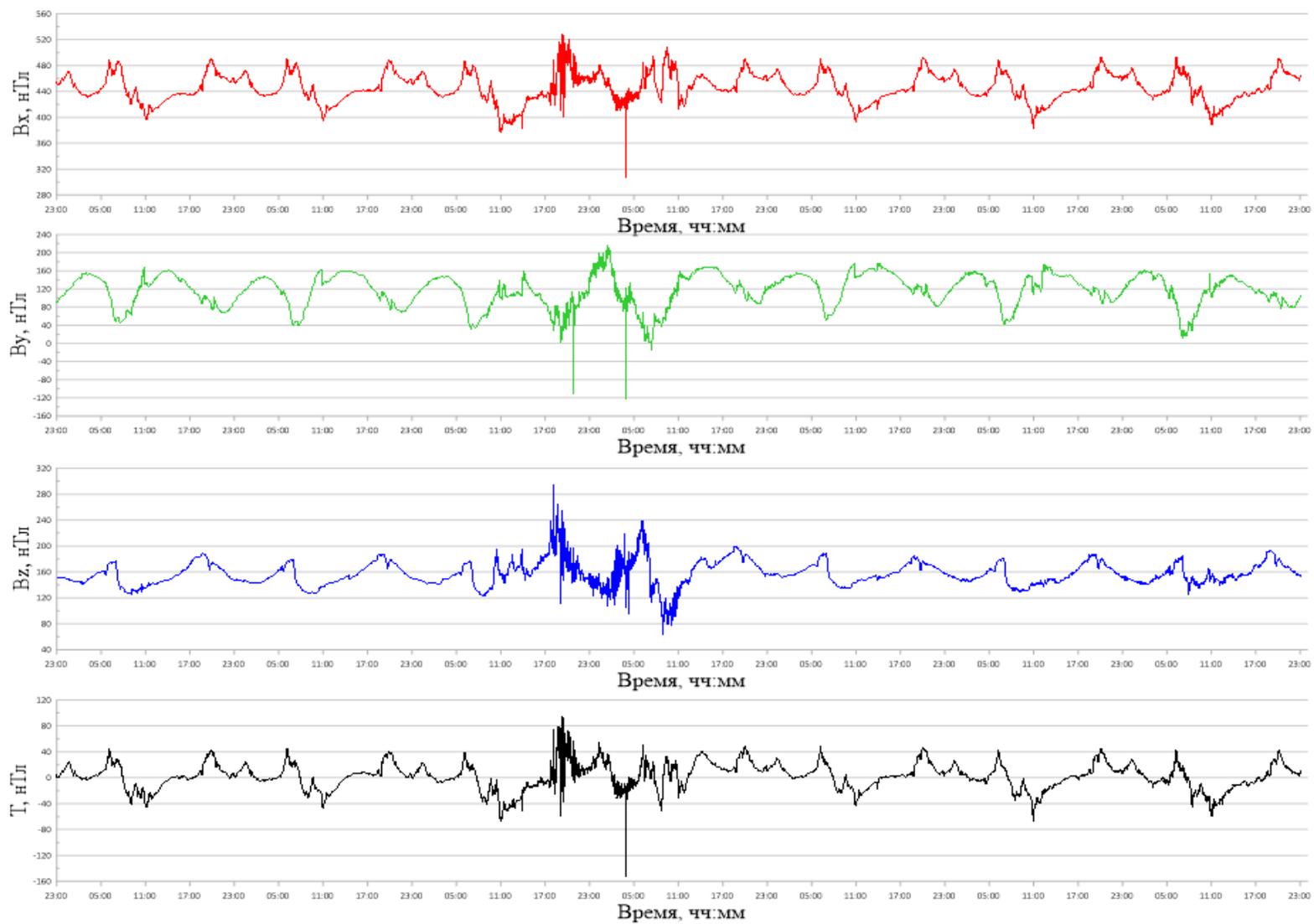


Рис. 8. Данные с КА "Электро-Л" № 4 (20.04-27.04)

3. ОЦЕНКА И АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ

Для анализа характера возмущения с данных КА весь временной интервал можно разделить на: невозмущенные вариации, вариации перед началом возмущения, период наиболее интенсивных возмущений, спад возмущений, вариации после возмущений (табл. 3).

Таблица 3. Анализ события №2 по данным КА "Электро-Л" №4

Период	Максимум, нТл	Минимум, нТл	Среднее, нТл	Среднее квадратичное отклонение, нТл	Амплитуда возмущений, нТл
Невозмущенные вариации до	41.55	-29.46	7.46	12.15	71.01
Нарастание возмущений	26.69	-66.71	-24.68	21.40	96.4
Пик интенсивности возмущений	95.10	-58.95	26.68	29.94	154.05
Спад возмущений	54.67	-152.66	5.42	24.10	207.33
Невозмущенные вариации после	48.73	-32.18	18.21	19.88	80.91

Данные с наземных МВС характеризуются следующими значениями: в пиковый период амплитуда возмущений составляет от 100 до 1100 нТл (табл. 4). Из рассмотренных обсерваторий наибольшая интенсивность наблюдалась в обсерватории BRD (Канада), а наименьшая в обсерватории SPT (Испания).

Таблица 4. Анализ события №2 по данным наземных МВС

Код обсерватории	Страна	Максимум, нТл	Минимум, нТл	Амплитуда возмущений, нТл
BRD	Канада	56 900	55 800	1100
ESK	Великобритания	50 150	49 600	550
WNG	Германия	50 170	49 670	500
LON	Хорватия	48 270	48 110	160
SPT	Испания	44 630	44 490	140

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В итоге можно сделать вывод, что сопоставление данных с МВС международной сети INTERMAGNET и космического аппарата "Электро-Л" №4 имеет огромное значение для понимания геомагнитных процессов и системы магнитосферы Земли. Путем анализа и сравнения полученных информационных потоков ученые и специалисты могут расширить свои знания о физических процессах, происходящих в околоземном пространстве, и разработать более точные методы прогнозирования геомагнитных явлений. Такие исследования могут способствовать не только научному развитию, но и обеспечить более надежную защиту космических и технологических систем от нежелательных воздействий в виде геомагнитных бурь и других аномалий. В целом, совместное использование данных с МВС и космических аппаратов предоставляет ценную информацию для более глубокого исследования геофизических процессов и разработки мер предотвращения и минимизации потенциальных геомагнитных угроз.

COMPARISON OF DATA FROM MAGNETIC VARIATION STATIONS OF THE INTERMAGNET INTERNATIONAL NETWORK AND THE ELECTRO-L SPACE CAR No. 4

Bragina A.A., Shklyaruk A.D., Arutyunyan D.A.

The article presents the results of work comparing the measuring information of magnetometric equipment from the ground-based international observation network INTERMAGNET and the Elektro-L spacecraft No. 4. A qualitative analysis of data during magnetic storms is presented and statistical estimates of disturbance amplitudes are given both in the ground segment and on the spacecraft.

KEYWORDS: MAGNETOMETRIC EQUIPMENT, GEOMAGNETIC ACTIVITY, EARTH'S MAGNETIC FIELD (EMF), MAGNETOSPHERE, MAGNETIC FIELD VARIATIONS, GEOMAGNETIC DISTURBANCES, SPACE VEHICLES