

ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор з наукової роботи Харківського
національного університету імені В.Н. Каразіна
Віктор КАТРИЧ



АНОТОВАНИЙ ЗВІТ
про виконану роботу у 2021 році в рамках реалізації проєкту
із виконання наукових досліджень і розробок
**«Металеві астероїди: пошук батьківських тіл залізних метеоритів,
джерел позаземних ресурсів»**

Назва конкурсу: Підтримка досліджень провідних та молодих учених
Рєсстраційний номер Проєкту: 2020.02/0371

Підстава для реалізації Проєкту з виконання наукових досліджень і розробок (реєстраційний номер та назва Проєкту) 2020.02/0371 «Металеві астероїди: пошук батьківських тіл залізних метеоритів, джерел позаземних ресурсів»

Рішення наукової ради Національного фонду досліджень України щодо визначення переможця конкурсу Підтримка досліджень провідних та молодих учених

протокол від «16-17» вересня 2020 року № 21

1. ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО ПРОЄКТ

Загальна тривалість виконання проєкту 2020 рік – 2022 рік

Тривалість виконання Проєкту у 2021 році

Початок – 30.04.2021
(дата укладання Договору про виконання наукового дослідження і розробки)

Закінчення – 15.12.2021

Загальна вартість Проєкту, грн. 10 763 992,00

Вартість Проєкту по роках, грн.:

1-й рік 1 949 492,00

2-й рік 4 744 500,00

3-й рік 4 070 000,00

2. ІНФОРМАЦІЯ ПРО ВИКОНАВЦІВ ПРОЄКТУ

до виконання Проєкту залучено 9 виконавців, з них:

доктори наук 2;

кандидати наук 3;

інші працівники 4.

3. ІНФОРМАЦІЯ ПРО ГРАНТООТРИМУВАЧА ТА ОРГАНІЗАЦІЮ(Ї) СУБВИКОНАВЦЯ(ІВ) ПРОЄКТУ

Грантоотримувач - Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна.

Субвиконавці до виконання Проєкту не залучені.

4. ОПИС ПРОЄКТУ

4.1. Мета Проєкту (до 200 знаків)

Проаналізувати фізичні та динамічні характеристики астероїдів М-типу, виявити ймовірних кандидатів у батьківські тіла залізних метеоритів, оцінити їхню кількість та локалізацію в поясі астероїдів.

4.2. Основні завдання Проєкту (до 400 знаків)

Уточнення класифікації і відбір астероїдів М-типу як ймовірних кандидатів у металеві астероїди. Спектрофотометричні та поляриметричні спостереження, визначення теплофізичних властивостей і мас відібраних астероїдів. Моделювання еволюції орбіт. Визначення критеріїв для розмежування металевих і неметалевих астероїдів. Виявлення можливих джерел батьківських тіл залізних метеоритів.

4.3. Детальний зміст Проєкту:

- Сучасний стан проблеми (до 400 знаків)

Генетичні зв'язки між залізними метеоритами і їхнім джерелом у поясі астероїдів досі не встановлено. Отримані великі масиви спостережних даних ще не було в достатній мірі застосовано для пошуку металевих астероїдів. Відкрито всі астероїди головного поясу розміром від 5 км, тобто саме зараз є можливість відповісти на питання, скільки батьківських тіл залізних метеоритів залишилося в поясі астероїдів.

- Новизна Проєкту (до 400 знаків)

Пошук металевих тіл серед астероїдів невеликих розмірів, які ще ретельно не досліджувалися. Залучення всіх наявних методів дистанційних досліджень для визначення вмісту металу як на поверхні, так і в надрах астероїдів. Використання принципово нової теплофізичної та динамічної моделі астероїдів з урахуванням особливостей впливу негравітаційних ефектів на металеві астероїди.

- Методологія дослідження (до 400 знаків)

Визначення оптичних властивостей поверхонь кандидатів в металеві астероїди за даними спектрофотометричних і поляриметричних спостережень; теплофізичне моделювання для визначення теплової інерції поверхонь; оцінки маси й густини шляхом моделювання а) гравітаційних збурень, б) впливу ефекту Ярківського на орбітальний рух, в) обертання подвійних систем; моделювання еволюції орбіт.

5. ОТРИМАНІ НАУКОВІ АБО НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ РЕЗУЛЬТАТИ (до 2 сторінок) в поточному році/ в рамках реалізації Проєкту, зокрема:

5.1. Опис наукових або науково-технічних результатів, отриманих в рамках виконання Проєкту (із зазначенням їх якісних та кількісних (технічних) характеристик)

Впродовж 122-х спостережних ночей з лютого по грудень 2021 року проведено спектрофотометричні спостереження 20-ти астероїдів та поляриметричні спостереження 18-ти астероїдів, віднесених до М-типу. Отримано великий масив нових спостережних даних про фазові залежності блиску, криві блиску, показники кольору та поляризаційні властивості поверхонь астероїдів, що спостерігалися. Виміряні високоточні криві блиску використовуються для визначення періодів обертання, моделювання форми астероїдів і визначення проявів подвійності.

Вперше знайдено значні відмінності в фазових залежностях блиску астероїдів М-типу, що свідчить про відмінність структури та складу їхніх поверхонь. Завдяки проведеним поляриметричним спостереженням кількість астероїдів М-типу, для яких можна визначити хоча б один з поляриметричних параметрів (глибину мінімуму поляризації або кут інверсії), зросла до 45 об'єктів. Це складає близько 70% усіх астероїдів М-типу Головного поясу діаметром понад 40 км. Вперше проаналізовано поляриметричні характеристики астероїдів М-типу сумісно із наявними радіолокаційними і спектральними даними. Знайдено кореляцію між глибиною мінімуму від'ємної гілки поляризації та спектральним нахилом в ближньому інфрачервоному діапазоні. Виявлено дві підгрупи серед астероїдів М-типу з різними поляриметричними властивостями, аналогами яких, найімовірніше, є різні типи метеоритів.

Розроблено новий алгоритм для пошуку астероїдних пар, який враховує не тільки гравітаційні збурення, але й негравітаційний ефект Ярківського. Надійність розробленого алгоритму верифіковано на вибірці відомих пар астероїдів. Виявлено десять раніше невідомих астероїдних пар серед астероїдів внутрішньої частини головного поясу. Оцінений вік формування цих пар не перевищує 400 тис. років, з типовими похибками 10–20%. Проведено порівняння оцінок віку знайдених нами сімейств астероїдів М-типу із оцінками віку відомих груп залізних метеоритів. Знайдено відповідність віку сімейства Baptistina групі залізних метеоритів ШАВ, а сімейств Brasilia та/або Tina – групі IVA. Визначено орбітальні параметри першого залізного метеорита, падіння якого було інструментально зафіксовано в 2020 р. у Скандинавії. Показано, що метеороїд, ймовірно, потрапив як самостійне тіло з внутрішньої частини Головного поясу до навколоземного простору через резонанси з планетами-гігантами.

Удосконалено модель еволюції обертового стану астероїдів з урахуванням теплофізичних властивостей їх поверхонь. Вперше отримано наближений аналітичний вираз для обертового ЯОРП-моменту в залежності від нахилу осі астероїда до його орбіти, параметрів форми астероїда та його теплових характеристик. Дана модель достатньо проста для її використання в моделюваннях астероїдних популяцій, та точніша, ніж існуючі моделі. Удосконалено комп'ютерну програму для обчислення ефекту Ярківського, який діє на астероїд довільної опуклої форми. Розроблено і програмно реалізовано методику визначення випромінювання астероїдів М-типу у інфрачервоному діапазоні. Тестування програми на астероїдах М-типу з відомими формами і тепловими властивостями показує добре узгодження теоретичних значень інфрачервоних потоків зі спостережними даними.

Отримано оцінки маси та густини вибраних астероїдів М-типу шляхом моделювання подвійних систем, взаємних гравітаційних збурень астероїдів та ефекту Ярківського. Для 10 астероїдів оцінки густин і мас отримані вперше. Густина, визначені для астероїда (153201) 2000 WO107 двома різними методами (моделювання динаміки подвійної системи та моделювання ефекту Ярківського), добре узгоджуються між собою. Всі оцінені густини кандидатів в металеві астероїди значно менші за густину заліза, що свідчить про невисокий відносний вміст металів у астероїдів, що досліджувалися, або про значну пористість цих тіл, що перевищує 50%.

В поточному році надруковано або знаходяться на стадії рецензування 7 статей, з них 5 статей в наукових журналах 1 кuartилію (3 статті на рецензуванні), 1- в науковому журналі 2 кuartилію. Зроблено 6 доповідей на міжнародних наукових конференціях.

5.2. За наявності науково-технічної продукції обґрунтування її переваг у порівнянні з існуючими аналогами

В рамках виконання Проекту проводяться фундаментальні наукові дослідження, отримання науково-технічної продукції не передбачено.

5.3. Практична цінність отриманих результатів реалізації Проекту для економіки та суспільства (стосується проектів, що передбачають проведення прикладних наукових досліджень і науково-технічних розробок)

Проект не передбачає проведення прикладних наукових досліджень або науково-технічних розробок.

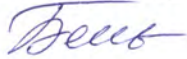
5.4. Опис шляхів та способів подальшого використання результатів виконання Проєкту в суспільній практиці.

Напрацьовані методики та отримані результати вже використовуються і будуть в подальшому використовуватися у навчальному процесі в Харківському національному університеті імені В.Н. Каразіна в процесі підготовки бакалаврів, магістрів та аспірантів, в лекціях для вчителів на курсах підвищення кваліфікації Харківській академії неперервної освіти та Інституті післядипломної освіти ХНУ імені В.Н. Каразіна. Проводяться науково-популярні лекції та виступи у медіа для ознайомлення суспільства з тематикою проєкту та результатами досліджень. Зокрема, проведено науково-популярні лекції для широкої аудиторії (>100 відвідувачів) з висвітленням проблематики дослідження нашого Проєкту в рамках заходів до міжнародного Дня астероїда (30 червня) та Ночі науки (18 вересня).

Анотований звіт не містить відомостей, заборонених до відкритого опублікування.

Науковий керівник Проєкту

Провідний науковий співробітник НДІ астрономії
Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна
Ірина БЕЛЬСЬКА



(підпис)