

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертацію **Антюфєєва Олександра Валерійовича** «Біполярні молекулярні потоки в областях зореутворення IRAS 05345+3157, IRAS 22267+6244 і G122.0-7.1», що представлена на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.03.02 – астрофізика, радіоастрономія

### 1. Актуальність

Протозоря – одна з важливих і ключових стадій загальної зоряної еволюції. Їх сама рання стадія розвитку пов'язана безпосередньо з областями зореутворення, які в сьогоdnішній час стали доступні для спостереження та дослідження, насамперед, у радіодіапазоні. Вияснилося, що первинну акрецію таких молодих об'єктів супроводжують біполярні потоки речовини «материнської» молекулярної хмари із області формування молодої зорі. Вони біполярно виносять із ядра суттєву частину моменту кількості руху (МКР) і маси, яка впливає на значення маси зорі нульового віку.

Біполярні потоки протозір мають низькошвидкісні та високошвидкісні складові, серед яких перші є менш вивченими. Робота здобувача присвячена вивченню біполярних потоків, в яких особлива увага приділена саме їх низькошвидкісній складовій, яка є відповідальною за переніс основної маси потоку, виключення якої з розрахунків веде до суттєвої недооцінки параметрів потоку. Таким чином, дослідження низькошвидкісної складової для одержання значень величин мас, МКР і інших параметрів потоку є актуальними задачами, а сформульована тема та мета дисертаційної роботи, запропоновані методи для їх реалізації є оригінальними і своєчасними. Така наукова робота є важливим елементом у ланцюжку робіт, що традиційно проводяться вченими РІ НАНУ, які створили провідну школу радіоастрономічних досліджень в Україні по вивченню ранніх стадій еволюції зір.

Про актуальність дисертації також свідчать такі ключові слова, як «зореутворення», «молекулярні біполярні потоки», «приймальні системи» тощо.

## **2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій**

Отримані в дисертації результати та положення, які винесені до захисту, є обґрунтованими з таких причин.

1. Автором коректно використаний класичний спосіб проведення спостережень «наведення–відвід» в режимі частотної модуляції.
2. Дисертант вдало використав при розробці методів розрахунків параметрів низькошвидкісної складової біполярних потоків регресивний аналіз та елементи теорії ймовірностей.
3. Використовувалися методи спектрального аналізу, що базуються на властивостях швидкого перетворення Фур'є при розробці Фур'є-спектроаналізатора.

Результати дисертаційної роботи опубліковані в провідних фахових виданнях, з високим індексом цитування, і доповідались на авторитетних закордонних конференціях.

## **3. Достовірність і новизна, повнота їх викладу в опублікованих працях**

Більшість результатів, які отримано в дисертації, є **новими**. Найбільш важливі такі:

- запропоновано новий метод визначення та аналізу спектрів випромінювання молекул в «материнській» хмарі та біполярних потоках і алгоритм для розрахунків параметрів низькошвидкісних складових потоків, який ураховує всі прояви біполярного потоку в спектрах молекулярних ліній: крила, асиметрію профілів і систематичне зміщення речовини уздовж осі потоку;
- по вперше виконаному широкоформатному картографуванню трьох областей зореутворення IRAS 05345+3157, IRAS 22267+6244, G122.0-7.1 в лінії молекули  $^{13}\text{CO}$  ( $J=1-0$ ) установлена наявність біполярних потоків, які проявляються в зміні форми профілю лінії та в зміщенні її вздовж осі

потоків, а у об'єкта G122.0-7.1 знайдено раніше невідомий молодий зоряний кандидат;

- вперше знайдено параметри та проведено їх аналіз низькошвидкісних складових біполярних потоків в джерелах IRAS 05345+3157, IRAS 22267+6244, G122.0-7.1; показано, що маси низькошвидкісних складових потоків набагато більші мас високошвидкісних складових, в той час як їх енергії сумірні між собою; за знайденими співвідношеннями між масами біполярних потоків і молекулярних хмар відмічені їх зміни від об'єкту до об'єкта в межах від 30% (G122.0-7.1) до 76% (IRAS 22267+6244); та інші.

Одержані дисертантом наукові результати ретельно аргументовані. Їх достовірність не викликає сумнівів, оскільки в процесі роботи постійно проводилося звірення матеріалу, що отримувався в дослідженнях, з відповідними результатами відомих дослідників.

Основні результати дослідження викладені в 9 статтях реферованих фахових наукових журналах та 7-и статтях у працях міжнародних конференцій, що проводилися в Україні та Росії.

Результати дисертації повністю відображені в указаних публікаціях. Опубліковані статті за змістом не дублюють одна одну.

Основні положення дисертації доповідалися та обговорювалися на конференціях і наукових семінарах різного рівня, де отримали підтримку.

#### **4. Значимість для науки і практики**

*Наукова значимість дисертації* полягає в тому, що проведене картографування трьох масивних областей зореутворення вперше проводилося на великій площі небесної сфери, яка охоплювала весь регіон потоку. Новий метод визначення спектрів випромінювання «материнської» хмари і біполярних потоків враховує всі їх прояви в спектрах молекулярних ліній: крила, асиметрію профілів і систематичний зсув речовини вдовж осі потоку.

*Практична значимість отриманих результатів* полягає в тому, що запропонований метод розрахунку параметрів біполярних потоків відрізняється універсальністю та може використовуватися для розрахунків параметрів потоків

в інших областях зореутворення. Він може бути відповідним чином перетворений і застосованим для розрахунків параметрів ліній інших молекул (зокрема CS), що може дати змогу використати для розрахунків параметрів ядер молодих зоряних об'єктів. Одержані параметри низькошвидкісних складових біполярних потоків можуть бути використані для подальшого аналізу областей зореутворення та розробки нових моделей біполярних потоків. Установка приймального комплексу на радіотелескопі РТ-22 КрАО дозволяє проводити регулярні радіоастрономічні спостереження в діапазоні 85...111 ГГц.

### **5. Можливі конкретні шляхи використання результатів досліджень**

Одержані в дисертації спостережні дані про області зореутворення можуть бути використані для створення їх фізичних моделей. Методи, що запроваджувалися для дослідження біполярних потоків можуть в подальшому запроваджуватися для вивчення інших областей зореутворення.

### **6. Думка про наукову роботу пошукача в цілому**

#### **Мова і оформлення**

Робота написана зрозумілою науковою мовою, оформлена, в основному, відповідно до вимог.

Автореферат повністю відповідає дисертації, її основні положення ідентичні змісту автореферату.

#### **Недоліки і запитання**

В дисертації помічені такі недоліки.

1. Ніде в тексті не наведено числових значень інтервалів швидкостей, за якими відрізняються низько- та високошвидкісні складові біполярних молекулярних потоків.
2. У структурно схожих формулах (1.1) і (3.1), наведених на стор. 24 і 72, відповідно, не вказано, що є температурою  $T_{bg}$ .
3. З опису, наведеного на стор. 32, 35 не ясно, що використовувалося при калібруванні в якості «чорного тіла»?

4. Термін «базова лінія», наведений на стор. 82 і далі, а також на рис. 3.2 і 3.4, входить у протиріччя з відповідним інтерферометричним поняттям, згідно з яким він означає відрізок, що з'єднує центри приймаючих апертур. Наведений термін або слід розшифрувати, або замінити на інший.
5. На рис. 3.7 (стор. 90) не вказана розмірність  $\Delta V_1$ .
6. Відсутність рисунка моделі структури протозорі з біполярними потоками з наведеними їх ключовими фізичними параметрами (концентрації, швидкості, температури, тощо), веде до незручності проведення аналізу спостережних результатів. Зокрема, за відомою класифікацією протозір, до якого класу 1 чи 2 слід віднести ці об'єкти?
7. У тексті та у авторефераті зустрічається низка стилістичних і граматичних описок і помилок.

### **Загальний підсумок**

Перераховані недоліки не суттєві і не впливають на високий науковий рівень дисертації. Практична цінність роботи визначається перш за все тим, що одержані результати є спостережними і оброблені з застосуванням самих сучасних алгоритмів.

Результати роботи можуть у подальшому бути використані в таких організаціях як Головна астрономічна обсерваторія НАНУ, Науково-дослідний інститут «Кримська астрофізична обсерваторія», Інститут космічних досліджень РАН, САО РАН, а також в учбовому процесі при викладанні курсу загальної астрофізики у Харківському національному університеті імені В. Н. Каразіна, Одеському національному університеті імені І. І. Мечникова, Київському національному університеті імені Тараса Шевченка, Львівському національному університеті імені Івана Франка, Московському державному університеті імені М. В. Ломоносова, Санкт-Петербурзькому державному університеті.

Не викликає сумніву, що автором дисертації виконано великий обсяг роботи, одержано нові цікаві та важливі результати, які мають велике практичне значення. Антюфєєв О.В. є кваліфікованим фахівцем в галузі астрофізики і

радіоастрономії. Під час роботи над дисертацією він оволодів широким колом знань, методами розв'язання різних фундаментальних і прикладних астрофізичних і радіоастрономічних задач.

Сукупність проведених досліджень і отриманих результатів в дисертаційній роботі є новим вкладом у накопиченні даних про радіоастрономічні дані біполярних молекулярних потоків, вивчення їх природи, місці та ролі в областях зореутворення.

Представлена дисертація є закінченою науковою роботою з актуальної області астрофізики і радіоастрономії. Одержані результати свідчать про те, що дисертаційна робота є цілісним завершенням науковим дослідженням; за актуальністю, новизною, науковим та практичним значенням та достовірністю результатів відповідає всім вимогам МОН України і п. 11 та 12 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567, які пред'являються до кандидатських дисертацій, а її автор **Антюфєєв Олександр Валерійович** заслуговує присудження наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук зі спеціальності 01.03.02. – астрофізика, радіоастрономія.

Офіційний опонент:  
професор кафедри астрономії  
та космічної інформатики  
ХНУ імені В.Н. Каразіна,  
доктор фізико-математичних наук,  
професор

В. А. Захожай

30.09.2015 р.

Підпис засвідчую  
Начальник відділу кадрів  
ХНУ імені В.Н. Каразіна



С. М. Куліш