

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертацію

### Шевцової Аліси Ігорівни

«Міра обертання радіовипромінювання пульсарів у декаметровому діапазоні»,  
подану на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за  
спеціальністю 01.03.02 – «астрофізика, радіоастрономія»

Дисертаційна робота Шевцової А.І. присвячена дослідженню міри обертання (МО) радіовипромінювання пульсарів на основі спостережень, виконаних у декаметровому діапазоні частот на телескопі УТР-2. В ній розроблено новий більш точний метод вимірювання МО у зазначеному діапазоні, який дозволяє реєструвати зміну цієї величини на часових масштабах одного імпульсу, та застосовано цей метод для вивчення подібних змін величини МО для декількох найближчих до Землі пульсарів.

Пульсари є унікальними космічними об'єктами, які дають можливість досліджувати різноманітні фізичні процеси за екстремальних умов, які не можуть бути реалізовані в земних лабораторіях. При цьому наразі надзвичайно важливою є проблема побудови самоузгодженої картини магнітосфери цих зірок та визначення структури їх магнітних полів. Ця інформація є необхідною для розуміння механізмів утворення випромінювання релятивістською плазмою поблизу поверхні пульсарів, що, в свою чергу, є важливим для коректного порівняння теоретичних передбачень щодо процесів в ультрасильних магнітних та гравітаційних полях цих зірок із даними спостережень. Імпульсний характер та високий ступінь лінійної поляризації зареєстрованого випромінювання пульсарів дають можливість досліджувати властивості середовища поширення по його впливу на сигнал в декаметровому діапазоні. Через найбільш виражений вплив середовища саме цей діапазон є найцікавішим із даної точки зору, адже він дозволяє досліджувати тонкі ефекти впливу на коротких часових масштабах. Також додаткова перевага тут виникає внаслідок наявності аномально інтенсивних імпульсів пульсарів, що дозволяє отримати велике співвідношення сигналу до шуму навіть при високому рівні галактичного фону. На відміну від підходів, пов'язаних із аналізом усереднених імпульсів, які застосовувалися в попередніх дослідженнях, розвинений у дисертації підхід дозволяє оцінювати параметри випромінювання на часових масштабах одного імпульсу. На таких часових масштабах природно очікувати лише варіації параметрів середовища, яке є достатньо близьким до пульсара (тобто його магнітосфери та пульсарного вітру), що дозволяє використовувати відповідні вимірювання для аналізу властивостей цього середовища. Головною мотивацією даної дисертаційної роботи є саме вивчення можливості зондування магнітосфери пульсара на основі вимірювання швидких змін його МО в межах окремого імпульсу, зокрема, дослідження таким чином структури магнітного поля зірки. Це зумовлює **актуальність** даної дисертації.

Зміст і структура дисертаційної роботи повністю відповідають вимогам, які висуваються до кандидатських дисертацій: робота містить 154 сторінки друкованого тексту і складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел із 108 найменування, та одного додатка.

У **вступі** автор обґрунтовує актуальність теми дисертаційної роботи, формулює мету та завдання досліджень, наводить наукову новизну отриманих результатів, вказує практичне значення та особистий внесок, наводить список конференцій, де проводилася апробація результатів.

У **першому розділі** представлено коротку історичну довідку про дослідження випромінювання пульсарів з моменту їх відкриття, а також наведено огляд методів оцінки міри обертання у різних частотних діапазонах. Вказано на брак досліджень поляризаційних характеристик випромінювання пульсарів у декаметровому діапазоні на коротких часових масштабах індивідуальних імпульсів.

**Другий розділ** присвячено опису модельних уявлень про середовище поширення та властивості сигналу від пульсара, а також розробці методу визначення міри обертання в напрямку на пульсар на коротких часових масштабах у декаметровому діапазоні на основі представлених модельних уявлень. У побудованій теоретичній моделі імпульсного поляризованого радіовипромінювання враховувалися всі основні характеристики, які має реальний сигнал від пульсара: імпульсний характер, еліптична поляризація, заданий хід позиційного кута та задане співвідношення сигнал/шум. Слабо анізотропне середовище поширення, яке містить міжзоряне, міжпланетне середовище та іоносферу Землі, описано двома основними ефектами, які мають найбільший вплив: частотна дисперсійна затримка та обертання площини лінійної поляризації (ефект Фарадея). На основі побудованого модельного сигналу відпрацьовано розвинутий метод визначення МО в залежності від фази імпульсу та продемонстровано його придатність. Проаналізовано точність даного методу. Показано, що цей метод дозволяє отримати оцінки МО навіть при аналізі даних з радіотелескопа, який реєструє лише одну лінійну поляризацію. Запропоновано використовувати даний метод для аналізу даних інших радіотелескопів близького частотного діапазону.

У **третьому розділі** висвітлено результати застосування розробленого методу для визначення МО радіовипромінювання трьох обраних пульсарів (J0242+6256, J0814+7429, J0953+0755). Дані спостережень для цих пульсарів дисертанткою отримано за допомогою радіотелескопа УТР-2 в діапазоні 16 – 33 МГц. Для аналізу бралися аномально інтенсивні імпульси. Були отримані оцінки поведінки МО в залежності від фази імпульсу для всіх трьох пульсарів. Виявлено швидкі зміни значення МО на часових масштабах мілісекунд, що автор пов'язує зі змінами магнітного поля в області формування поляризованого випромінювання, тобто у верхніх шарах магнітосфери пульсара та в пульсарному вітрі. Вперше оцінено абсолютне значення МО для пульсара J0242+6256. Також вперше в декаметровому діапазоні дано оцінки модуля МО для двох пульсарів (J0814+7429 (B0809+74), J0953+0755 (B0950+08)), що є близькими до оцінок, які раніше було отримано в інших частотних діапазонах. Отримані результати свідчать про можливість зондування найближчого до пульсара середовища (верхньої магнітосфери та пульсарного вітру) на основі реєстрації швидких змін МО у декаметровому діапазоні частот.

Таким чином, у дисертації **отримано ряд нових результатів**, які поглиблюють наше знання про властивості радіовипромінювання ряду найближчих до землі пульсарів у

декаметровому діапазоні та про середовище поширення цього випромінювання, а також розроблено та апробовано підхід, який відкриває нові можливості для дослідження структури магнітосфери цих зірок. Дисертація **відповідає спеціальності 01.03.02 – «астрофізика, радіоастрономія»**.

**Автореферат** повністю відображає зміст і основні положення дисертаційної роботи.

Результати проведеного дослідження опубліковані в 31 науковій праці. Із них 6 – в наукових фахових виданнях України, одне з яких індексується в міжнародних наукометричних базах SCOPUS та Web of Science, 4 – в зарубіжних спеціалізованих виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз SCOPUS та Web of Science, 21 теза доповідей на фахових наукових конференціях. Більшість робіт опублікована дисертанткою у співавторстві. Втім, по кожній публікації чітко виділено її особистий внесок. Тому особистий внесок А.І. Шевцової в дисертаційну роботу є визначальним.

Наукові положення та методи, на яких базується дисертаційна робота, є **цілком обґрунтованими**. Винесені на захист результати дисертації є новими, вони апробовані на наукових конференціях різного рівня та опубліковані в фахових вітчизняних та міжнародних журналах. Дисертаційна робота оформлена згідно з чинними вимогами до дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук. Результати роботи, що виносяться на захист, викладені змістовно, є необхідні посилання на важливі праці за темою дослідження.

По змісту дисертації можна зробити наступні **зауваження**:

1) З рис. 2.11, на якому показано порівняння реальних огинаючих для амплітуд модельного сигналу та відповідних огинаючих, отриманих за допомогою методу аналізу цього сигналу, що базується на формулах (2.19) і (2.20), виникає відчуття, що точність, з якою отримано ці огинаючі, є нижчою за точність, яка була б у випадку, якщо просто поєднати прямими лініями (або інтерполювати поліномами) мінімуми «зареєстрованого» періодично модульованого сигналу, зображеного на рис. 2.10. Звідси виникає питання, чи має сенс використовувати зазначений метод для побудови огинаючих? Добре було б це прокоментувати.

2) В тексті роботи не обговорюється питання про те, чи варто вважати фізичними швидкі стрибки величини міри обертання на фоні плавної середньої поведінки цієї величини (наприклад, на рис. 3.7). Перш за все, таке питання виникає стосовно ділянок поза межами головної частини імпульсу, де інтенсивність зареєстрованого сигналу є дуже низькою. Чи не є подібні стрибки наслідком похибок через малу інтенсивність сигналу в цій області?

3) У попередніх роботах колег дисертантки, присвячених первинній обробці в певній мірі унікального імпульсу, зображеному на рис. 3.17, було показано, що парні і непарні компоненти цього імпульсу мають різні міри дисперсії і було запропоновано вважати, що ці компоненти утворюються у різних ділянках магнітосфери. Втім, згідно з рис. 3.21, отримане значення міри обертання для цих компонент є майже однаковим. Чи не є такий результат дещо неочікуваним? Варто було б це прокоментувати.

Втім, наведені зауваження мають рекомендаційний характер і не впливають на важливість отриманих результатів і загальну високу оцінку дисертації, яка є завершеною

науково-дослідною роботою. Її новизна, актуальність та обґрунтованість результатів не викликають сумнівів.

Таким чином, вважаю, що за актуальністю тематики, обсягом виконаних досліджень та науковою цінністю результатів дисертація «Міра обертання радіовипромінювання пульсарів у декаметровому діапазоні» повністю відповідає чинним вимогам до кандидатських дисертацій, а її автор Шевцова Аліса Ігорівна заслуговує на присудження їй наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.03.02 – «астрофізика, радіоастрономія».

Старший науковий співробітник  
Інституту теоретичної фізики ім. О. І. Ахієзера  
ННЦ ХФТІ,  
кандидат фіз.-мат. наук, старший дослідник



С. В. Трофименко

Підпис С. В. Трофименка засвідчую,  
Начальник відділу кадрів



Л. І. Андрющенко

Відгук одержано 27 квітня 2021 р  
Генеральний секретар спецради 