

Короткий звіт про виконані дослідження з 01.03.2015 по 15.12.2015 р. за темою

”Скоординовані синхронні дослідження об’єктів сонячної системи методами наземно-космічної низькочастотної радіоастрономії”

Шифр ” Кріос”

ВСТУП. Реалізуючі запропоновану раніше нову концепцію скоординованих спостережень об’єктів Сонячної системи та інших космічних об’єктів за допомогою найбільших українських радіотелескопів УТР-2, УРАН, ГУРТ і космічних місій з метою підвищення чутливості, роздільної здатності, надійності досліджень основні напрямки досліджень стосувалися моніторингу сонячного вітру методом міжпланетного мерехтіння космічних радіо джерел, спорадичного радіовипромінювання Сонця і грозової активності планет сонячної системи.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ВИКОНАННЯ ТЕМИ

1. Дослідження грозової активності планет сонячної системи

Розроблений новий підхід до аналізу даних по пошуку різних за масштабом структур за допомогою автоматизації обробки. Загальне уявлення про кожен епізод шторму (епізод - оборот Сатурна з наявністю штормової активності) можна отримати укрупнюючи масштаб за часом. При цьому флуктуаційна чутливість зростає, що вимагає послідовної очищення від все більш низько інтенсивних перешкод на кожному етапі стиснення даних за часом. Отримані результати дозволяють вказати місця пошуку сигналів блискавок у великих за обсягом (0.7 ... 1.5 Тб за сеанс) даних з роздільною здатністю 15 нс (наприклад, дивись рисунок 1). За допомогою даних УТР-2 (на відміну від даних космічного апарату Кассіні) можна виділити інформацію про розподіл енергії блискавок по спектру [A. Shevtsova, K. Mylostna, S. Yerin, "Search and Study of Planetary Lightning with UTR-2 radio telescope", Young Scientists Forum on Applied Physics, Dnipropetrovsk, Ukraine, September 29 – October 2, 2015].

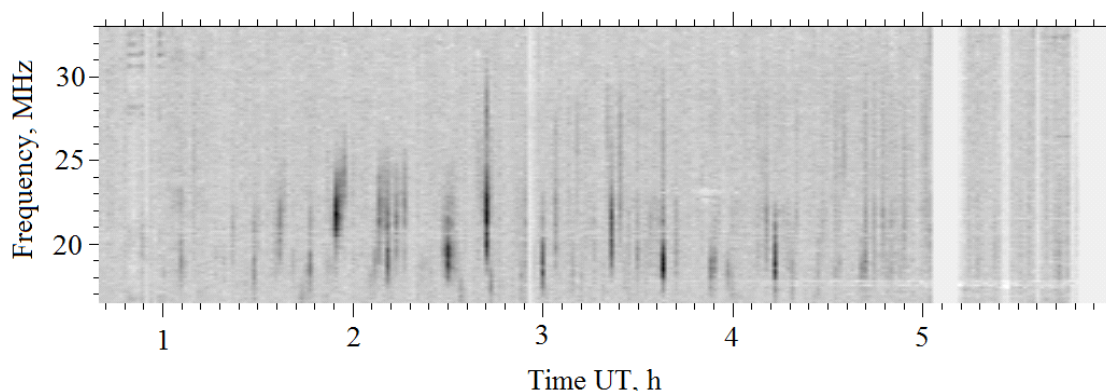


Рис. 1. Уявлення яскравості епізоду шторму J (24 грудня 2010 року).

2. Дослідження сонячних радіосплесків S-типу по спостереженням на радіотелескопах УТР-2 (Граково) и LOFAR (ЄС)

За допомогою синтезованої матриці із 170 одночасних промінів діаграми спрямованості на телескопі LOFAR були виконані спостереження характеристик сплесків S-типу [D.E. Morosan, P.T. Gallagher, P. Zucca, A. O'Flanagan, R. Fallows, H. Reid, J. Magdalenic, G. Mann, M.M. Bisi, A. Kerdraon, A.A. Konovalenko, et al., "LOFAR tied-array imaging and spectroscopy of solar S bursts", A&A 580, A65 (2015)]. Під час спостережень було зареєстровано 3000

сплесків, більшість з яких мали тривалість ~ 0.5 с, миттєву смугу ~ 2.5 МГц, частотний дрейф 3.5 МГц/с і кругову поляризацію (її рівень в 2-8 разів більше ніж у супроводжуючих сплесків III типу). Як було встановлено, джерело S сплесків розташовано близько до вершини трансекваторіальній петель з'єднання складної активної області в південній півкулі і великої площі біполярної незвичайно яскравої області в північній півкулі.

3. Дослідження міжпланетних мерехтінь радіовипромінювання космічних об'єктів в декаметровому діапазоні

а) Спостереження міжпланетних мерехтінь дозволяють ефективно вивчати міжпланетну плазму в глобальних масштабах Геліосфери, в тому числі і в областях, які недоступні для досліджень з допомогою космічних апаратів. Метод дає вражаючий результат, наприклад, при побудові карт стану сонячного вітру для виявлення корональних викидів маси в міжпланетному просторі [Калініченко М.М., Коноваленко О.О., Браженко А.І. та інші. "КВМ у міжпланетному просторі по спостереженням міжпланетних мерехтінь космічних радіоджерел в декаметровому діапазоні", Збірник трудів конференції «15-та Українська конференція з космічних досліджень», с.18]. Однією з ключових задач в таких дослідженнях є розуміння і знання фонових параметрів міжпланетної плазми (параметрів, які мають місце у відсутності збурення сонячного вітру). На цьому етапі виконання проекту було досліджено режим розсіювання (мерехтіння) декаметрового радіовипромінювання на дуже малих елонгаціях від Сонця. В якості просвічуючого джерела було вибрано радіоджерело 3C144, яке асоціюється з залишком спалаху надної 1054 року. Радіоджерело спостерігалось на елонгації близько восьми градусів. Ці вимірювання по методиці спостережень мерехтінь були проведені вперше в декаметровому діапазоні радіохвиль. Проблема полягала в тому, що малі елонгації відповідають спостереженням біля полудня, коли рівень завад різного походження в декаметровому діапазоні радіохвиль надзвичайно високий. Експеримент став можливим завдяки використанню сучасних цифрових спектральних аналізаторів та відповідних методик чистки від завад. Обробка даних спостережень показала майже повну відсутність флуктуацій інтенсивності джерела (індекс мерехтіння $m \approx 0.02 \pm 0.02$), які б могли би бути інтерпретовані як міжпланетні мерехтіння. Цей результат пояснюється переходом до режиму насичених мерехтінь, який має місце на малих елонгаціях від Сонця.

б) Були проаналізовані значення швидкості і показника тривимірного спектру флуктуацій електронної концентрації плазми сонячного вітру, визначених із спостережень міжпланетних мерехтінь віддалених космічних радіоджерел на радіотелескопі УТР-2 в 2003 – 2011 рр. на частоті 25 МГц при кутах елонгації $82.5^\circ - 175.4^\circ$. Аналізувалися повільні і швидкі квазістаціонарні потоки сонячного вітру. Встановлено, що в повільному сонячному вітрі на відстанях від Сонця, що перевищують 1 а.о., тривимірний просторовий спектр флуктуацій електронної концентрації в цілому близький до закону гідродинамічної турбулентності Колмогорова (середній показник тривимірного просторового спектра флуктуацій $n_{сер} \approx 3.7$), у той час як у швидкому сонячному вітрі – до закону МГД-турбулентності Ірошнікова-Кречнана ($n_{сер} \approx 3.5$). За підсумками спостережень вперше були побудовані емпіричні моделі радіальної залежності тривимірного просторового спектра флуктуацій електронної концентрації для повільного і квазістаціонарного швидкого сонячного вітру для відстаней від Сонця, що перевищують 1 а.о. [Ольяк М. Р. Быстрый солнечный ветер и геомагнитная активность // Радиопизика и радиоастрономия. – 2015. – Т. 20, №1, С. 3 – 9]

4. Дослідження спорадичного радіовипромінювання Сонця радіотелескопом УТР-2 в режимі короткобазового інтерферометра

Влітку 2015 року на радіотелескопі УТР-2 проводилися спостереження спорадичного радіовипромінювання Сонця, в яких основна увага приділялася пошуку ознак корональних

викидів мас (СМЕ) в радіодіапазоні – сплескам II типу, та діагностиці СМЕ за параметрами цих сплесків. Поряд з інформацією, що звичайно утримується зі сплесків II типу, такою, як, радіальна швидкість СМЕ, найбільш важливою з точки зору прогнозування космічної погоди є інформація про місцезнаходження джерела сплеску, його розміри та напрямок руху [V.V. Dorovsky, V.N. Melnik, A.A. Konovalenko, A.I. Brazhenko, M. Panchenko, S. Poedts, V.A. Mykhaylov, "Fine and superfine structure of Decameter-Hectometer type II burst on 2011 June 7", Solar Physics, Volume 290, Issue 7, pp 2031-2042, 2015]. Особливо важливою ця інформація є у випадках, коли СМЕ розповсюджуються безпосередньо в напрямку Землі, тому що такі викиди здебільшого не можуть бути зареєстровані космічними коронографами. Великі лінійні розміри радіотелескопу, та його побудова у вигляді окремих секцій вкупі з сучасною апаратурою аналізу дозволили реалізувати спостереження випромінювання в режимі інтерферометру та отримати додаткову інформацію про місцезнаходження джерела сплеску. Для більш надійної асоціації сплеску II типу та СМЕ можна використати фазу крос-кореляційної функції локального інтерферометра, що визначає кут відхилу джерела випромінювання від осі діаграми спрямованості уздовж відповідної бази. Приклад фазового спектру такого сплеску наведено на рисунку 2. На фазовому спектрі білий колір відповідає відхилу в західному напрямку, а чорний – у східному. Зі спектру видно, що в момент знаходження Сонця на осі діаграми спрямованості (непарна хвилина часу, позначена на рисунку білими стрілками) фаза кореляційної функції є негативною, що відповідає знаходженню джерела на сході. За результатами аналізу можна зробити висновок, що даний СМЕ розповсюджувався вбік від Землі і вірогідніше за все не мав впливу на стан космічної погоди, що підтверджується профілем індексу DST за серпень 2015 р. Фазовий спектр також доводить, що окремі «смуги» розщепленого сплеску II типу генеруються в одному й тому ж місці. Співпадають також і локації джерел сплесків II та IV типів.

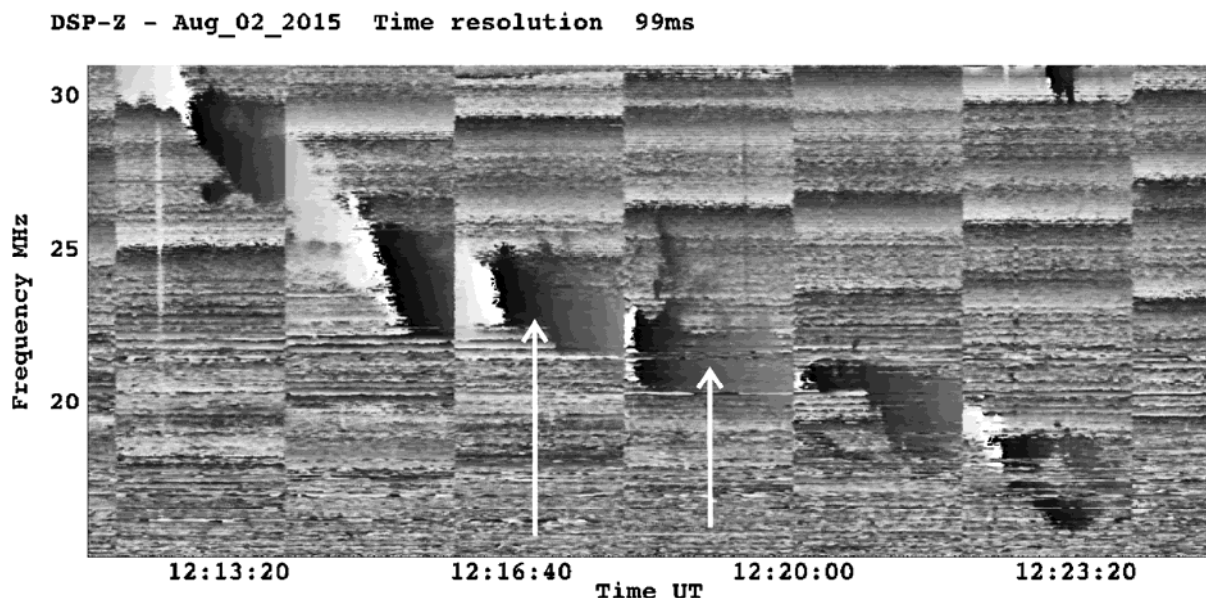


Рис. 2 Динамічний фазовий спектр сплеску II типу зареєстрованого 2 серпня 2015 р.

ВИСНОВКИ. Проведені в рамках роботи дослідження дозволили отримати ряд нових результатів, що стосуються спорадичного радіовипромінювання Сонця, міжпланетних мерехтінгів радіовипромінювання космічних об'єктів, радіовипромінювання блискавок на планетах Сонячної системи та впровадити нову систему автоматизації обробки великих масивів радіоастрономічних даних. Отримані результати безперечно показують, що продовження фінансування даної роботи себе повністю виправдовує.