

# РАЗЛИЧНЫЕ АСПЕКТЫ ПРОЯВЛЕНИЯ ГЕОМАГНИТНОЙ АКТИВНОСТИ: ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПРОЕКТА «ШУМАН»

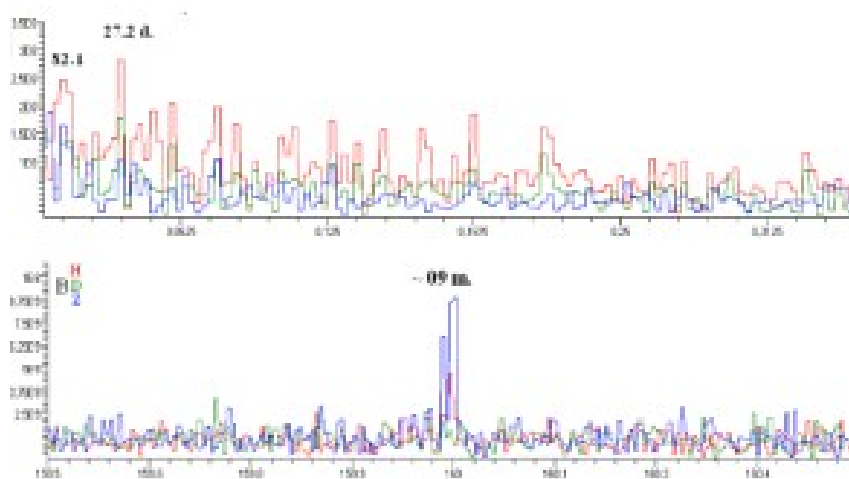
Шибает И.Г.<sup>1</sup>, Теодосиев Д.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ИЗМИРАН, г. Москва, г. Троицк, Россия

<sup>2</sup>ИКИТ БАН, г. София, Болгария

[ishib@izmiran.ru](mailto:ishib@izmiran.ru)

Работа, на расширенном материале, продолжает исследования проекта "Шуман", выполнявшийся в рамках российско-болгарского сотрудничества (завершился в 2018 г.) [Kuksa et al., 2016]. Фиксировались три магнитные компоненты, две электрические и огибающая акустического канала, время квантования по всем каналам 0.5 сек, динамический диапазон – 22 разряда. Комплекс функционировал на территории ИЗМИРАН (55.48° N, 37.32° E), его разработчик и куратор – Куksa Ю.И. [Светов, Куksa и др., 2006]. Качество данных демонстрируют отклики на эпизодические события (солнечные вспышки разного класса, прохождение грозовых облаков) и анализ длительных регулярных наблюдений (влияние светового дня и Луны на динамику суточных компонент). В высокочастотной части спектра В-компонент этих массивов отмечены периоды ~9 и 18 минут. Показана эффективность совместного анализа как минутных, так и годовых интервалов: спектры лунного периода и 9-минутной гармоник иллюстрирует рисунок ниже.



Данная работа акцентирует внимание на диапазоне  $5 \div 20$  минут. Далее  $V_x, y, z$  компоненты и их вариации (огибающие или амплитуды гармоник) представлены в нТл. Использовалось преобразование Гильберта [Бендат и Пирсол, 1989] при анализе и выделении огибающих спектральных компонент.

## ОТКЛИКИ НА ЭПИЗОДИЧЕСКИЕ СОБЫТИЯ

Солнечная вспышка — типичный пример эпизодического события. Отклики на процессы, сопутствующие солнечным вспышкам, отражают влияние вспышек на околоземную среду и атмосферу Земли. Они вызывают ионизацию, изменение химического состава с широким временным диапазоном проявлений [Криволуцкий и др., 2015a]. Четкость отклика зависит, кроме класса вспышки, от сезона и местного времени, что демонстрирует Рис. 1, где сопоставлены данные Алматы ([www.intermagnet.org](http://www.intermagnet.org)) и ИЗМИРАН для сильной вспышки класса X 6.9 (9 августа 2011 г.). Ось  $Ox$  в минутах, начальный момент  $T_0 = 07:00$  UT.

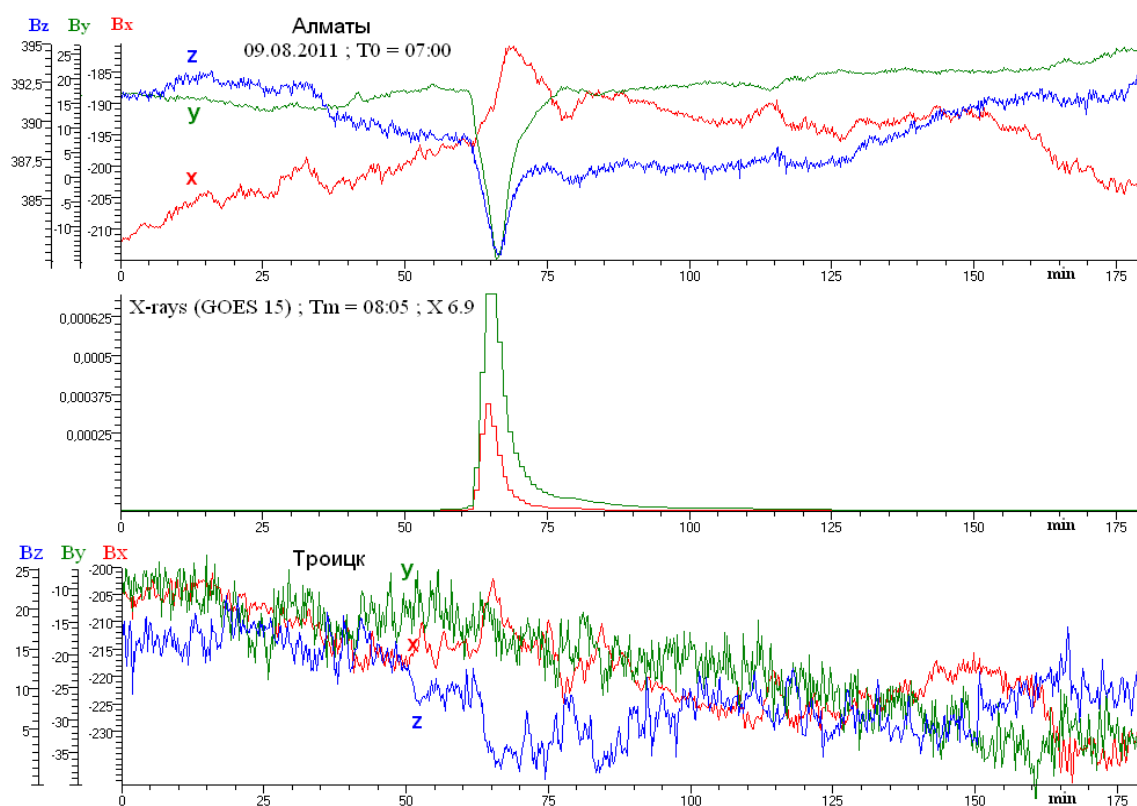
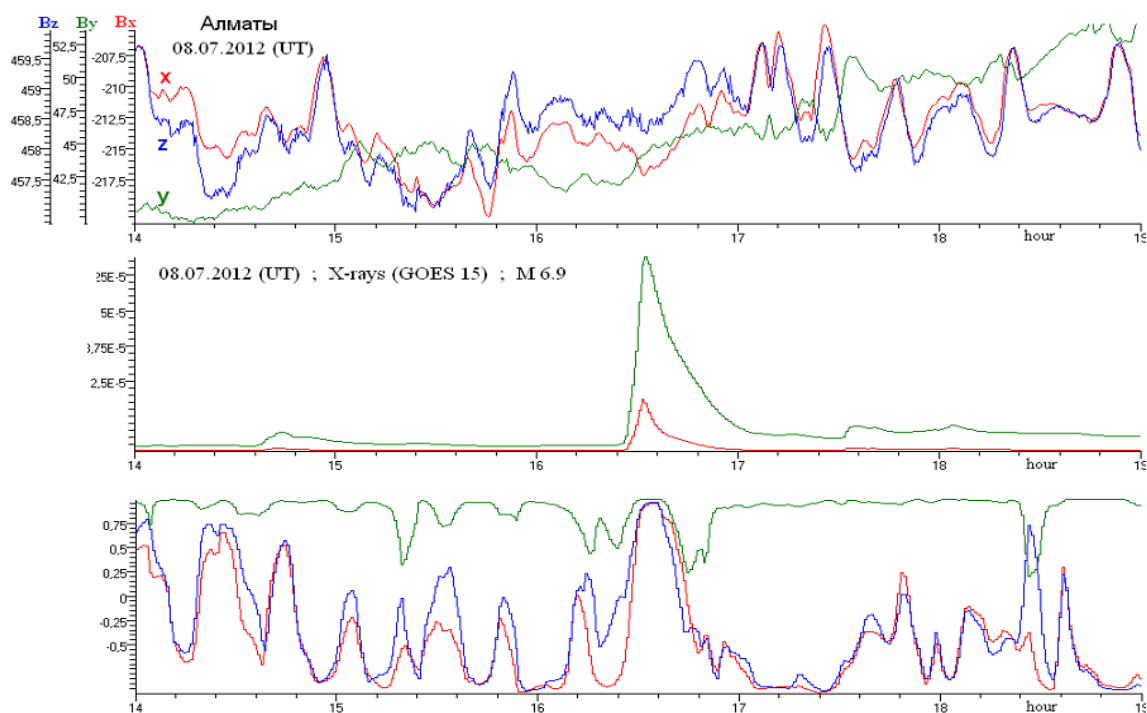


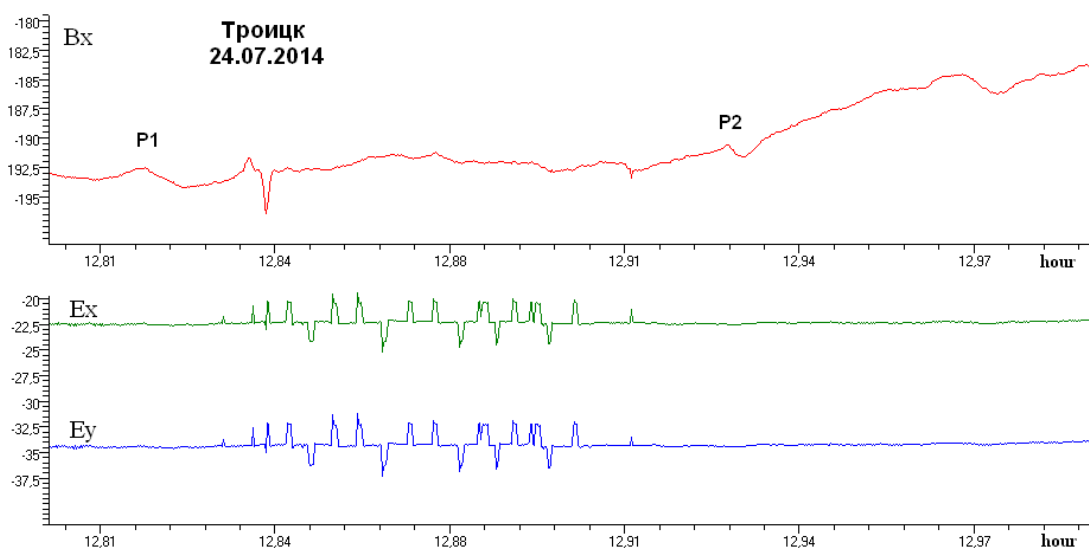
Рис. 1. Отклик на вспышку класса X 6.9 по данным Алматы и ИЗМИРАН.

В ряде случаев возможна идентификация отклика и для вспышек класса M. Временная динамика корреляционных связей между компонентами магнитных вариаций (Рис. 2, нижний рисунок) четко выделила 8 июля 2012 г. момент вспышки класса M 6.9 (Рис. 2, средний рисунок). Во временной динамике самих  $B_x, y, z$  — компонент отклик, на фоне значительных вариаций, не просматривается (Рис. 2, верхний рисунок). По оси  $Ox$  текущее время в часах.



**Рис. 2. Идентификация отклика на вспышку класса М 6.9 по данным Алматы.**

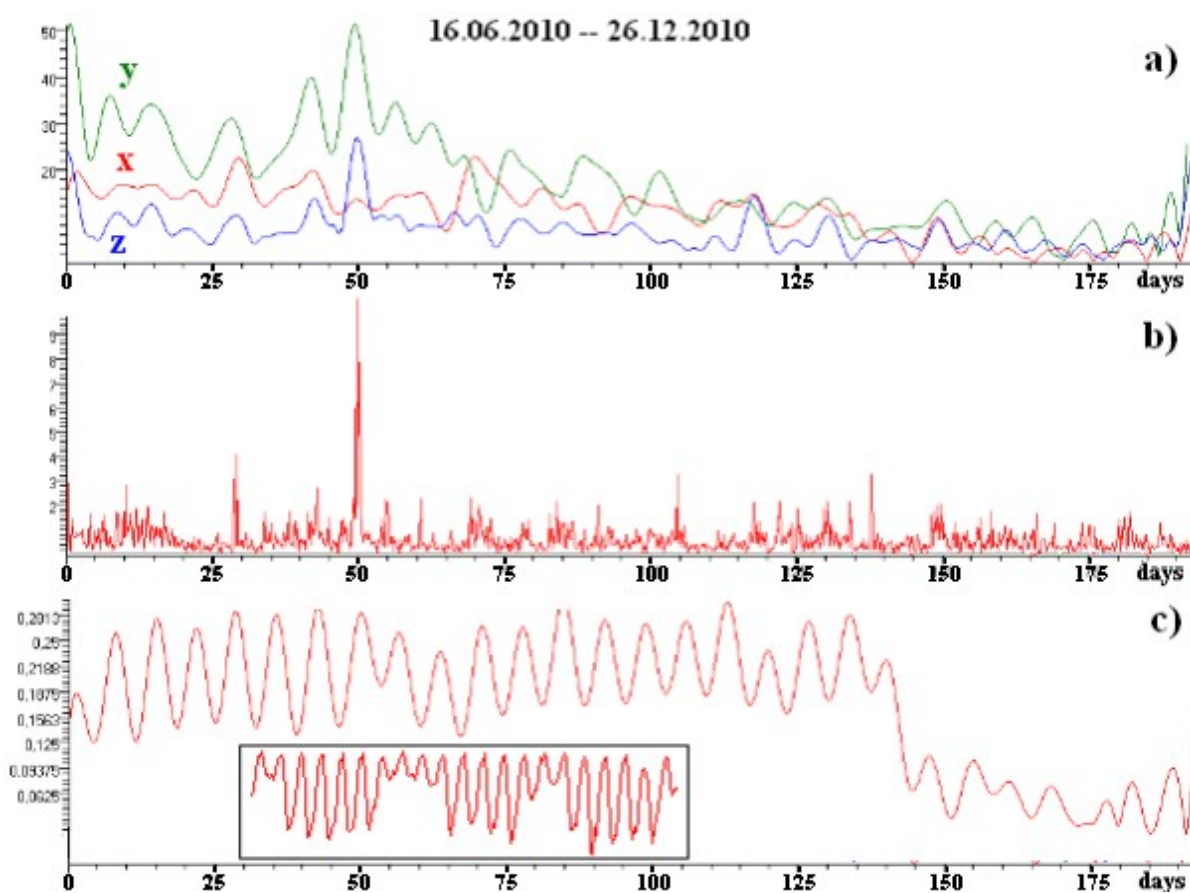
Другим примером эпизодического события является гроза. Прохождение грозовой области над пунктом наблюдения 24 июля 2014 г. показано на Рис. 3, ось Ох - текущее время в часах. По  $E_x, y$  – компонентам (в произвольных единицах) четко выделяются моменты связанные с поляризацией от грозовых облаков. Всплески P1/P2 на магнитной компоненте характеризуют токовую перестройку перед/за движущейся областью индуцированного заряда. Величина всплесков сопоставима с откликом от сильных солнечных вспышек.



**Рис. 3. Прохождение грозовой области над пунктом наблюдения.**

## ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ РЕГУЛЯРНЫХ СОБЫТИЙ

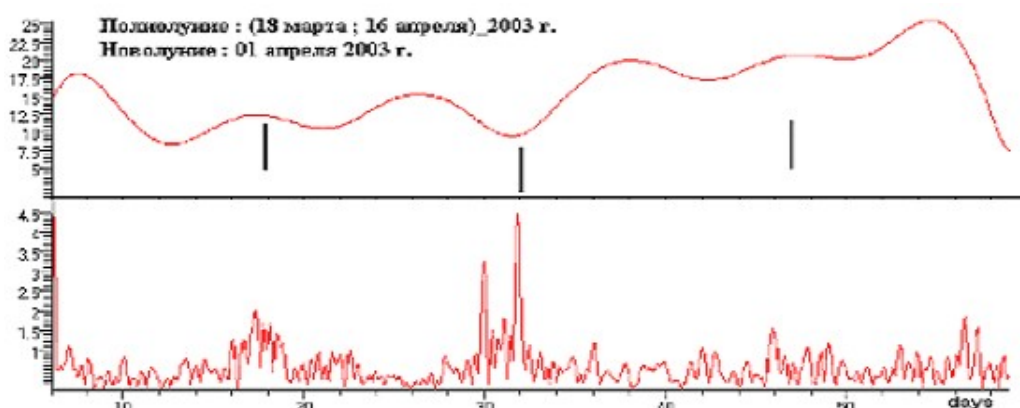
Эпизодические события отражаются на фоне достаточно регулярных процессов, которые проявляются на длительных интервалах наблюдений. Поэтому важна оценка фоновых состояний и их динамика на временных шкалах разного масштаба. На рис. 4 представлен обзор огибающих суточных гармоник  $V_x, y, z$  и 18-минутной гармоник  $V_x$ , а также акустического канала с 16 июня по 26 декабря 2010 г. Видна сезонность (спадающий тренд с августа) в интенсивности суточных  $V_x, y, z$ - вариаций и их тесная связь с «высокочастотными» откликами (Рис. 4a,b). Огибающие в окрестности 50 дня (03 - 06 августа) усилились из-за прихода возмущения (SI 3/17:41 UT) от выбросов больших волокон и вспышки C3.2 1 августа. Малая магнитная буря, по данным ИЗМИРАН, имела следующие характеристики ( $G1$ ,  $A_{ms} = 30$ , длит.= 54 ч.) [Ишков В.Н., 2010]. За весь рассматриваемый период было пять дневных вспышек: четыре в диапазоне  $M 1.0 \div M 2.9$  и одна  $M 5.4$  к концу года.



**Рис. 4. Временная динамика огибающих: (а) – суточные гармоник  $V_x, y, z$  ; (б) – 18-минутная гармоника  $V_x$  ; (с) – суточная гармоника акустического канала.**

Рис. 4с демонстрирует амплитуду суточной гармоник акустического сигнала. Проявляется её недельная модуляция и влияние снежного покрова с первых чисел декабря. Там же представлен трехнедельный фрагмент с сейсмодатчика (после детектирования) с четким эффектом «выходного» дня.

Другой пример оценки фонового состояния за 54 дня (с 6 марта по 28 апреля 2003 г.) демонстрирует Рис. 5, где представлены огибающие (амплитуды) суточной (верхняя часть рисунка) и двадцатиминутной гармоник Вх-компоненты.



**Рис. 5. Огибающие суточной и 20-минутной гармоник Вх компоненты за 54 дня.**

Растущий тренд амплитуды суточной гармоник (верхняя часть рисунка) отражает увеличение световой части суток. Выделяется влияние фаз Луны на неё. Суммарное воздействие гравитационных сил Солнца и Луны происходит вблизи новолуния, когда следует ожидать максимального эффекта. На нижней части рисунка представлена амплитуда компоненты с периодом ~20 минут. Хорошо видна её связь с выделенными моментами суточной гармоник. Отметим, что 17 марта и 26 апреля были солнечные вспышки классов X 1.5 и M 7.0 (вечером и утром), что могло «усилить» выбросы на 17 и 57 сутки.

Проявление Луны в магнитных данных ИЗМИРАН и показаниях *Dst*-индекса более подробно рассмотрено в работе [Гарбацевич и Шибачев, 2018].

## ВЫВОДЫ

Показана эффективность сопоставления и анализа как минутных, так и годовых интервалов. Длительность характерного отклика на эпизодическое событие  $\leq 20$  минут. В этом же диапазоне зафиксированы гармоник записей магнитных компонент комплекса.



Устойчивые проявления, в разные периоды длительных наблюдений, гармоник  $\sim 18$  мин. (2010 г.: 16.06 - 26.12) и  $\sim 20$  мин. (2003 г.: 06.03 - 28.04) говорит о регулярности их генерации. Можно отметить динамичность временной зависимости амплитуд гармоник. Малую вариацию их периода можно связать с различием внешних условий:

♦ первый фрагмент – начало ветви роста цикла 24 со средним числом Вольфа  $\sim 21.2$ ;

♦ второй фрагмент – начало ветви спада цикла 23 со средним числом Вольфа  $\sim 71$ .

Также может сказаться сезонность наблюдений [Криволицкий и др., 2015b]. В работах [Шаповалов и Трошичев, 2018; Куницына и др., 2015], при анализе солнечно-земных связей, отмечены значения гармоник и временные масштабы близкие к полученным в работе.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бендат Дж., Пирсол А. Прикладной анализ случайных данных. М.: Мир. 1989. 540 с.
- Гарбацевич В., Шибяев И. Проявление характеристик Луны при регистрации модуля магнитного поля Земли // In: Proceedings of 14th International Scientific Conference «SES 2018». Sofia, Bulgaria. С. 130 – 134. 2018.
- Ишков В.Н. обзор20100809 // [www.izmiran.ru/services/saf/archive/ru/2010](http://www.izmiran.ru/services/saf/archive/ru/2010).
- Криволицкий А.А., Черепанова Л.А., Вьюшкова Т.Ю., Репнев А.И., Ключникова А.В. Глобальная циркуляция атмосферы Земли на высотах 0-135 км, рассчитанная с помощью модели ARM. Учет вклада солнечной активности // Геомагнетизм и аэрономия. Т. 55. №6. С. 808-828. 2015а.
- Криволицкий А.А., Куколева А.А., Черепанова Л.А., Вьюшкова Т.Ю., Репнев А.И. Воздействие вариаций УФ радиации в цикле активности солнца на сезонное распределение нейтральных и заряженных химических составляющих атмосферы земли (трехмерное моделирование) // Труды Всероссийской ежегодной конференции по физике Солнца: Солнечная и солнечно-земная физика 2015. Санкт-Петербург, Пулково. С. 231 – 234. 2015b.
- Куницына В.Е., Назаренко М.О., Нестеров И.А., Падохин А.М. Влияние солнечных вспышек на ионизацию верхней атмосферы. Анализ ряда значительных событий 23-го и 24-го солнечных циклов // Вестн. Моск. ун-та. Физ. Астрон. № 4. С. 95–101. 2015.
- Светов Б.С., Кукса Ю.И., Одинцов В.И., Амиантов А.С. Измерительно-вычислительный комплекс для магнитотеллурического мониторинга геомагнитических процессов (ИВК-МТМ) // Приборы и системы разведочной геофизики. Саратовское отделение Евро-Азиатского геофизического общества. № 1. С.14-19. 2006.
- Шаповалов С.Н., Трошичев О.А. Спектральные наблюдения солнечной радиации NUV 297–330 nm в 24-м цикле солнечной активности (Антарктида) // Труды Всероссийской ежегодной конференции по физике Солнца: Солнечная и солнечно - земная физика 2018. Пулково, Санкт – Петербург. С. 417-420. 2018.
- [http://satdat.ngdc.noaa.gov/sem/goes/data/new\\_avg/](http://satdat.ngdc.noaa.gov/sem/goes/data/new_avg/)
- Kuksa Y., Shibaev I., Teodosiev D., Vojta J. Dynamics of regular and incidental events according to the magnetometric complex: materials of the "Schuman" project // Aerospace Research in Bulgaria. V. 28. P. 59-66. 2016.