

УДК 523.164:42
Інв. №

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
РАДІОАСТРОНОМІЧНИЙ ІНСТИТУТ
(РІ НАНУ)
61002, г. Харків - 2, вул. Мистецтв, 4
тел. (0572) 706-14-15

ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор РІ НАНУ

В.В. Захаренко

М.П.
« 28 » листопада 2017 р.

ЗВІТ

ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ

**“ Наземний супровід системою низькочастотних радіотелескопів УТР-2-
УРАН - ГУРТ міжнародних та українських космічних місій ”
(шифр “Кронос”)**

відповідно до Цільової комплексної програми НАН України з наукових космічних досліджень на 2018-2022 рр.» та розпорядження Президії НАН України від 07.02.2018 № 75.

Науковий керівник НДР
завідуючий відділом, д.ф.-м.н.

М.М.Калініченко

Харків – 2018

Результати роботи розглянуто Вченою Радою РІ НАНУ,
Протокол №16 від 28 листопада 2018 р.

СПИСОК АВТОРІВ

Керівник НДР, завідуючий відділом, д - р фіз.-мат. наук	М.М. Калініченко	
Відповідальний виконавець, Директор РІ НАНУ, д - р фіз.-мат. наук	В.В. Захаренко	
Відповідальний виконавець, Зам. директора РІ НАНУ, академік	О.О. Коноваленко	
Відповідальний виконавець, завідуючий відділом, д-р фіз.-мат. наук	О.М. Ульянов	
Провідний науковий співробітник, д-р фіз.-мат. наук	О.О. Станіславський	
с.н.с., канд. фіз.-мат. наук	В.В. Доровський	
с.н.с., канд. пед. наук	Н.В. Кугай	
с.н.с. Полтавської граві- метричної обсерват. НАНУ, канд. фіз.-мат. наук	А.І. Браженко	
с.н.с., канд.фіз-мат. наук	О.О. Литвиненко	
інженер	О.І. Романчук	
Зав. сектором	З.І. Любінецький	
Н.с.	В.П. Мезенцев	
М.н.с.	Альохіна О.В.	

ЗМІСТ

Вступ	7
Розділ 1 Наземна підтримка космічного апарата Juno.	8
Розділ 2. Дослідження блискавок на планетах Сонячної системи	12
2.1. Сатурн	12
2.2. Венера	14
Розділ 3 Наземні спостереження спорадичного радіовипромінювання Сонця для підтримки космічних сонячних місій.	15
3.1. Вступ	15
3.2. Спостереження	17
3.3. Визначення швидкості та напрямку руху СМЕ за параметрами сплеску II типу	18
Розділ 4. Швидкість частотного дрейфу декаметрових сонячні сплесків III типу, що спостерігалися в липні-серпні 2002 року	20
Розділ 5. Дослідження геліообумовлених трансформацій компонентів геосфери природно-заповідних територій	23
5.1. Вплив природно-кліматичних чинників на екологічну стабільність природно-заповідних територій	23
5.2. Вплив галактичних космічних променів на атмосферний інфразвук	26
Висновки	28
Публікації за темою	28

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І
ТЕРМІНІВ

- STEREO - Solar Terrestrial Relations Observatory;
CME - Coronal Mass Ejection;
SOHO - Solar and Heliospheric Observatory;
DSP - digital spectral processor;
SED - Saturnian Electrostatic Discharges;
ПЗТ - природно - заповідна територія;
АІЗ - інтенсивність атмосферного інфразвуку.

РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: 20 с + 9 службових сторінок (титул, зміст, публікації та інше), 13 рис. , 4 табл.

Об'єкт дослідження – Юпітер, Сатурн, Венера, Сонце, сонячний вітер, галактичні космічні промені.

Мета роботи: Наземна підтримка космічних місій Juno, STEREO, SOHO, Solar orbiter, Wind, GEOS, Січ-2 українськими радіотелескопами УТР-2, УРАН, ГУРТ.

На цьому етапі отримано наступні основні результати:

- Було проведено 7 сесій спостережень під час максимального наближення КА Juno до Юпітера; були виявлені два дуже рідкісних (нових) типи радіовипромінювання Юпітера з позитивним частотно-часовим дрейфом.
- За 2018 р. при спостереженнях Сатурна і Венери блискавок в атмосферах цих планет не виявлено.
- У результаті проведення спостережень сплеску II типу за допомогою радіотелескопа УТР-2, що працював в інтерферометричному режимі, отримано просторові параметри (розмір, місцезнаходження, швидкість і напрямок руху) джерела сплеску на відстанях від поверхні Сонця 0.5 – 1 сонячні радіуси, які є невидимі для космічних коронографів.
- Аналіз радіовипромінювання сонячного III типу не підтверджує лінійний характер залежності швидкості частотного дрейфу від частоти, як було прийнято раніше. Згідно з нашими результатами, ця залежність дуже добре узгоджується з даними Альвареса та Хеддока (1973), які дали емпіричне уявлення для швидкості частотного дрейфу як степеневі функції частоти.
- Встановлено, що із зростанням сонячної активності в 11-річному циклі спостерігається зменшення НЧ тренду інтенсивності атмосферного інфразвуку, при тому також помітні стійкі 27-добові зміни інтенсивності атмосферного інфразвуку. Такі зміни пояснюються впливом галактичних космічних променів на нижню атмосферу.

(ключові слова) Juno, STEREO, Cassini, Юпітер, Сатурн, Венера, Сонце, сонячний вітер, галактичні космічні промені

ВСТУП

В теперішній час здійснюється ряд космічних місій, спрямованих на дослідження Сонця, сонячного вітру та планет сонячної системи (Juno, STEREO, SOHO, Wind та інші). Планується місія Solar orbiter. Серед іншого, ці космічні апарати (КА) оснащені приймачами космічного радіовипромінювання низьких частот (декаметровий-гектометровий діапазон хвиль, частоти 1...30 МГц). Однак, через малі розміри бортових антен, відносно низькі чутливість і роздільну здатність апаратури, синхронна та/або координована наземна підтримка космічних спостережень за допомогою великих наземних радіоастрономічних систем є актуальною. При цьому частотна та часова роздільні здатності наземних радіотелескопів на кілька порядків перевищують аналогічні показники бортових радіоастрономічних систем. А завдяки великій ефективній площі антен наземних радіотелескопів, що сягає кількох сотень тисяч квадратних метрів, компенсується різниця у відстанях між об'єктами, що досліджуються, космічними апаратами та наземними радіотелескопами. З жовтня 2014 року на орбіті функціонує лише один з пари супутників STEREO – апарат STEREO-AHEAD (зв'язок із супутником STEREO-BEHIND втрачено), тому додаткова підтримка місії шляхом постійного моніторингу радіовипромінювання Сонця наземними радіотелескопами, що забезпечить збереження стереоскопічних здібностей місії, набула особливої актуальності. Таким чином, окрім традиційних завдань наземної радіоастрономії, використання сучасних наземних радіотелескопів актуально також і в синхронних наземно-космічних експериментах. Зараз загальновизнано, що одними з найбільш ефективних радіотелескопів для наземно-космічних досліджень є українські системи УТР-2, УРАН, ГУРТ. Ці інструменти офіційно включені в програми міжнародних досліджень Сонця, сонячно-земних зв'язків, сонячного вітру, Юпітера, Сатурна та інших астрофізичних об'єктів. Наземна підтримка космічних місій Juno, STEREO, SOHO, Solar orbiter, Wind, GEOS, Січ-2 українськими радіотелескопами УТР-2, УРАН, ГУРТ, що передбачається даним проектом, дозволить значно підвищити інформативність, надійність та ефективність космічних досліджень, які проводяться на перерахованих космічних апаратах.

РОЗДІЛ 1. НАЗЕМНА ПІДТРИМКА КОСМІЧНОГО АПАРАТА JUNO

Під час виконання проекту проводилися спостереження в рамках наземної підтримки місії Juno. Космічний апарат з 2016 р. здійснює оберти навколо Юпітера. Спостереження радіовипромінювання планети проводилися радіотелескопами УТР-2, УРАН-2, УРАН-3 і ГУРТ під час максимальних наближень до Юпітера.

Розроблено комплекс процедур автоматичної попередньої обробки отриманих даних:

- очистка від візькосмугових радіозавад,
- нормування по спектру,
- побудова спектрограм з трьома рівнями спектральної та часової роздільної здатності (РЗ):
 - оригінальна РЗ (6120 частотних каналів на 1024 часових відліків, 20 картинок на файл),
 - середня РЗ (1024 частотних каналів на 512 часових відліків, 1 картинка на файл, одна картинка на сеанс - опція), низька РЗ (256 на 256 - "аватар" файлу),
 - архівування (як опція).

Проводився аналіз різних типів радіовипромінювання системи Юпітер-супутники з основним напрямом пошуку - виділення нових типів сплесків. Також проводилася розробка ефективних алгоритмів очищення від радіозавад в умовах сильно змінного корисного сигналу від космічного джерела. Проводилася розробка процедур каталогізації файлів даних та створення інформаційних записів по кожному файлу даних.

Спостережні дані місії будуть мати унікальну наукову цінність, бо орбіта КА Juno є полярною і проходить біля так званих токових трубок супутників Іо, Європи та Ганімеда, взаємодія яких з Юпітером породжує спорадичне випромінювання.

Багатоантенні низькочастотні спостереження обсерваторій на різних земних довготах (Японія, Україна, Франція, США) забезпечують постійний режим спостережень Юпітера. Синхронні спостереження проводяться на різних наземних телескопах, таких як NDA, NenuFAR (Франція), LWA1 (США) та ін. Проте, українські радіотелескопи УТР-2, УРАН, та ГУРТ забезпечують найвищу чутливість.

На рис. 1 і 2 наведено приклади випромінювання, яке не є характерним під час S-штормів Юпітер-Іо або випромінювання суто Юпітера (L-шторми). Вузькосмугове модульоване випромінювання (рис. 1), що до того ж має декілька смуг, рознос між якими становить 0.5-0.7 МГц не є подібним до "зебра-структур". Останні можуть виглядати таким чином нібито вони модулюють фонове випромінювання. На цьому ж рисунку фонового випромінювання не помітно.

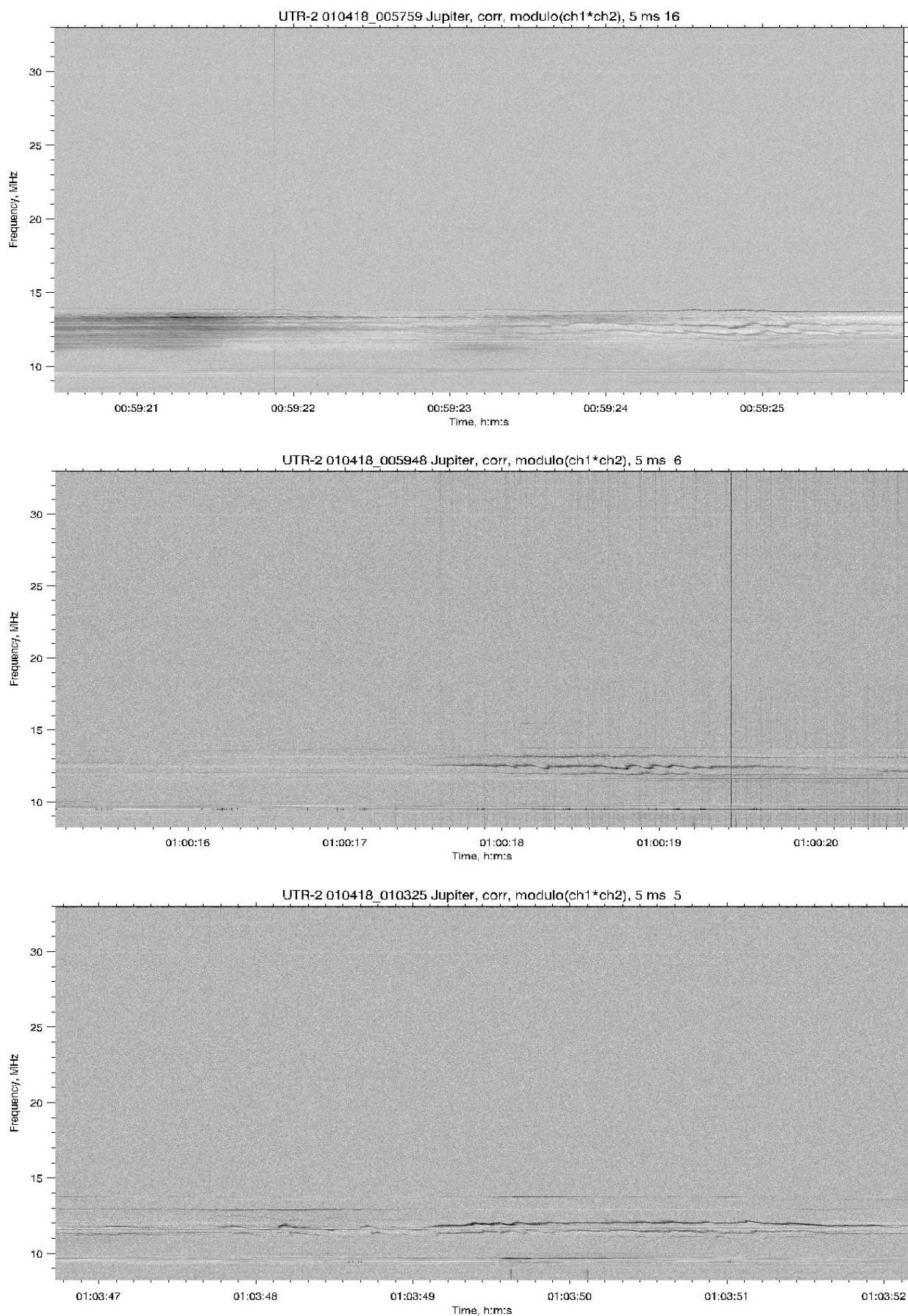


Рис. 1. Вузкосмугове модульоване випромінювання (декілька смуг). Запис під час пиріджоуву 01.04.2018 р.

На рис. 2 показані S-сплески з негативним і позитивним нахилом "час-частота".

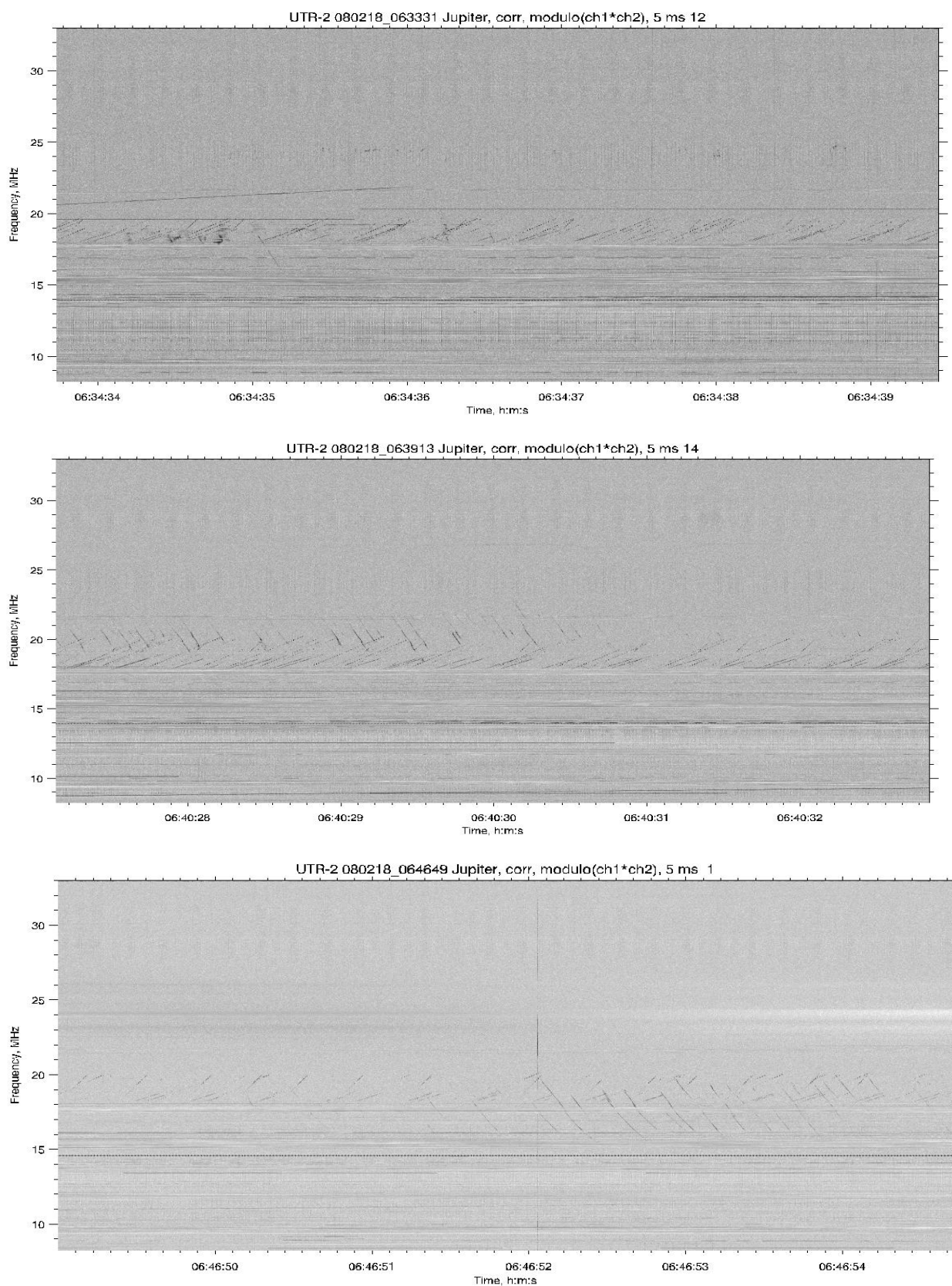


Рис. 2. S-сплески з негативним і позитивним нахилом "час-частота". Запис під час пиріджоуву 08.02.2018 р.

Аналіз попередніх даних звичайно призводив до того, що при підвищенні роздільної здатності позитивний нахил сплесків виявляється набором з коротких сплесків негативного нахилу, які модульовані якимось загальним чинником. В даних, зображених на рис. 2 підвищення роздільної здатності не дає підстав для подібних тверджень.

Дуже важливо, що спостереження ведуться одночасно з іншими радіотелескопами світу. Зараз дослідники, які працюють з центром керування КА і отримують дані з бортових приладів починають оприлюднювати дані приймачів з низькою роздільною здатністю (поки тільки за 2016 і 2017 роки). Приклад такого запису наведено на рис.3.

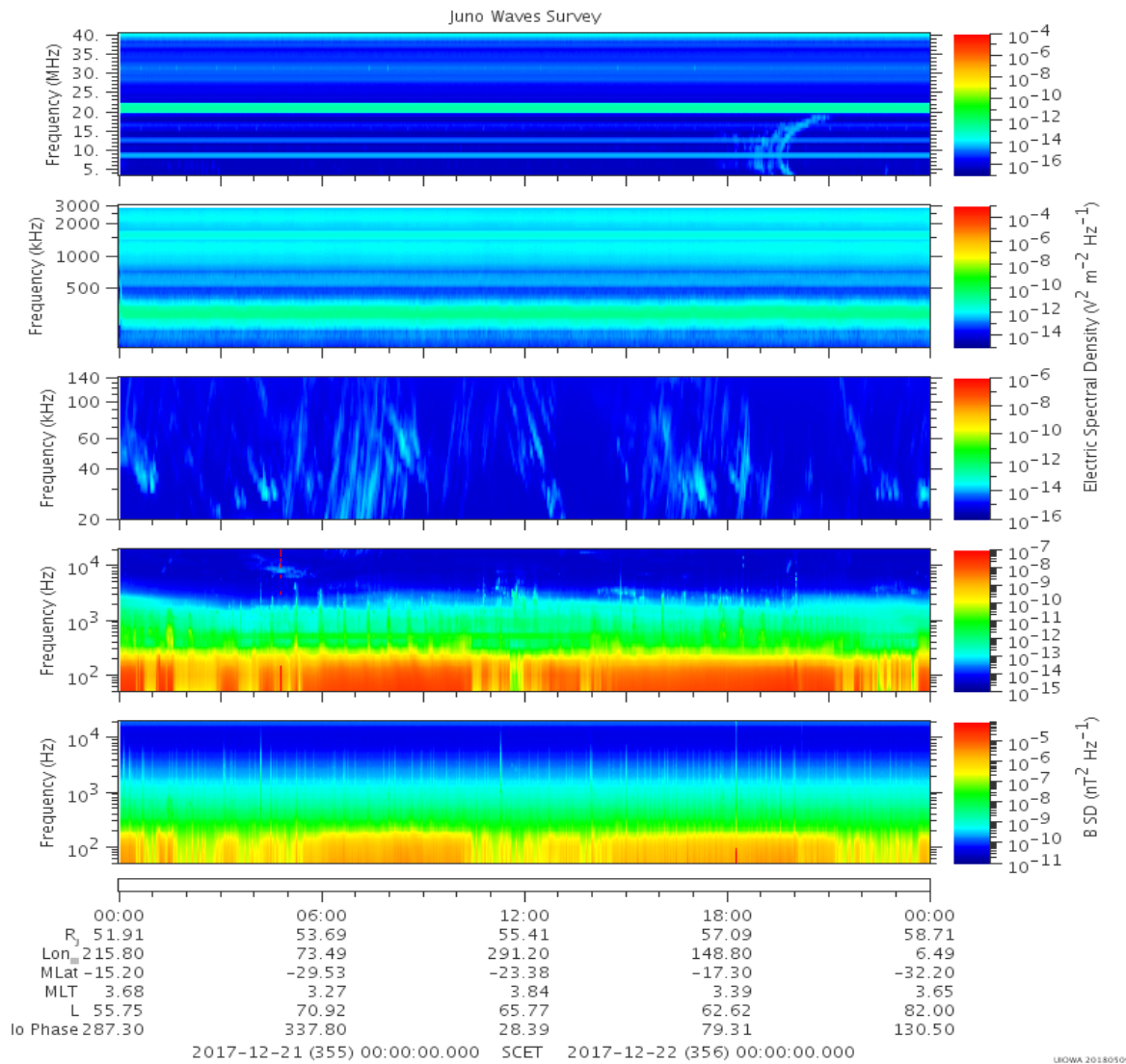


Рис. 3. Приклад динамічних спектрів, отриманих КА Juno в діапазонах від одиниць герц до 40 МГц. Запис за 12 грудня 2017 р.

В таблиці 1 наведено перелік максимальних наближень КА (періоджовувів) до Юпітера.

Таблиця 1. Перелік періджоувів (PJ) у 2018 році. (Mission Juno : Planned Observations,
<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1mKGmvxJNlba3PPIs6vikhbThsyIAiiKj1ZabkmPPKTI/edit#gid=2035937252>)

Номер	Періджоув у 2018 р.	Місяць	Число	Час UTC, h:m:s	Градус західної довготи
1	PJ11	Лютий	7	13:51:49	210.00
2	PJ12	Квітень	1	09:45:57	120.00
3	PJ13	Травень	24	5:40:07	29.00
4	PJ14	Липень	16	05:17:38	68.70
5	PJ15	Вересень	7	01:11:57	338.20
6	PJ16	Жовтень	29	21:06:17	247.60
7	PJ17	Грудень	21	17:00:27	157.00

По програмі Juno планується ще близько 20 обертів навколо планети. Попередній аналіз даних КА показує, що часовий інтервал одночасних записів можна збільшити до +/- п'яти днів. При цьому, незважаючи на віддаленість космічного апарату, чутливість радіоприймача на КА буде ще достатньою для детектування радіовипромінювання.

В якості висновків на даному етапі роботи треба зазначити, що висока чутливість УТР-2 дозволяє знаходити і досліджувати нові типи сплесків радіовипромінювання Юпітера. Поки що спостережного матеріалу недостатньо для визначення найважливіших чинників, які призводять до рідкісних вищезгаданих сплесків, і потрібно продовжувати проводити синхронні спостереження з КА та іншими радіотелескопами для висунення достатньо обґрунтованих гіпотез та їх перевірки.

РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ БЛИСКАВОК НА ПЛАНЕТАХ СОНЯЧНОЇ

2.1. Сатурн

За допомогою космічного апарату Cassini та УТР-2 були проведені найбільш повні дослідження SED (Saturnian Electrostatic Discharges - електростатичних розрядів на Сатурні). Після завершення місії Cassini 15 вересня 2017 р. (апарат був спрямований у щільні шари атмосфери Сатурна) радіотелескоп УТР-2 залишився єдиним інструментом, який може фіксувати блискавки в атмосфері планети-гіганта та аналізувати найпотужніші події з мікросекундною часовою роздільною здатністю.

Старт шторму зазвичай фіксувався космічним апаратом, який не мав іншої задачі для спостережень, окрім Сатурна, і після вимірювання положення штормових утворень на лімбі планети ці дані передавались для спостережень наземними радіотелескопами. Зараз цю проблему - моніторинг штормової активності в атмосфері Сатурну - намагаються

вирішувати за рахунок регулярних спостережень утворення штормових структур в оптичному діапазоні.

Такі дані, зазвичай, не потребують високої якості зображень, тому можуть бути отримані астрономами-любителями. В березні 2018 року було отримано дані, що в атмосфері Сатурна виникає новий шторм. На рис.4 наведено хмарне утворення (більш світле, порівняно з іншою атмосферою) на високій північній широті біля 67 градусів.



Рис.4. Яскраве хмарне утворення на високій північній широті (біля 67 градусів).

За останні 4 роки роботи місії Cassini (2013-2017 рр.) за допомогою інструмента Cassini RPWS, на жаль, не було виявлено ніякої SED-активності. Останній SED-шторм відбувався у жовтні 2013 року. До цього часу неясно, з якими хмарними структурами можна асоціювати SED-шторм. Тому є дві причини для проведення спостережень цієї штормової структури з Землі:

- 1) чи повернулися SED після такого довгого інтервалу затишшя,
- 2) SED-шторм на такій високій північній широті ще ніколи не спостерігався.

Це було основою для проведення циклу спостережень Сатурна. 29 березня (DOY - день року - 88) шторм знаходився на 318 град. західної довготи і дрейф був дуже великий (-13,4 градусів на день). По цим даним була розрахована таблиця появи шторму на лімбі планети, з якого формувався розклад спостережень (табл.2)

Таблиця 2. Дата і час появи шторму на лімбі Сатурна.

Date	UT (C.M. of System 3)	UT (C.M. of System 3)	UT (C.M. of System 3)
2018 Mar 29	08:09 (320°)	18:38 (315°)	
2018 Mar 30	05:07 (309°)	15:36 (303°)	

2018 Mar 31	02:04 (296°)	12:33 (291°)	23:02 (285°)
2018 Apr 01	09:31 (279°)	20:00 (273°)	
2018 Apr 02	06:29 (267°)	16:58 (262°)	
2018 Apr 03	03:27 (256°)	13:56 (250°)	
2018 Apr 04	00:25 (244°)	10:54 (238°)	21:23 (232°)
2018 Apr 05	07:52 (227°)	18:21 (221°)	
2018 Apr 06	04:50 (215°)	15:19 (209°)	
2018 Apr 07	01:47 (203°)	12:16 (197°)	22:45 (191°)
2018 Apr 08	09:14 (185°)	19:43 (180°)	
2018 Apr 09	06:12 (174°)	16:41 (168°)	
2018 Apr 10	03:10 (162°)	13:39 (156°)	
2018 Apr 11	00:08 (151°)	10:37 (145°)	21:06 (139°)
2018 Apr 12	07:35 (133°)	18:04 (127°)	
2018 Apr 13	15:01 (115°)		
2018 Apr 14	01:30 (109°)	11:59 (103°)	22:28 (98°)
2018 Apr 15	08:57 (92°)	19:26 (86°)	
2018 Apr 16	05:55 (80°)	16:24 (74°)	
2018 Apr 17	02:53 (69°)	13:22 (63°)	23:51 (57°)
2018 Apr 18	10:20 (51°)	20:49 (45°)	
2018 Apr 19	07:17 (39°)	17:46 (33°)	
2018 Apr 20	04:15 (27°)	14:44 (22°)	
2018 Apr 21	01:13 (16°)	11:42 (10°)	22:11 (4°)
2018 Apr 22	08:40 (358°)	19:09 (353°)	
2018 Apr 23	05:38 (347°)	16:07 (341°)	
2018 Apr 24	02:36 (335°)	13:04 (329°)	23:33 (323°)
2018 Apr 25	10:02 (317°)	20:31 (311°)	
2018 Apr 26	07:00 (306°)	17:29 (300°)	
2018 Apr 27	03:58 (294°)	14:27 (288°)	
2018 Apr 28	00:56 (282°)	11:25 (277°)	21:54 (271°)
2018 Apr 29	18:51 (259°)		
2018 Apr 30	05:20 (253°)	15:49 (247°)	

Пізніші вимірювання дали дещо менші (на 15-20 %) значення дрейфу, що було враховано при спостереженнях.

Результат обробки біля 10 сеансів спостережень показав повну відсутність SED-активності. Це є цікавою особливістю високоширотних штормів на Сатурні, хоча майбутні спостереження потрібні для більш надійної основи для цього висновку.

2.2. Венера

Наявність блискавок в атмосфері Венери є вельми суперечливим питанням. Є дуже сильні докази як наявності грозової активності, так і відсутності земно-подібних електростатичних розрядів. Тому дослідження цієї проблеми залишається актуальним.

В 2016-2017 роках стартувала програма пошуку блискавок в атмосфері Венери за допомогою УТР-2 та камери "Lightning and Airglow Camera (LAC)" на японському космічному апараті Akatsuki (Japanese Akatsuki Venus orbiter). Восени 2018 року (26

жовтня) Венери підходить найближче до Землі, тому ймовірність виявлення радіовипромінювання блискавок в атмосфері Венери в цей період є максимальною. Розклад роботи LAC за 2018 р., коли Венера доступна для спостережень на УТР-2 наведено в табл.3.

Табл. 3. Розклад спостережень на УТР-2 та LAC за 2018 р.

Penumbra End	NOTE	UTR-2 visibility (36.93° east; 49.63° north; 155 m)	LWA visibility (252.367° east; 34.066° north; 2130 m)
2018-04-10 06:35:42		22°-27° elev., 92°-98° azi., 1.54 AU	elevation<0°, 1.54 AU
2018-05-23 19:47:16		8°-2° elev., 299°-307° azi., 1.32 AU	56°-66° elev., 95°-105° azi., 1.32 AU
2018-06-03 15:18:46		50°-45° elev., 244°-254° azi., 1.25 AU	1°-7° elev., 61°-66° azi., 1.25 AU
2018-09-21 14 11 24		20° elev., 183°-191° azi., 0.42 AU	elevation<0°, distance 0.42 AU
2018-10-02 11:11:29	<- tentative preumbra/umbra time	18° elev., 172°-180° azi., 0.35 AU	elevation<0°, distance 0.35 AU
2018-10-13 11:59:45	<- tentative preumbra/umbra time	17°-15° elev., 195°-203° azi., 0.30 AU	elevation<0°, distance 0.30 AU

У відповідності до табл. 3 було проведено 6 сесій спостережень. Пошуки програмами обробки, за допомогою яких були продетектовані блискавки в атмосфері Сатурна, не виявили ніяких сигналів із значним співвідношенням сигнал/шум. Це підтверджує негативні результати неодноразових спроб пошуку електростатичних розрядів в атмосфері Венери, які проводилися на УТР-2 з 2010 року.

РОЗДІЛ 3. НАЗЕМНІ СПОСТЕРЕЖЕННЯ СПОРАДИЧНОГО РАДІОВИПРОМІНЮВАННЯ СОНЦЯ ДЛЯ ПІДТРИМКИ КОСМІЧНИХ СОНЯЧНИХ МІСІЙ

3.1. Вступ

Проблема моніторингу та прогнозування космічної погоди є такою, що потребує як практичного спостереження сонячної активності та її проявів у навколоземному просторі, так і теоретичної інтерпретації спостережуваних явищ, що, в свою чергу має велике значення для надійного передбачення наслідків цієї активності. Астрономія Сонця взагалі, та сонячна радіоастрономія зокрема є одними з небагатьох галузей фундаментальної науки, що мають велике прикладне значення: завчасне попередження про небезпечні збурення космічної погоди може запобігти великих економічних втрат через порушення

роботи ліній зв'язку, транспортної інфраструктури, тощо. Важливість цієї галузі астрономії підтверджується запуском багатьох космічних місій, націлених виключно на вивчення Сонця та сонячної корони. За останні 12 років було запущено три суто сонячні космічні місії: Solar TErrestrial Relation Observatory (STEREO, 2006), Solar Dynamic Observatory (SDO, 2010) and Parker Solar Probe (2018). Ще один супутник, Solar Orbiter планується запустити до Сонця у найближчому майбутньому.

Незважаючи на очевидні переваги досліджень Сонця з борту космічних апаратів, вони мають також і суттєві недоліки. Обмеження на масу, розміри та споживану енергію бортової апаратури не дозволяють, наприклад, проводити спостереження радіовипромінювання Сонця з чутливістю, часовою, частотною та просторовою роздільними здатностями, які досягаються у наземних системах. Крім того, як показує випадок зі станцією STEREO/BEHIND, робота у вкрай агресивному середовищі на значній відстані від Землі підвищує ризик виходу апаратури з ладу. Усе вище сказане обумовлює актуальність задач наземної підтримки космічних місій, зокрема, місій з вивчення Сонця.

Як відомо найбільш потужним проявом сонячної активності, що впливає на стан космічної погоди є корональні викиди маси (Coronal Mass Ejections, CME). В залежності від низки параметрів CME можуть призвести до збурень космічної погоди, або не мати на неї впливу. Основними параметрами, що визначають геофективність CME є маса викиду, його швидкість та напрямок руху. Тому одним з найважливіших завдань прогнозування космічної погоди є визначення потенційно небезпечних корональних викидів: швидких CME з великою масою, що рухаються у бік Землі.

CME можуть реєструватися безпосередньо у видимому світлі за допомогою наземних та космічних коронографів, або через їх проявлення в інших діапазонах. Зокрема, у радіодіапазоні. Визначення місцезнаходження та напрямку руху CME за умов спостереження лише з однієї точки простору, наприклад з Землі, неможливо без залучення низки припущень, що значно зменшує точність та надійність отриманих результатів. В останньому випадку реєстрація CME, що розповсюджуються безпосередньо в напрямку Землі ще більше ускладнена через те, що диск коронографа затіняє основну частину викида упродовж усього часу його розповсюдження. За цих умов підтримка космічних оптичних спостережень наземними радіоспостереженнями є надзвичайно важливою. До останнього часу регулярні спостереження Сонця з допомогою радіотелескопа УТР-2 надавали лише інформацію про швидкість розповсюдження CME. Використання радіотелескопу УТР-2 як коротко базового інтерферометра дозволило додатково отримувати інформацію також про місцезнаходження, розмір та напрямок руху CME за частотними, часовими та просторовими параметрами сплеску II типу.

3.2. Спостереження

З метою визначення місцезнаходження, розміру та напрямку руху джерел сплесків II типу в декаметровому діапазоні довжин хвиль на базі обсерваторії УТР-2 були проведені спостереження у інтерферометричному режимі. Для цього радіотелескоп УТР-2 було зконфігуровано як коротко базовий інтерферометр, що складався з двох взаємно перпендикулярних баз довжиною 674 м кожна, що були сформовані з трьох окремих антен радіотелескопу – Північної, Південної та Західної (Рис.5).

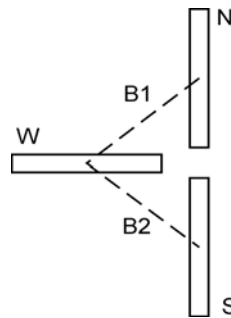


Рис. 5. Короткобазовий інтерферометр на базі радіотелескопу УТР-2

Сигнали з двох пунктів кожної бази подавалися на двоканальний спектрополяриметр DSPZ, який обчислював комплексну функцію кореляції у смузі частот 8-32 МГц у реальному часі. При цьому модуль функції кореляції ніс інформацію про розмір джерела уздовж відповідної бази, а її фаза – про кутове відхилення джерела від центральної осі діаграми спрямованості інтерферометра. Таким чином була отримана можливість оцінки просторових параметрів джерела сплеску з роздільною здатністю за часом та частотою відповідно 100мс та 4кГц, одночасно в широкій смузі частот.

31 травня 2013 року у проміжок часу 11:22 – 11:39 UT радіотелескопом УТР-2 було зареєстровано потужний складний сплеск II типу (рис.6).

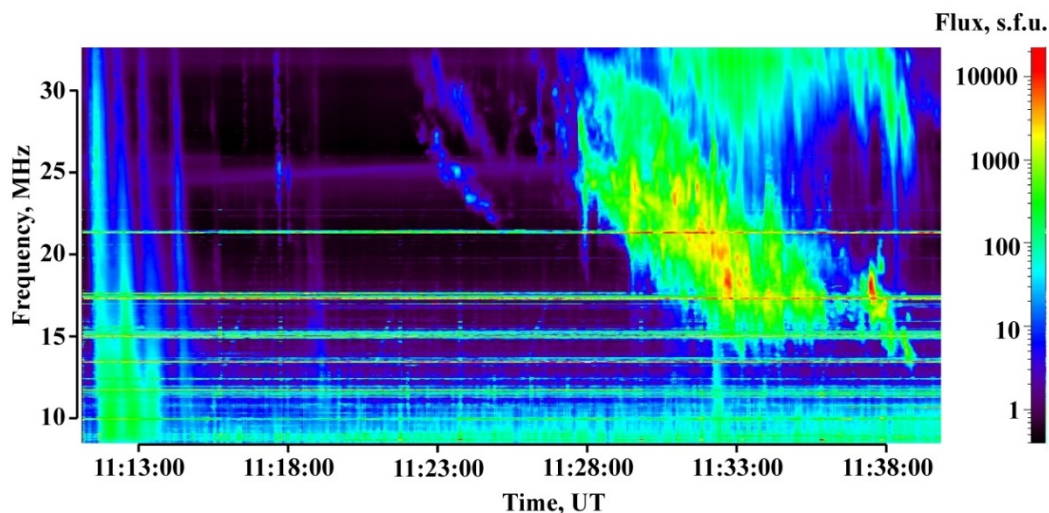


Рис. 6. Динамічний спектр сплеску II типу 31 травня 2013 року. УТР-2.

Цей сплеск вочевидь був проявом коронального викиду мас, який було виявлено коронографами LASCO/C2 супутника SOHO, та COR1 супутника STEREO-BEHIND, майже годину потому, о 12:12 UT та внесено в каталог корональних викидів мас НАСА (https://cdaw.gsfc.nasa.gov/CME_list/). Така суттєва різниця у часі першої реєстрації сплеску II типу та CME обумовлена тим, що непрозорий диск коронографа не дозволяє спостерігати процеси, що відбуваються на висотах нижче $2.2R_{\odot}$ від центра Сонця, де $R_{\odot}$ - радіус Сонця. У той час як радіовипромінювання з таких висот може бути зареєстровано без перешкод.

3.3. Визначення швидкості та напрямку руху CME за параметрами сплеску II типу

Традиційно радіальну складову швидкості руху CME обчислювали за швидкістю частотного дрейфу сплеску II типу. Даний метод є модельно-залежним, оскільки для знаходження радіальної швидкості ударної хвилі обирається одна з існуючих моделей профілю густини корональної плазми. Так сплеск II типу, що аналізується, мав швидкість частотного дрейфу біля -40кГц/с , що відповідає радіальній швидкості ударної хвилі біля 800км/с для моделі корони Ньюкірка та біля 600км/с для моделі Баумбаха-Аллена. Даний метод дає лише радіальну компоненту швидкості. Реальне місцезнаходження джерела, його напрямок руху та розміри залишалися при цьому невідомими.

У випадку використання радіотелескопу УТР-2 в якості інтерферометра кутове відхилення джерела від осі діаграми спрямованості інтерферометра θ може бути обчислене як

$$\theta = \arcsin\left(\frac{\varphi \cdot c}{2\pi \cdot f \cdot L}\right), \quad (1)$$

де θ – кут відхилення у радіанах, φ - фаза функції кореляції інтерферометра у радіанах, c – швидкість світла, f - частота, L – довжина бази.

У разі, коли вісь діаграми спрямованості інтерферометра співпадає з центром Сонця, кут відхилення буде давати геліоцентричну координату джерела уздовж осі, паралельної відповідній базі. Вимірюючи фази кореляційних функцій у двох взаємно-перпендикулярних базах, можна отримати координату джерела відносно центра Сонця у картинній площині. Відповідно, вимірюючи координати у різні моменти часу, можна обчислити поперечну компоненту швидкості джерела на основі його реального просторового пересування, не використовуючи при цьому будь які моделі.

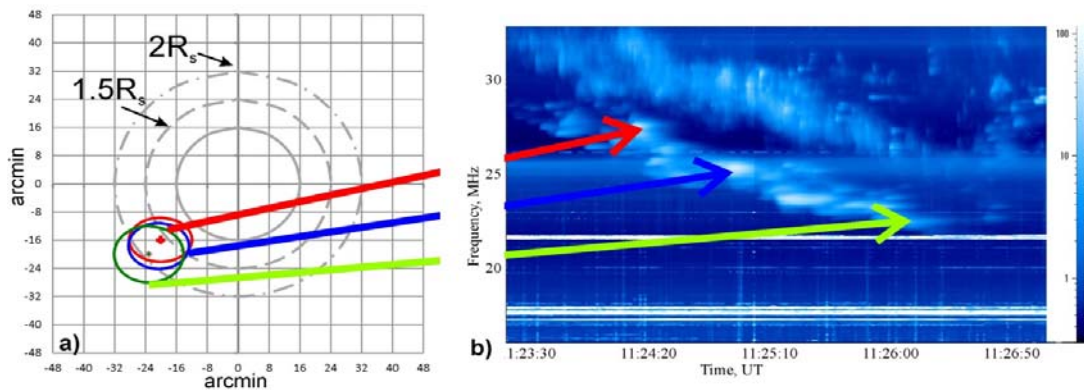
Результати обробки даних інтерферометричних спостережень вказаного сплеску II типу наведені на рис. 7 у вигляді просторових положень джерела сплеску II типу у послідовні моменти часу.

На лівій панелі рис. 7 наведені положення джерела випромінювання у три різні моменти часу, які вказані різнокольоровими стрілками на правій панелі. Аналіз цих даних показує, що джерело, а значить і СМЕ, рухається на південний схід в напрямку від Сонця зі швидкістю біля 900 км/с. Ця швидкість є близькою до тієї, що отримана зі швидкості частотного дрейфу за умови використання моделі корони Ньюкірка. Винайдений напрямок повністю співпадає з напрямком, який пізніше був винайдений космічними коронографами на більших відстанях від Сонця.

Дуже важливим є той факт, що місцезнаходження та напрямок руху джерела, пов'язаного з ударною хвилю, було отримано на відстанях від центра Сонця між $1.5R_s$ та $2R_s$, які є недосяжними для оптичних спостережень з космічних коронографів. Одночасно зазначений метод надав можливість оцінити розміри джерела випромінювання сплеску II типу через функцію видності.

$$\Omega = \frac{2\lambda \sqrt{-\ln(\gamma) \ln 2}}{\pi L}, \quad (2)$$

де Ω - кутовий розмір джерела випромінювання на рівні половини від максимуму інтенсивності у радіанах, λ - довжина хвилі радіовипромінювання, γ - функція видності



джерела.

Рис. 7. Просторове пересування джерела сплеску II типу у часі.

При цьому функція видності визначається експериментально

$$\gamma = \frac{P_c}{\sqrt{P_1 P_2}}, \quad (3)$$

де P_c – модуль функції кореляції, P_1 та P_2 – потужності сигналів у двох пунктах бази.

Для сплеску II типу, що аналізується, розміри джерела дорівнювали $16'$, тобто близько радіусу Сонця та суттєво більше розміру самого СМЕ, отриманого з оптичних спостережень. Це в свою чергу дозволило знайти яркісну температуру випромінювання, яка в даному випадку дорівнювала $4 \cdot 10^{11} \text{K}$.

РОЗДІЛ. 4. ШВИДКІСТЬ ЧАСТОТНОГО ДРЕЙФУ ДЕКАМЕТРОВИХ СОНЯЧНИХ СПЛЕСКІВ, ЯКІ СПОСТЕРІГАЛИСЯ В ЛИПНІ-СЕРПНІ 2002 РОКУ.

Сонячні сплески типу III спостерігаються з п'ятдесятих років минулого століття. Це найбільша популяція сплесків, яка спостерігається, в порівнянні з іншими типами. Крім цього, вони є найбільш вивченими явищами з точки зору як експериментальних, так теоретичних досліджень. Тим не менш, інтерес до вивчення таких сплесків не зменшується, а навіть навпаки росте. Цій прояв сонячної активності виявляється в дуже широкій частоті від декількох ГГц до декількох десятків кГц. Важливим параметром сонячних сплесків III типу є їх швидкість частотного дрейфу. Він характеризує швидкість джерел сплеску (електронних пучків) у сонячній корони. Для безлічі сонячних сплесків III типу в межах від 75 кГц до 550 МГц Альварес і Хеддок (Solar Phys., 29, 197, 1973) отримали рівняння швидкості частотного дрейфу у вигляді $df/dt = - (0.01 \pm 0.008) f^{1.83 \pm 0.39}$. Ступенева залежність швидкості частотного дрейфу сонячних сплесків III типу є відомим класичним результатом для вказаних сплесків, якій підтверджується в багатьох сонячних спостереженнях на різних частотах, в тому числі в останніх спостереженнях на LOFAR. Однак згідно Мельнику та ін. (Solar Phys., 269, 335, 2011) аналіз потужних сонячних декаметрових сплесків III типу, які спостерігалися в липні-серпні 2002 року, встановив лінійну залежність швидкості частотного дрейфу з частотою. Цій висновок вочевидь суперечить іншим надійним результатам. Ми вирішили провести повторний аналіз цих сонячних даних, використовуючи більш ретельні методи.

Слід зауважити, що в дослідженнях Мельника та ін. (2011) для покриття діапазону частот 10-30 МГц був використаний 60-канальний спектрометр. Аналоговий багатоканальний приймач був налаштований на 60 вибраних частот з частотною смугою 3 кГц на кожному частотному каналі. Проте ці частотні канали мали неоднорідний інтервал у частоті, а частотні розриви між сусідніми каналами у спектрометрі були від 110 кГц до 1,4 МГц залежно від наявності радіоперешкод. Більш того, 60 відібраних частот змінювалися під час спостережень через тимчасові радіоперешкоди. Хоча ці зміни не перетинали кордону каналів, але вони не були враховані. Аналіз швидкості частотного дрейфу сплесків, що спостерігалися в липні-серпні 2002 року, виконався тільки на середніх частотах 11,5, 14, 17,5, 22,5 та 27,5 МГц. В результаті було отримано залежність $df/dt = -Af$

+ B, де A та B є константами, які змінюються з дня на день, а внесок B у df/dt досягав 33,3% на 10 МГц та 12,2% на 30 МГц так, що внесок B не може бути відкинутий. Ми вирішили перевірити результати спостережень у липні-серпні 2002 року за допомогою даних, отриманих з цифрового спектрального поляриметра, DSP. Ці вимірювання проводилися одночасно з 60-канальними записами аналогового спектрометра, але дані DSP не використовувались для визначення швидкості дрейфу сонячних сплесків III типу раніше. За допомогою додаткових вимірювань ми підтвердимо чи спростуємо закон швидкості частотного дрейфу сплесків, який був представлений у Мельника та ін. (2011).

Особливості спостережної кампанії влітку 2002 р. з конфігурацією радіотелескопа УТР-2 (Харків, Україна) були детально описані раніше. Згадаємо тільки особливості цифрового радіоприймача DSP. Він здійснював запис даних в безперервній смузі частоти 12 МГц (18 - 30 МГц) з частотною роздільною здатністю 12 кГц і роздільною здатністю у часі 100 мсек. У порівнянні з 60-канальним приймачем, кількість частотних каналів DSP набагато вище, 1024. Це дозволяє нам отримувати помітно більше точок даних для аналізу швидкості частоти дрейфу сплесків III типу.

Протягом липня-серпня 2002 р. Сонце здійснило близько двох поворотів навколо своєї осі. Багато різних активних областей (АО) спостерігалось на сонячному диску, від АО 10008 до АО 10096. Кількість АО варіювало від 4 до 13 у липні та від 7 до 14 у серпні. З огляду на найсильніші сонячні спалахи з червня 1996 року (50 найпотужніших сонячних спалахів, <https://www.spaceweatherlive.com/en/solaractivity/top-50-solar-flares>, що встановлені з супутникових спостережень GOES та інших), у липні-серпні 2002 року було зареєстровано чотири події. Найбільший прояв сонячної активності був пов'язаний з АО 10017, 10030, 10039 та 10069. Вони, швидше за все, відповідальні за сильне радіовипромінювання сплесків III типу, що спостерігалися в той час. Інші АО виявилися не такими ефективними. Використовуючи DSP, ми проаналізували 214 подій у липні 2002 року та 81 сплеск у серпні 2002 року.

Для вивчення частотних дрейфів радіовипромінювання сонячного III типу у липні-серпні 2002 року за допомогою DSP записів ми дослідили максимум часових профілів спектральної щільності для зареєстрованих сплесків на кожному з частотних каналів від 18 до 30 МГц. Як правило, частотні канали цифрових записів, які були зіпсовані радіовипромінюванням вузько смугових перешкод, ігнорувалися. В якості апроксимуючої функції зручно взяти залежність

$$f(t) = a(t - b)^{-\alpha}, \quad (1)$$

де a , b та α - параметри, що дають найкращий результат, коли лінія проходить через значення максимуму щільності кожного сплеску III типу, які спостерігали в цій час, на

його динамічному спектрі у кожному частотному каналі. Диференціюючи функцію (1) та виконуючи заміну змінних, ми отримуємо рівняння швидкості частотного дрейфу у вигляді

$$\frac{df}{dt} = -K f^{\nu}, \quad (2)$$

де K та ν – константи, які залежать від констант рівняння (1), тобто $K = \alpha a^{-1/\alpha}$ і $\nu = 1 + 1/\alpha$. Виходячи з процедури обробки, ми проаналізували швидкість частотного дрейфу сонячних сплесків III типу. Похибці підгонки K і ν кожного сплеску окремо не враховувались, оскільки вони були вельми незначними. Наша статистика даних показана на гістограмах рис. 8.

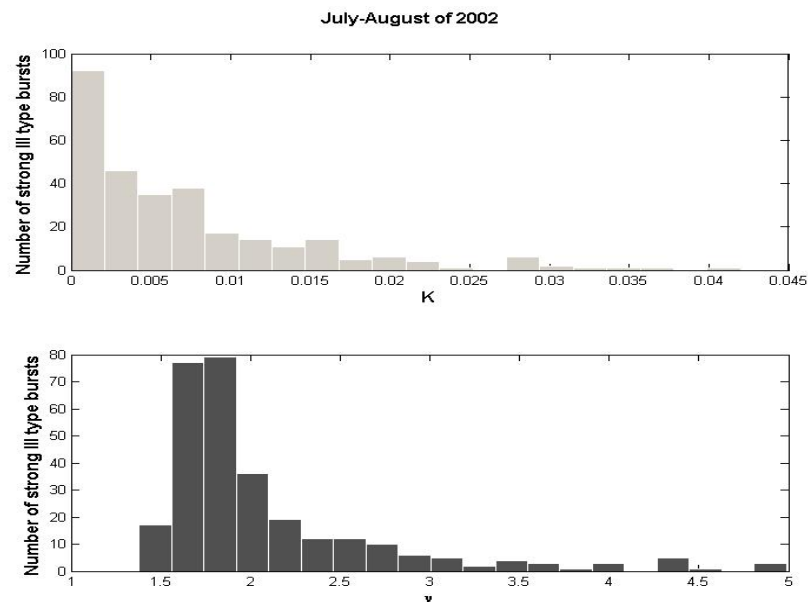


Рис. 8. Гістограми параметрів K і ν , що характеризують залежність швидкості частотного дрейфу сплесків III типу з спостережень у липні-серпні 2002 року.

Відповідно до гістограм, значення K і ν із вибірки даних підкорюються несиметричному розподілу ймовірності. Тому вони характеризуються середнім, модою та медіаною (Табл. 4). Щоб стандартне відхилення не було більшим за середнє, ми можемо розглядати K як залежність 10^{-x} , так само як це зробив Альварес і Хаддок (1973). У цьому випадку ми маємо $x = 2,67 \pm 1,11$. Зауважимо, ступенева залежність (2) швидкості частотного дрейфу характерна не тільки для сонячних сплесків III типу, але і для сонячних дрейфуючих пар (Станіславський, Коноваленко та Вольвач, 2017), S сплесків (McConnell, 1982) та навіть сплесків II типу (Aguilar-Rodriguez et al., 2005).

Табл. 4 Статистичні властивості сплесків III типу Сонця по швидкості частотного дрейфу для параметрів на відповідних гістограмах (рис. 8).

K				ν			
Середнє	Мода	Медіана	Дисперсія	Середнє	Мода	Медіана	Дисперсія
0.0069	0.0051	0.0032	0.0075	2.1	1.85	1.66	0.66

Таким чином, ми показали, що аналіз радіовипромінювання сонячного III типу, який спостерігався в липні-серпні 2002 р. за допомогою DSP, не підтверджує лінійний характер швидкості частотного дрейфу від частоти, про який повідомляється в роботі Мельника та ін. (2011). Згідно з нашими результатами, ця залежність дуже добре узгоджується з Альваресом та Хеддоком (1973), який давав емпіричне уявлення для швидкості частотного дрейфу як степеневі функції частоти. Це важливо, тому що така залежність, як видається, є дійсною як для слабких, так і для сильних сплесків. Коли щільність сонячного сплесків III типу були більш ніж 1000 с.о.щ. ($1 \text{ с.о.щ.} = 10^{-22} \text{ Вт м}^{-2} \text{ Гц}^{-1}$) на низьких частотах спостережень і стали меншими при більш високих частотах, ми не виявили помітної зміни в законі швидкості частотного дрейфу. Можливе пояснення невідповідності між нашими висновками та Мельника з співавторами (2011) полягає в тому, що в останньому випадку дані для досліджень сонячного радіовипромінювання III типу були отримані в основному завдяки аналоговому багатоканальному приймачу з частотною смугою 3 кГц в кожному частотному каналі. Отже, дані містили помітні неконтрольовані прогалини. Крім того, вся смуга частот від 10 до 30 МГц була поділена на декілька частотних піддіапазонів 10 - 13, 13 - 15, 15 - 20, 20 - 25 і 25 - 30 МГц, тобто статистичний аналіз проводився на середніх частотах цих піддіапазонів. Слід зазначити, що проста пряма лінія не є прийнятною, щоб точно відобразити співвідношення між швидкістю частотного дрейфу сплесків III типу та їх частотою. Фактично, така модель застосовує невідповідну функцію.

РОЗДІЛ 5. ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕЛІООБУМОВЛЕНИХ ТРАНСФОРМАЦІЙ КОМПОНЕНТІВ ГЕОСФЕРИ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНИХ ТЕРИТОРІЙ

5.1. Вплив природно-кліматичних чинників на екологічну стабільність природно-заповідних територій

В сучасних умовах активізації впливу природно-кліматичних чинників (ПКЧ) актуальною є проблема оцінювання впливу цих чинників на екологічну стабільність природно-заповідних територій (ПЗТ) в контексті забезпечення їх екобезпеки. Серед наслідків впливу ПКЧ на природне середовище важливими є ті, що зумовлені впливом

чинників космічного походження, зокрема впливом процесів сонячної активності (СА) на стан його компонентів.

Тому, в рамках запропонованої концепції дослідження сонячно-земних зв'язків на природно-заповідних територіях, одним із напрямків досліджень є оцінювання ступеня геліообумовленості коливань рівня води (водності) в озерах замкнутого типу. Конкретно для ПЗТ Західного Полісся, актуальність такого дослідження обумовлена двома питаннями, а саме: суперечністю існуючих на даний час оцінок довготривалої динаміки водності цих озер і причин її змін: це результат природних коливань рівня води чи результат втручання людини в гідрологію території ПЗФ? (рис.9); можливістю довгострокового прогнозування водності озера Світязь, як основного джерела забезпечення прісною водою життєдіяльності і господарювання в регіоні, з урахуванням можливого впливу розробки родовища «Хотиславське» (Білорусія).



Рис. 9. Озеро Світязь, жовтень 2018 р.

У ряді наукових праць розглянуто динаміку водності замкнутих озер та досліджені загальні циклічності у даних, які характеризують зміну водності цих озер замкнутого типу та зміни параметрів СА у різних діапазонах.

Дослідження проблеми геліообумовленості коливань водності озер замкнутого типу на ПЗТ Західного Полісся України започатковані у Фізико-механічному інституті НАН України ще з початку 2000-х рр.

У даній роботі ці дослідження стосовно оз. Світязь продовжені на період 22-24 СЦ. Враховані отримані раніше результати досліджень залежності водності H_0 озера Світязь від рівня сонячної активності W , кількості опадів V і температури повітря $T_n^{\circ C}$, а також більш загальні залежності між космофізичними і геофізичними параметрами за період 18-21 СЦ.

Засобами спектрально-кореляційного аналізу досліджено ступінь геліообумовленості коливань водності оз. Світязь на основі розрахунку коефіцієнтів кореляції r між H_0 , W, V та сумарною сонячною радіацією TSI і зроблено наступні висновки:

- Підтверджено наявність геліообумовленості коливань водності озер замкнутого типу впродовж 22-24 сонячних циклів (рис.10).

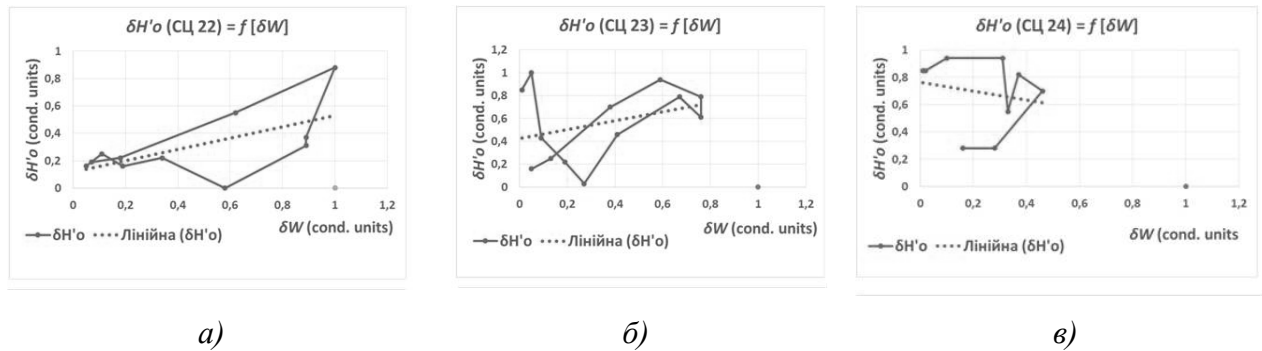


Рис. 10. Динаміка коливань відносних змін (відносно максимуму) водності δH_0 і спадання відносної зміни числа W та лінійні тренди цих змін (наведено пунктиром):

а) у 22 ЦЦ, б) у 23 ЦЦ, в) у 24 ЦЦ

З наведеної на рис. 10 динаміки слідує, що коливання водності H_0 і опадів V в процесі наростання/спадання W має певну подібність, а саме: на етапі збільшення $W - H_0$ зростає, а на етапі зменшення $W - H_0$ спадає, причому ці процеси відбуваються з різними швидкостями. Цей експериментальний факт свідчить на користь можливості довгострокового прогнозування динаміки зміни водності замкнутих озер як інформаційної основи забезпечення екобезпеки ПЗТ Західного Полісся.

- Встановлено визначальний вплив сумарної сонячної радіації TSI на динаміку коливань водності H_0 озер замкнутого типу (рис. 11).

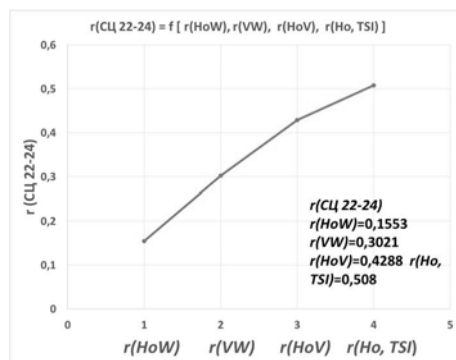


Рис. 11. Залежність, яка демонструє величину коефіцієнтів кореляції $r_{H_0/W}$, $r_{V/W}$, $r_{H_0/V}$ та $r_{H_0/TSI}$ для кожного процесу, що приймають участь у визначенні ступеня геліообумовленості коливань водності озер

Таким чином, оскільки сонячна радіація TSI фактично визначає густину випроміненої сонячної енергії (Вт/м^2) і, відповідно, температурний режим на поверхні

Землі, то саме вона є визначальним природним чинником космічного походження, який впливає на ступінь «геліообумовленості» коливань водності озер замкнутого типу на природно-заповідних територіях Західного Полісся.

Висновок. Вперше для природно-заповідних територій Західного Полісся отримано кореляційні залежності між змінами параметрів сонячної активності (числа Вольфа, сумарна сонячна радіація), водності озера Світязь та параметрами регіонального мікроклімату (опадів, температура повітря), що дозволило *виявити* значущий статистичний зв'язок між змінами параметрів водності та природно-кліматичних чинників, *підтвердити* сонячне походження циклічності природних коливань водності озер замкнутого типу та *встановити* визначальний вплив сумарної сонячної радіації на динаміку цих коливань, *виявити* тренд довготривалого зниження водності і, як результат, *підтвердити* наявність геліообумовленості коливань водності озер замкнутого типу впродовж 22-24 сонячних циклів і, відповідно, можливість їх довгострокового прогнозування.

5.2. Вплив галактичних космічних променів на атмосферний інфразвук

В роботі досліджено зміни низькочастотного тренду інтенсивності атмосферного інфразвуку (АІЗ) із зміною фази 11-річного циклу сонячної активності (СА).

На рис. 12а представлено графік місячних відліків обвідної АІЗ за 5 років і виділений низькочастотний (НЧ) тренд АІЗ. На рис. 12б представлено графік середньомісячних відліків інтенсивності галактичних космічних променів (ГКП) і тренд інтенсивності ГКП (за даними московського нейтронного монітора). На рис. 12в представлено графік середньомісячних відліків чисел Вольфа і тренд їх змін.

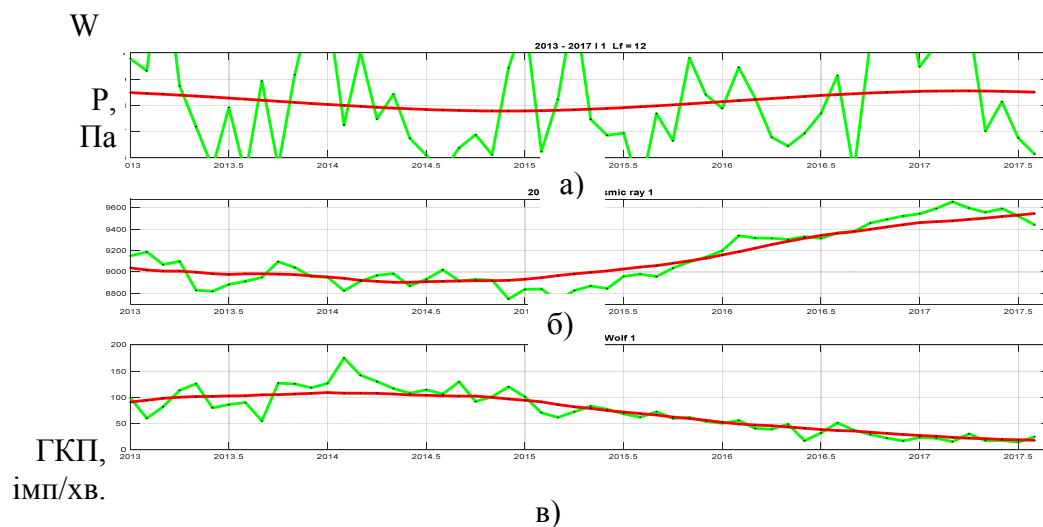
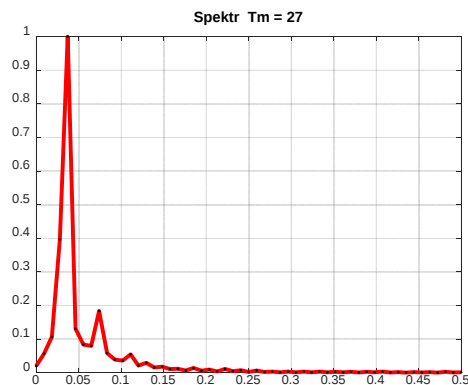


Рис. 12. а) - середньомісячні відліки обвідної атмосферного інфразвуку (зелена крива), тренд обвідної атмосферного інфразвуку (червона крива); б) - середньомісячні відліки інтенсивності ГКП (зелена крива), тренд інтенсивності ГКП (червона крива); в) - середньомісячні відліки чисел Вольфа (зелена крива), тренд чисел Вольфа (червона крива)

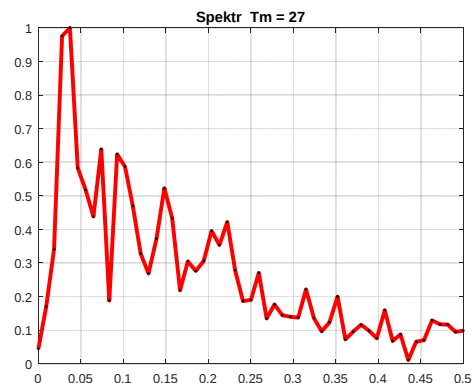
Помітно, що динаміка НЧ тренду АІЗ відбувається у фазі із зміною тренду ГКП і у протифазі із зміною тренду чисел Вольфа.

Раніше нами встановлено, що на коротких проміжках часу (до декількох днів) зростання сонячного вітру і сонячних космічних променів (СКП) приводить до зростання інтенсивності АІЗ. На таких проміжках часу не відбуваються помітні зміни ГКП. Суттєві зміни інтенсивності ГКП (Форбуш ефект) відбуваються на проміжках часу починаючи з 27 днів і більше. Оскільки енергія ГКП на декілька порядків вища ніж енергія сонячного вітру і СКП, то на великих проміжках часу зміни інтенсивності АІЗ відбуваються у фазі зі змінами ГКП.

На рис. 13а представлено спектр потужності інтенсивності ГКП, оцінений по 2-х місячній реалізації, з якого видно, що домінуючим є коливання з періодом 27 діб, що пов'язано з 27 добовим обертанням Сонця навколо своєї осі. Виявлено, що такий же пік спектру потужності спостерігається у змінах обвідної АІЗ.



а) 1/день



б) 1/день

Рис. 13. Спектр потужності: а - ГКП, б - огибаючої атмосферного інфразвуку

Широкополосний характер спектру потужності обвідної АІЗ (на відміну від спектру потужності ГКП) викликаний дією в атмосфері багатьох високоенергетичних процесів, наприклад метеорологічних, що ускладнює спостереження впливу СА на нижню атмосферу (рис 13б).

ВИСНОВКИ

- Було проведено 7 сесій спостережень під час максимального наближення КА Juno до Юпітера; були виявлені два дуже рідкісних (нових) типи радіовипромінювання Юпітера з позитивним частотно-часовим дрейфом.
- За 2018 р. при спостереженнях Сатурна і Венери блискавок в атмосферах цих планет не виявлено.
- У результаті проведення спостережень сплеску II типу за допомогою радіотелескопа УТР-2, що працював в інтерферометричному режимі отримані просторові параметри (розміри, місцезнаходження, швидкість і напрямок руху) джерела сплеску на відстанях від поверхні Сонця 0.5 – 1 сонячні радіуси, які є невидимі для космічних коронографів.
- Аналіз радіовипромінювання сонячного III типу не підтверджує лінійний характер швидкості частотного дрейфу від частоти, як було прийнято раніше. Згідно з нашими результатами, ця залежність дуже добре узгоджується з даними Альвареса та Хеддока (1973), які дали емпіричне уявлення для швидкості частотного дрейфу як степеневу функцію частоти.
- Вперше для природно-заповідних територій Західного Полісся отримано кореляційні залежності між змінами параметрів сонячної активності (числа Вольфа, сумарна сонячна радіація), водності озера Світязь та параметрами регіонального мікроклімату (опаді, температура повітря), що дозволило *виявити* значущий статистичний зв'язок між змінами параметрів водності та природно-кліматичних чинників, *підтвердити* сонячне походження циклічності природних коливань водності озер замкнутого типу та *встановити* визначальний вплив сумарної сонячної радіації на динаміку цих коливань, *виявити* тренд довготривалого зниження водності і, як результат, *підтвердити* наявність геліообумовленості коливань водності озер замкнутого типу впродовж 22-24 сонячних циклів і, відповідно, можливість їх довгострокового прогнозування.
- Встановлено, що із зростанням сонячної активності в 11-річному циклі спостерігається зменшення НЧ тренду інтенсивності атмосферного інфразвуку, при тому також помітні стійкі 27-добові зміни інтенсивності атмосферного інфразвуку. Такі зміни пояснюються впливом галактичних космічних променів на нижню атмосферу.

ПУБЛІКАЦІЇ ПО НДР “Кронос” ЗА 2018 РІК.

Статті

1. Dorovsky, V., Melnik, V., Konovalenko, A., Brazhenko, A., Rucker, H. Spatial properties of the complex decameter type II burst observed on 31 May 2013. *Sun and Geosphere*, 2018, vol.13, no.1, p.25-30.
2. Melnik, V. N., Shepelev, V. A., Poedts, S., Dorovsky, V. V., Brazhenko, A. I., Rucker, H. O. Interferometric Observations of the Quiet Sun at 20 and 25 MHz in May 2014. *Solar Physics*, 2018, Volume 293, Issue 6, article id. 97, 10 pp.
3. A.A. Stanislavsky, A.A. Konovalenko, E.P. Abranin, V.V. Dorovsky, A. Lecacheux, H.O. Rucker, P. Zarka, “Revisiting the frequency drift rates of decameter type III solar bursts observed in July-August 2002”, *Solar Phys.*, 2018, <https://doi.org/10.1007/s11207-018-1374-6>
4. A.A. Stanislavsky, A.A. Konovalenko, S.N. Yerin, I.N. Bubnov, V.V. Zakharenko, Yu.G. Shkuratov, P.L. Tokarsky, Ya.S. Yatskiv, A.I. Brazhenko, A.V. Frantsuzenko, V.V. Dorovsky, H.O. Rucker, Ph. Zarka, “Solar bursts as can be observed from the lunar farside with a single antenna at very low frequencies”, *Astronomische Nachrichten*, 2018, <https://doi.org/10.1002/asna.201813522>.
5. Альохіна О.В., Попов М.О. Водний баланс озер замкнутого типу і сонячні процеси. Інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористування, заходами в надзвичайних ситуаціях: розробки та досягнення до 100-річчя НАН України: Колективна монографія за матеріалами XVII Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, 24-25 вересня 2018 р.). С. 63-65.

Участь в конференціях:

1. S. Yerin, A.A. Stanislavsky, I. Bubnov, A. Konovalenko, P. Tokarsky, V. Zakharenko, “Small-sized radio telescopes for monitoring and studies of solar radio emission at meter and decameter wavelengths”, Tenth Workshop “Solar Influences on the Magnetosphere, Ionosphere and Atmosphere”, Primorsko, Bulgaria, June 4-8, 2018.
2. О.О. Станіславський, О.О. Коноваленко, В.В. Захаренко, С.М. Єрін, І.М. Бубнов, П.Л. Токарський, Ю.Г. Шкуратов, В.В. Доровський, Я.С. Яцків, А.І. Браженко, А.В. Французенко, Ф. Зарка, Х.О. Рукер, “Можливості радіоспостережень сонячних сплесків на зворотному боці Місяця на дуже низьких частотах”, Дев'ята наукова

- конференція пам'яті Б.Т.Бабія «Вибрані питання астрономії та астрофізики», Львівський національний університет імені Івана Франка, 2-5 жовтня 2018 року.
3. Kalinichenko N.N., Konovalenko A.A., Brazhenko A.I., Kuhai N.V., Romanchuk A.I., Lytvynenko A.A. Solar wind by IPS observations at decameter wavelengths. Proceedings of the 10th Workshop "Solar influence on the magnetosphere, ionosphere and atmosphere". (Primorsko, Bulgaria, 4 June – 8 June, 2018). p. 134.
 4. Калініченко М.М., Коноваленко О.О., Браженко А.І., Кугай Н.В., Романчук О.І. Сонячний вітер за спостереженнями міжпланетних мерехтінь в декаметровому діапазоні радіохвиль. Збірник тез 9-ї наукової конференції "Вибрані питання астрономії та астрофізики", 1 - 5 жовтня 2018 р., м. Львів, с. 70.
 5. Альохіна О.В., Івантишин О.Л., Кошовий В.В., Русин Б.П. Моделювання динаміки довготривалих геліобумовлених змін водності замкнутих озерних екосистем (на прикладі озера Світязь). *Обчислювальні методи і системи перетворення інформації*: Зб. пр. V-ї наук. - техн. конф., 4-5 жовтня 2018 року. Львів: ФМІ НАНУ, 2018. С.104-108.
 6. Альохіна О.В., Русин Б.П., Івантишин О.Л., Кошовий В.В., Попов М.О. Вплив активних сонячних процесів на водний баланс озер замкнутого типу. Вибрані питання астрономії і астрофізики: Зб.пр. IX-ї наукової конференції пам'яті Б.Т. Бабія, 2-5 жовтня 2018 р. Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2018. С. 50-52.