

## ВИСНОВОК

наукового керівника щодо виконання індивідуального плану наукової роботи, індивідуального навчального плану та роботи над дисертацією **Суркова Єгора Сергійовича «Мінералогічне картування поверхні Місяця за даними спектрофотометру M<sup>3</sup> космічного апарату Chandrayaan-1»**, яка подається на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 10 – Природничі науки за спеціальністю 104 - «Фізика та астрономія»

Сурков Єгор Сергійович у 2017 році закінчив фізико-технічний університет Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, а у 2018 році вступив до аспірантури кафедри астрономії та космічної інформатики фізичного факультету. Освітня складова (40 кредитів ЄКСТ) індивідуального плану Суркова Є.С. виконана вчасно та у повному обсязі.

Перед Є.С. Сурковим було поставлено задачу зору визначення та картування мінералогічного складу реголіту Місяця для різних морфологічних утворень на його поверхні. Дана задача є актуальною у сучасних дослідженнях поверхонь тіл Сонячної системи в зв'язку з активізацією місячних досліджень провідними космічними агенціями світу з метою побудови постійно діючих місячних баз та відновлення пілотованих експедицій. Для виконання поставленої задачі використані дані картуючого спектрометра Moon Mineralogy Mapper (M<sup>3</sup>), розробленого у NASA та встановленого на борту космічного апарату Індійської організації космічних досліджень (ISRO). На сьогодні дані цього приладу мають найбільш широкий спектральний діапазон від 0.54 до 3.0  $\mu\text{m}$  та найвищу спектральну роздільну здатність з-поміж усіх спектральних даних, отриманих за допомогою спектрометрів, встановлених на борту місячних орбітальних космічних апаратів.

Початок наукової роботи Суркова Є.С. за темою дисертації пов'язаний із вивченням спектрофотометрії як потужного методу дистанційного зондування поверхонь планет та малих тіл Сонячної Системи, який базується на вимірюванні та подальшій інтерпретації спектрів дифузного відбиття, що несуть у собі інформацію про хіміко-мінералогічний склад та структуру реголіту досліджуваної поверхні. Проаналізувавши літературні джерела та наявні спектральні дані у видимому та ближньому інфрачервоному спектральному діапазоні, отримані детекторами на різних космічних апаратах (CLEMENTINE, LUNAR PROSPECTOR, SELENE, LRO, Hubble, Chandrayaan-1), аспірант дійшов висновку, що на сьогодні кількісні методи дистанційного прогнозування мінералогічного складу поверхні Місяця суттєво відстають від визначення вмісту хімічних сполук.

Таким чином, аспірант висунув ідею розробки підходу до прогнозування мінералогічного складу, який би спирався на надійні спектрофотометричні параметри, отримані за даними M<sup>3</sup>, та їхній фізично

обґрунтований та лабораторно підтверджений зв'язок із мінералогічним складом реголіту Місяця. Для цього аспірант Сурков Є.С. навів фізичні механізми формування основних смуг поглинання, для вивчення потенційних діагностичних ознак наявності певного мінералу та провів аналіз лабораторних спектрів дифузного відбиття основних груп мінералів, які входять до складу реголіту Місяця.

Для розв'язання поставленої дослідницької задачі аспірант вивчив радіометричні та фотометричні калібрування даних детектора  $M^3$ , які важливі для подальшої роботи. Сурков Є.С. запропонував новий двоетапний метод додаткової обробки даних  $M^3$  для отримання спектральних параметрів, використаних у цій роботі, обґрунтував якість обробки спектрів, можливі недоліки та артефакти. Застосування цього методу дозволило отримати принципово важливі для мінералогічної інтерпретації спектрально-оптичні параметри із високою просторовою роздільною здатністю. Для встановлення зв'язку між спектральними даними та мінералогічним складом поверхні Місяця аспірант опанував статистичні методи, моделі розсіювання світла реголітоподібними середовищами з моделями нелінійного спектрального змішування та методи кластерного аналізу даних.

В частині роботи, пов'язаній із визначенням та уточненням мінералогічного складу, аспірант застосував кластерний аналіз до діаграми Адамса, яку було отримано за даними  $M^3$ , оброблених запропонованим у дисертації методом. Такий підхід дав можливість ідентифікувати та картографувати поклади пірокластичного матеріалу на північно-західній частині Плато Аристарх, у районі темних мантійних покладів на півдні Моря Пару, ділянки поверхні навколо кратера Гігін. У цьому кратері розташовані морфологічні аномалії поверхні Місяця - нерегулярні морські утворення (ІМР). На сьогодні походження, структура та склад склад поверхні, особливості еволюції ІМР є предметом активних дискусій у світовій науковій спільноті. У дисертаційній роботі Суркова Є.С. було проведено спектральні дослідження цих ділянок за даними  $M^3$ . Визначено та проінтерпретовано основні спектральні особливості цих утворень, отримані результати проаналізовано у контексті гіпотез утворення ІМР.

В дисертаційній роботі запропоновано метод кількісної оцінки вмісту ільменіту за глибиною смуги поглинання біля 1.5 мкм та проведено його картування. Визначено та проаналізовано різницю загального вмісту  $TiO_2$  та вмісту  $TiO_2$ , що знаходиться у складі кристалічної фракції ільменіту. Ця різниця несе у собі інформацію про розподіл  $TiO_2$  між різними оксидними мінералами (ульвошпінель, рутил, ільменіт, тощо), а також аморфною фракцією реголіту – аглютинатів.

Окремо зазначу, що дослідження аспіранта Суркова Є.С. виконувались в межах наступних науково-дослідних робіт за рахунок державного фінансування: «Визначення хіміко-мінералогічних та структурних характеристик поверхні Місяця для планування і реалізації космічних програм» (Керівник Кайдаш В.Г., № державної реєстрації: 0119U002529), «Фізичні властивості реголітів поверхонь тіл Сонячної системи» (Керівник

НДР Шкуратов Ю.Г., № державної реєстрації: 0120U102322) у Харківському національному університеті імені В.Н. Каразіна.

Під час навчання в аспірантурі Є.С. Сурков набув цілу низку фахових компетентностей, необхідних для науково-дослідницької діяльності. Серед них знання щодо історії розвитку та сучасного стану спектрофотометричних досліджень безатмосферних тіл Сонячної системи, планування і організація проведення наукових дослідженнях у цій галузі. Аспірант виявився здатним приймати участь у написанні пропозицій на фінансування науково-дослідних проєктів та реалізовувати такі проєкти. При написанні відповідних наукових робіт для публікації результатів дисертації аспірант опанував міжнародні вимоги до підготовки наукових публікацій, методологію написання статей та вибору наукових журналів, в яких доцільно публікувати результати своїх досліджень.

Також відзначу здатність Є.С. Суркова до презентування та обговорення своїх наукових результатів перед вітчизняною та міжнародною аудиторією, активну участь у навчальному процесі у ЗВО, його плануванні та організації.

Під час навчання в аспірантурі та роботі над дисертацією Є.С. Сурков проявив себе високомотивованим та дисциплінованим дослідником, здатним висувати нові ідеї та гіпотези, спрямовані на формування системного наукового світогляду

Результати підготовленої Є.С. Сурковим дисертаційної роботи є оригінальними дослідженнями, що створили нові знання у галузі дистанційних досліджень Місяця та опубліковані у провідних міжнародних виданнях, що індексуються наукометричною базою Scopus. У дисертаційній роботі розв'язана задача картування мінералогічного складу реголіту Місяця за даними космічної орбітальної фотометрії. Висновки дисертаційної роботи є статистично достовірними, науково обґрунтованими, доведеними методом порівняння із даними незалежного хіміко-мінералогічного та оптичного аналізу місячних зразків.

Вважаю, що наукова складова індивідуального плану роботи аспіранта Єгора Сергійовича Суркова виконана повністю та на високому рівні.

Науковий керівник  
директор НДІ астрономії  
Харківського національного університету  
імені В. Н. Каразіна  
кандидат фізико-математичних наук,  
старший науковий співробітник

Вадим КАЙДАШ

