

**КВАЗИПЕРИОДИЧЕСКИЕ ВАРИАЦИИ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ
В ТЕЧЕНИЕ СИЛЬНЕЙШЕЙ ГЕОКОСМИЧЕСКОЙ БУРИ 6–10 СЕНТЯБРЯ 2017 г.:
ГЛОБАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ**

Л.Ф. Черногор, Н.Б. Шевелев

Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, Харьков, Украина
Leonid.F.Chernogor@univer.kharkov.ua

**QUASI-PERIODIC VARIATIONS IN THE GEOMAGNETIC FIELD DURING THE SEVERE
GEOSPACE STORM OF SEPTEMBER 6–10, 2017: GLOBAL CHARACTERISTICS**

L.F.Chernogor, M.B. Shevelev

V.N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine
Leonid.F.Chernogor@univer.kharkov.ua

Аннотация. Изучена широтная (от $\sim 20^\circ$ до $\sim 70^\circ$ N) зависимость квазипериодических возмущений горизонтальных компонент геомагнитного поля в течение уникальной геокосмической бури и в контрольные сутки. Определены амплитуда, спектральный состав и длительность возмущений.

Ключевые слова: магнитная буря, широтная зависимость, параметры квазипериодических возмущений.

Abstract. Latitudinal (from $\sim 20^\circ$ to $\sim 70^\circ$ N) dependence of geomagnetic field horizontal components quasi-periodic disturbances during unique geospace storm and reference day was studied. The disturbance amplitude, spectral composition and duration was defined.

Keywords: magnetic storm, latitudinal dependence, quasi-periodic disturbances parameters.

ВВЕДЕНИЕ

Сентябрь 2017 г., несмотря на близость к минимуму в цикле солнечной активности, характеризовался высокой активностью светила. Произошло 40 вспышек класса C, 15 — класса M, 4 — класса X. Отмечались мощные выбросы корональной массы и сильные геокосмические бури, представляющие собой совокупность магнитных, ионосферных, атмосферных и электрических бурь [Черногор, Домнин, 2014]. Отдельным проявлениям геокосмических бурь 6–10 сентября 2017 г. посвящен ряд работ. В работах [Gromova et al., 2018; Sidorov et al., 2018; Пилипенко и др., 2018; Tomova et al., 2017] описаны проявления магнитных бурь, в работах [Yamanchi et al., 2018; Sripathi, Rom Singh, 2019] — проявления ионосферных бурь в высоких, низких и экваториальных широтах, в работах [Kilifarska, Tassev, 2018; Yuan et al., 2019] — проявления атмосферных бурь.

Цель работы — изложение результатов анализа глобальных квазипериодических вариаций геомагнитного поля в течение уникальной геокосмической бури 6–10 сентября 2017 г.

СОСТОЯНИЕ КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ

Наиболее мощные солнечные вспышки имели место в 09:05 UT и 11:55 UT 6 сентября 2017 г., а также в 15:50 10 сентября 2017 г. Седьмого сентября концентрация частиц в солнечном ветре увеличилась примерно от $(2-3) \cdot 10^6$ до 10^7 м^{-3} , их скорость — от 500 до 800 км/с, температура — от 10^5 до $8 \cdot 10^5$ К. Значения B_z -компоненты межпланетного магнитного поля 7 и 8 сентября 2017 г. достигали -10 и -12 нТл соответственно. Продолжительности отрицательных значений B_z равнялись 12 ч. 7 сен-

тября значения индекса AE увеличивались до 1500–2000 нТл. Минимальные значения индекса Dst , равные -144 и -111 нТл, отмечались 8 сентября 2017 г. в 01:05 UT и 15:05 UT соответственно. При этом максимальные значения индекса K_p составляли 8 и 9 соответственно. В течение 7–8 сентября 2017 г. наблюдались две магнитные бури.

СРЕДСТВА И МЕТОДЫ

Для анализа временных вариаций привлекались данные сети магнитометров «Intermagnet» на станциях Tamanrasset (22.79° N, 5.53° E), Duronion (41.35° N, 14.466° E), Lonjsko Polje (45.408° N, 16.659° E), Belsk (51.84° N, 20.79° E), Uppsala (59.903° N, 17.353° E), Abisko (68.358° N, 18.823° E) с разрешением около 0.1 нТл и временной дискретизацией в 1 мин. Анализировались суточные вариации горизонтальных компонент поля за 7–9 сентября 2017 г. Полосовая фильтрация и системный спектральный анализ выполнены в диапазоне периодов 2–120 мин. При этом одновременно использовались взаимодополняющие друг друга оконные преобразования Фурье, адаптивное преобразование Фурье и вейвлет-преобразование на основе базисной функции Морле [Черногор, 2008].

РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА

Возмущения геомагнитного поля наблюдались в интервалах времени с 20:00 7 сентября до 04:00 8 сентября 2017 г. и с 12:00 8 сентября до 08:00 9 сентября 2017 г. (рис. 1). Как и следовало ожидать, по мере уменьшения широты уровень флуктуаций геомагнитного поля уменьшался примерно от 800–1500 до 20–40 нТл. В высоких широтах вариации уровня были скорее аperiodическими, а в средних и низких широтах они были как аperiodическими,

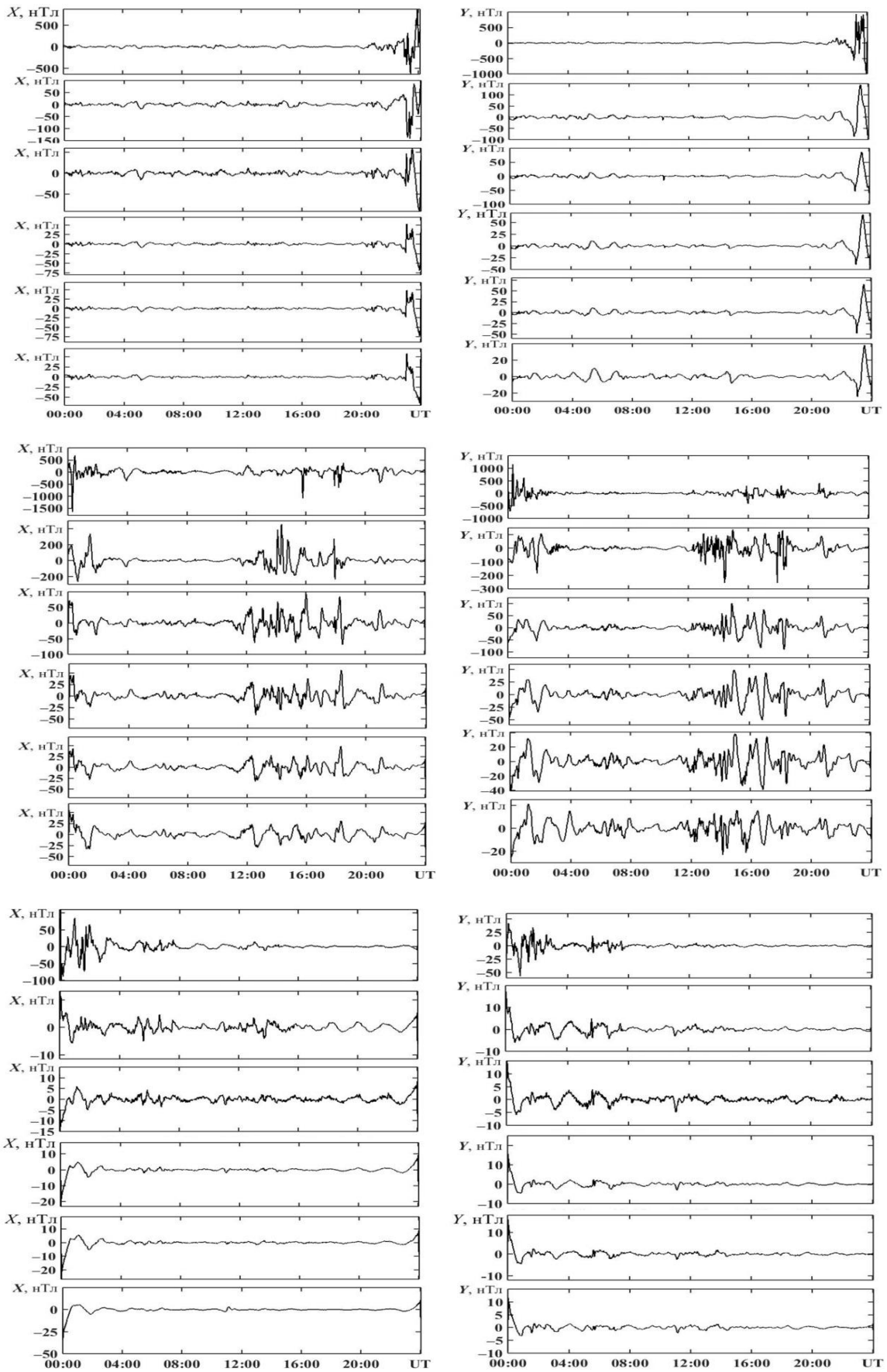


Рис. 1. Волновые формы вариаций горизонтальных компонент геомагнитного поля 7–9 сентября 2017 г. (слева — X-компонента, справа — Y-компонента) на ст.: Abisko, Uppsala, Belsk, Lonjsko Polje, Duronia, Tamanrasset (панели сверху вниз)

Квазипериодические вариации геомагнитного поля в течение сильнейшей геокосмической бури 6–10 сентября 2017 г.:
глобальные характеристики

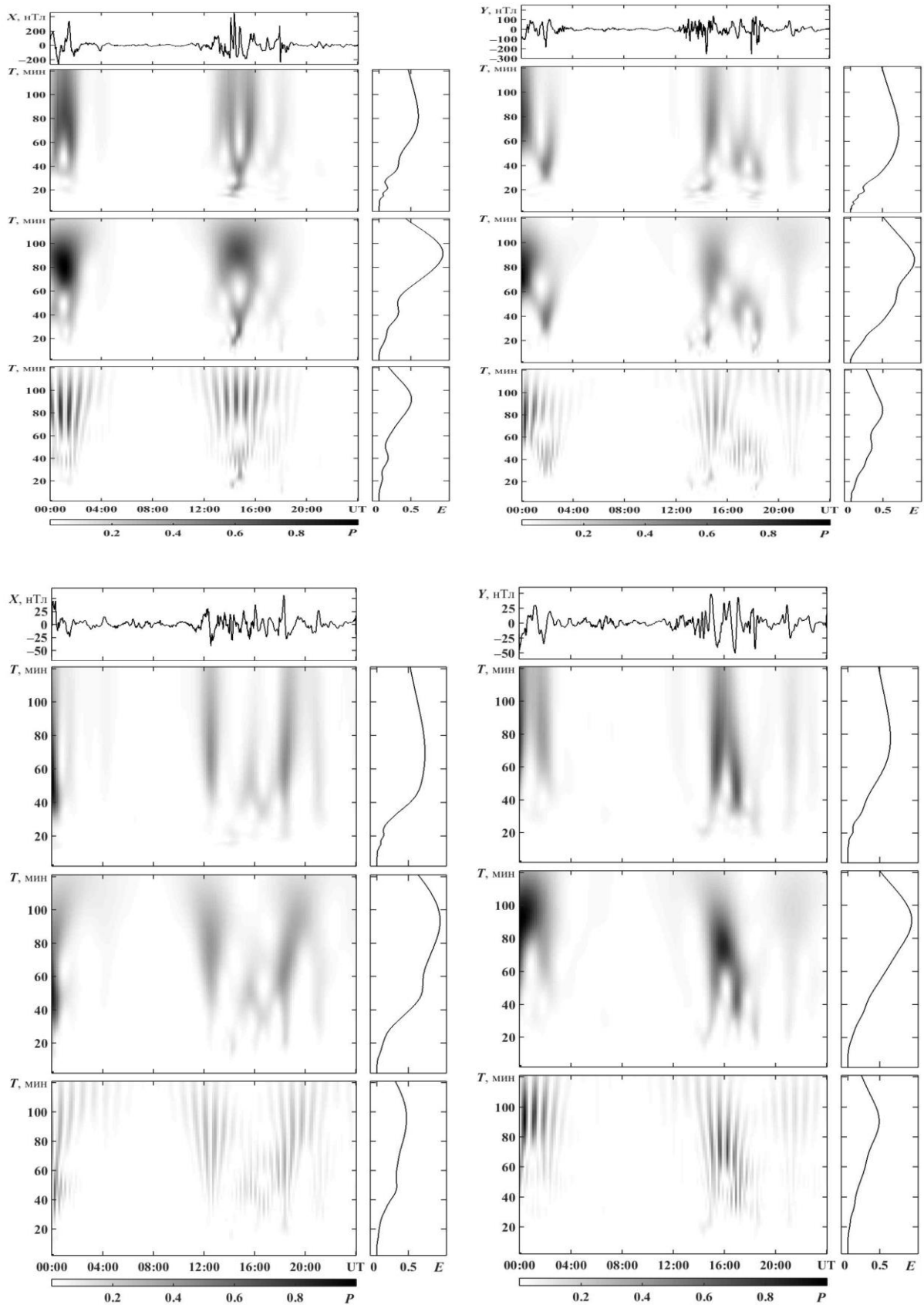


Рис. 2. Пример результатов ССА временных вариаций геомагнитного поля для ст. Uppsala (верхние панели) и Lonjsko Polje (нижние панели). Справа показаны энергограммы (распределение энергий по периодам)

так и квазипериодическими с периодом от ~30 до 100 мин (рис. 2).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Геокосмическая буря сопровождалась как аperiodическими, так и квазипериодическими возмущениями геомагнитного поля в диапазоне периодов от 20–40 до 60–100 мин.

2. При увеличении географической широты от ~20 до ~70° амплитуда возмущений увеличивалась от 20 до 1500 нТл.

3. Продолжительность цугов колебаний 8 сентября 2017 г. составляла от единиц до ~10 ч.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Пилипенко В.А., Белаховский В.Б., Сахаров Я.А., Селиванов В.Н. Воздействие магнитной бури 7–8 сентября 2017 г. на электроэнергетическую систему // Труды Кольского научного центра РАН. Гелиогеофизика. Вып. 4. С. 29–35.

Черногор Л.Ф. Современные методы спектрального анализа квазипериодических и волновых процессов в ионосфере: особенности и результаты экспериментов. Геомагнетизм и аэрономия. 2008. Т. 48, № 5. С. 681–702.

Черногор Л.Ф., Домнин И.Ф. Физика геокосмических бурь: Монография. Х.: ХНУ им. В.Н. Каразина, Институт ионосферы НАН и МОН Украины, 2014. 408 с.

Gromova L.I., Kleimenova N.G., Gromov S.V. High-latitude daytime magnetic bays in the September 2017 strong magnetic storm // Proc. XLI Annual Seminar «Physics of Auroral Phenomena», Apatity, 2018. P. 14–17.

Kilifarska N., Tassev Y. Ozone profile response to the series of coronal mass ejections and severe geomagnetic storm in September 2017 // Comptes Rendus de L'Academie Bulgare des Sciences. 2018. V. 71, № 5. P. 662–668.

Sidorov R., Soloviev A., Gvishiani A., et al. A combined analysis of geomagnetic data and cosmic ray secondaries in the September 2017 space weather phenomena studies // Ann. Geophys. [<https://doi.org/10.5194/angeo-2018-1111>].

Sripathi S. Ram Singh. Response of the equatorial and low latitude ionosphere to September 2017 solar flares and their likely role in storm-time electrodynamics // 2019 URSI Asia Pacific Radio Science Conference. Mo-GO1-6.

Tomova D., Velinov P., Tassev Y. Comparison between extreme solar activity during periods March 15–17, 2015 and September 4–10, 2017 at different phases of solar cycle 24 // Aerospace Research in Bulgaria. 2017. V. 29. P. 10–28.

Yuan L., Jin S., Calabia A. Distinct thermospheric mass density variations following the September 2017 geomagnetic storm from GRACE and Swarm // J. Atmos. Solar-Terr. Phys. 2019. V. 184. P. 30–36.