

ІСТОРІЯ НАУКИ

УДК 549

А.А.Ясинська

Львів. Національний університет імені Івана Франка

РОЗВИТОК КОСМІЧНОЇ МІНЕРАЛОГІЇ У ЛЬВІВСЬКОМУ УНІВЕРСИТЕТІ

50–70-ті роки двадцятого століття справедливо називають початком нової, космічної ери. Вихід людини у космічний простір, місячні експедиції, польоти до Венери та Марса, а також нові небачені можливості вивчення мікро- й макросвіту завдяки науково-технічному прогресу розширили і сферу мінералогічних досліджень. Саме тоді академік Є.К.Лазаренко зазначав, що в сучасній мінералогії намітилися три основні відділи: мінералогія земної кори, мінералогія мантії та космічна мінералогія. Як один із основоположників розвитку космічної мінералогії в Україні, учений неодноразово наголошував, що земна й космічна галузі знань – це єдина наука про мінеральний світ, між ними простежується тісний генетичний зв'язок.

Космічна мінералогія як нова галузь науки про мінерали, що виникла завдяки досягненням у вивченні космічного простору, одержала широке визнання, назву ж запропонував Д.П.Григор'єв у 1960 р. [3, 6]. Відтоді триває активне обговорення стану й завдань космічної мінералогії [3, 4, 6, 9, 10, 12, 29, 33 та ін.], розширюється коло об'єктів її дослідження.

У широкому розумінні космічна мінералогія передбачає пізнання Космосу і, водночас, дає важливу інформацію для міркувань про розвиток мінералоутворення в історії Землі та про глобальні закономірності розподілу на нашій планеті родовищ корисних копалин [3]. Вона сприяє вивченню процесів взаємодії Землі й Космосу. Про важливість цієї проблеми писав В.І.Вернадський [2], зазначаючи, що між космічними тілами й нашою планетою відбувається постійний матеріальний та енергетичний обмін.

Вивчення космічної речовини, що падає на Землю, насамперед, метеоритів, тісно пов'язане з проблемою походження та еволюції Сонячної системи. Метеорити – одне з найважливіших джерел інформації про склад речовини Сонячної системи і практично єдине – про початкові етапи її розвитку й ті процеси, що спричинили утворення Землі та інших планет. Метеорити – єдині доступні для вивчення об'єкти, єдині збережені й відомі нам сліди перших кроків тривалого (4,6 млрд. років) переходу від часу існування космічного пилу до наших днів [7]. Ці уявлення немислимі без всебічного вивчення особливостей будови, складу і властивостей мінералів метеоритів.

З 1960 р. на кафедрі мінералогії Львівського університету започатковано дослідження мінералогії метеоритів [22]. Їх ведуть у таких напрямках: упорядкування й поповнення колекції метеоритів та астроблемних імпаکتитів мінералогічного му-

зею; комплексне дослідження особливостей складу і властивостей мінералів метеоритів різних типів і класів, у тім числі двох нових, що впали на територію України, із застосуванням сучасних високолокальних методів; цілеспрямований підбір і опрацювання літературних даних про космічні мінерали метеоритів, Місяця, космічного пилу тощо. Розглянемо ці напрями детальніше.

Упорядкування й поповнення колекції метеоритів та астроблемних імпаکتитів мінералогічного музею. За станом на 1962 р. колекція метеоритів музею складалася з 19-ти зразків різних типів і класів. Під час огляду й дослідження цих зразків ми виявили серед них шість псевдометеоритів. Результати досліджень опубліковані в першому описі колекції метеоритів з музеїв Львова [17], куди увійшли також відомості про колекцію метеоритів Львівського природничого музею АН України та каталог метеоритів з колекції геологічного музею Львівського політехнічного інституту. У 1966 р. колекція метеоритів мінералогічного музею університету поповнилась зразками з особистої колекції проф. П.М.Чирвінського [19], яку люб'язно по-дарувала музеєві його дочка О.П.Чирвінська. У цій колекції налічується 16 фрагментів хондритів та 10 прозорих шліфів ахондритів. Завдяки обміну з мінералогічним музеєм Ленінградського гірничого інституту в 1969 р. колекція нашого музею поповнилася зразками трьох залізних метеоритів.

У 1981 р. Комітет з метеоритів АН СРСР (КМЕТ) виділив музеєві та для досліджень екземпляри залізного метеорита Сіхоте-Алінь та хондрита Царьов із найбільшого кам'яного дощу на території Росії, знайденого в 1979 р., загальна маса зібраних зразків якого перевищує 1179 кг. На наше прохання у 1987 р. проф. В.Л.Масайтіс (ВСЕГЕІ) подарував музею зразки імпаکتитів, власноруч зібраних на Попігайській астроблемі. Серед пізніших надходжень є зразки імпаکتитів з Тернівської астроблеми та метеоритного кратера Жаманшин.

Усі зразки ефективно використовували під час науково-дослідних робіт та у навчальному процесі. У січні 1999 р. за активного сприяння Л.М.Волкової облаштовано тематичну музейну вітрину "Метеорити", її доповнено ілюстративними плакатами про мінеральний склад і структури метеоритів, про мінерали Місяця, а також про метеорити Марса (інформація про це одержана з мережі Internet). Ці експонати використовуються в учбовому процесі та сприяють популяризації знань про космічні мінерали серед учнівської молоді й відвідувачів музею.

Комплексне дослідження особливостей складу, властивостей і структури мінералів метеоритів різних типів і класів. Хоча мінеральний склад космічної речовини досліджують упродовж понад ста років, останні три-чотири десятиріччя ознаменувалися докорінними змінами наших уявлень та новими успіхами в царині знання про космічні мінерали. Нагромаджена величезна інформація, розроблено й застосовано сучасні високолокальні методи дослідження космічної речовини, з'явилися нові інтерпретації одержаних результатів. У цей період на кафедрі мінералогії вели і ведуть дотепер комплексне вивчення складу, властивостей та структури мінералів метеоритів за допомогою таких прецизійних методів, як мікрозондовий аналіз, електронна мікроскопія, рентгенометричний і рентгеноструктурний аналізи, визначення мікротвердості, відбивної здатності та ін. [15, 18, 22, 24, 25, 27, 28]. Об'єктами дослідження були метеорити, що впали на територію України та зарубіжжя, а також імпактне скло з астроблем і космічний пил [1].

Про склад і властивості метеоритних мінералів. За допомогою електронно-мікрозондового аналізу одержано дані про якісну й кількісну характеристику розподілу *Fe*, *Ni* й *Co* в металічній фазі та троїліті деяких кам'яних метеоритів [25]. Зокрема, під час дослідження часточок нікелістого заліза в хондритах Пултуск і Речки виявлено різний характер розподілу в них нікелю. Так, для Пултуска характерний рівномірний розподіл *Ni* або постійна зміна його кількості, яка має дифузійний характер, у межах одної частинки камаситу, однак у різних частинках простежується різний вміст *Ni* [27]. Будова і склад теніту переважно зональні, що зумовлено зональним розподілом елементів. Периферія зерен, звичайно, сильно збагачена нікелем порівняно з центром. Намічається обернена залежність у розподілі *Ni* й *Co*.

Ми припускаємо, що різні за складом зони в теніті залежно від термальної історії метеорита зазнали різних фазових перетворень і це зумовило їхню різну будову та склад. Відомо, що формування теніту й камаситу закінчується при температурі 500°C [31]. Унаслідок охолодження сплаву нижче температури кристалізації залізонікелева фаза зазнає низки твердофазових перетворень. Чим більший вміст *Ni* в металі, тим нижча температура розпаду його на дві фази. Склад фаз нікелістого заліза у більшості метеоритів свідчить про те, що перерозподіл елементів між ними завершився при температурі 350–450°C [31]. Склад і структурні взаємовідношення фаз нікелістого заліза зумовлені головню первісним складом металу та умовами його охолодження. Ця залежність є в основі визначення швидкості охолодження нікелістого заліза в інтервалі температур 600–350°C [31, 32]. Різниця у вмісті *Ni* зумовила відмінність фізико-хімічних, кристалохімічних, фізичних, оптичних властивостей камаситу й теніту (ступінь протравлювання, значення мікротвердості, показника відбиття, термоелектричного потенціалу тощо) [27]. У хондриті Речки виявлено дуже неоднорідний розподіл *Ni* в межах окремої частинки металу. Хімічний склад троїліту досліджуваних метеоритів назагал постійний і близький до стехіометричного. Особливістю складу вивчених троїлітів є відсутність у них *Ni* та наявність незначної кількості *Co*.

На підставі мікроскопічних та електронномікроскопічних досліджень ми вивчили та інтерпретували складну й різноманітну тонку скульптуру поверхні кристалічних зерен олівіну, піроксену, плагіоклазу, а також структуру частинок нікелістого заліза й троїліту з окремих хондритів та ахондритів [10, 15, 18, 25]. У результаті онтогенічного аналізу деталей мікрорельєфу поверхні окремих кристалічних зерен названих мінералів одержано інформацію та висвітлено наше уявлення про можливі умови кристалізації та наступні складні зміни, яких зазнали ці мінерали в космічному просторі. Деталі рельєфу поверхні зерен олівіну, піроксену, плагіоклазу виявляють внутрішню неоднорідність кристалів, яка могла виникнути в процесі кристалізації в родовідному тілі та після її завершення у разі значного внеску явищ ударного метаморфізму (пластичні та крихкі деформації, часткове плавлення, скелетна кристалізація, поява діаплектового плагіоклазового та олівінового скла).

Одержано й проаналізовано криві дисперсії показника відбиття троїліту, хромшпінеліду, ільменіту з хондритів Княгиня, Пултуск, Оханськ, Речки, Севрюково, Хмелівка та ахондрита Андронішкіс [25]. Певний інтерес становлять результати вимірювання дисперсії головних показників відбиття ільменіту з ахондрита Андронішкіс. Одержані нами криві добре зіставляються з кривими дисперсії ільменіту зі зразків місячних порід. Зазначимо, що наші дані про дисперсію відбиття ільменіту і

троїліту метеоритів використані як ілюстрації прикладу просторової інваріантності властивостей мінералів у будь-яких різних ділянках Всесвіту за однакових термодинамічних параметрів [13]. Наші роботи схвально оцінили відомі вчені, провідні працівники КМЕТ АН СРСР Е.Л.Кринов [8] та О.О.Явнель [14].

Включення в космічних мінералах. До актуальних питань космічної мінералогії належить вивчення включень мінералотворного середовища, як одного з важливих джерел генетичної інформації. По суті, включення – це взірць цього середовища та задокументована модель його майбутньої еволюції, починаючи з моменту оклюзії (захоплення) мінералом. Вивчення включень у космічних мінералах має важливе значення для з'ясування фізико-хімічних та термодинамічних умов мінералоутворення в глибинних частинах космічних тіл. Водночас зіставлення цих даних з наявними матеріалами для глибинних ксенолітів із кімберлітових тіл може дати цінну інформацію про диференціацію та кристалізацію речовини мантії Землі. У цьому аспекті з 1966 р. на кафедрі вивчалися включення в мінералах кам'яних метеоритів [16, 21, 22]. Ми вперше виявили та описали різноманітні за фазовим складом і співвідношенням фаз включення в мінералах метеоритів Саратов, Оханськ, Стонаров, Андронішкіс, Червоний Кут, Юртук. Ці включення, знайдені в олівіні, піроксенах, плагіоклазі, розрізняються за генезисом, складом та агрегатним станом. Вивчали ударно-метаморфогенні газові включення (газові пухирці) в імпаکتному склі (іргізиті та жаманшиніті) з метеоритного кратера Жаманшин [26]. Масспектрометричним аналізом визначено хімічний склад газової компоненти і зроблено висновок про відмінність умов утворення цих двох видів скла в результаті співудару космічного тіла з Землею. Результати досліджень певною мірою доповнили уявлення про ударно-вибухове походження скла метеоритного кратера Жаманшин.

Узагальнюючи дані з вивчення включень у мінералах метеоритів і місячних порід, а також використовуючи класифікаційну номенклатуру й систематику включень у земних мінералах, запропоновану М.П.Єрмаковим, ми класифікували включення у мінералах метеоритів та місячних порід за двома головними критеріями: особливостями генезису та агрегатним станом і фазовим складом включень [21].

За особливостями генезису виділено:

- первинні включення, що виникли внаслідок швидкого охолодження розплаву, повільного охолодження розплаву за наявності легких; незмішуваності силікатних розплавів місячної магми;
- вторинні включення, що виникли внаслідок повторного нагрівання, плавлення проторечовини – пірометаморфогенні; ударних ефектів різної інтенсивності – ударнометаморфогенні (діаплектове скло – продукт механічної дезінтеграції кристалічної структури, місячне скло – продукт теплового плавлення кристалів за умов адіабатичного стиснення, місячне скло – продукт випаровування речовини за умов надвисокого ударного тиску і наступної конденсації).

За агрегатним станом і фазовим складом виділено :

- тверді включення сторонніх речовин – кристалічних і уламкових мінералів, протогенетичних і сингенетичних;
- затверділі включення розплавів: аморфні (склуваті) однофазові, розкристалізовані одно- й багатофазові, кристалосклуваті і кристалогазові дво- й багатофазові, незмішуваних силікатних розплавів місячної магми (“ліквацийні”) двофазові;

- газів включення в метеоритах (газові однофазові, скло-газові двофазові), у місячному склі (газові однофазові, дво-, три-, чотирикомпонентні), в імпактному склі астроблем (однофазові, три- і чотирикомпонентні) – космогенні.

Явища ударного метаморфізму в мінералах метеоритів і місячних порід. На початку 70-х років ми значну увагу приділили вивченню ударних ефектів і ознак ударного (шокового) метаморфізму в мінералах метеоритів різних класів (хондрити Княгиня, Севрюково, Речки, Оханськ, Хмельовка, Кримка, Пултуск, ахондрити Андронішкіс, Юртук, Червоний Кут, Стонаров). Ці явища виявлені під час мікроскопічного вивчення прозорих і полірованих шліфів та електронномікроскопічних досліджень. На підставі вивчення особливостей структури і складу мінералів та узагальнення літературних даних запропоновано одну з перших класифікацій ознак ударного метаморфізму мінералів метеоритів і місячних порід як індикаторів ударного тиску різної інтенсивності [5, 10, 11, 20]. Ми виділили такі головні типоморфні ознаки ударного метаморфізму метеоритних мінералів: крихкі й пластичні деформації; фазові перетворення поліморфних модифікацій мінералів; часткова або повна вітрифікація у твердому стані (утворення діаплектового скла під впливом ударних хвиль); утворення троїлітових і нікелістозалізних кульок у результаті переплавлення речовини метеорита, яке відбувалося або в космосі внаслідок співудару родовідних астероїдних тіл, або під час удару метеорита об Землю; дроблення й часткове плавлення деяких мінералів (олівіну в хондритах, піроксену в ахондритах) унаслідок удару.

Прикмети ударного метаморфізму, від слабого, помірного до сильного удару, виявлені повсюди в окремих і складних уламках мінералів у місячних брекчіях і реголіті [30, 34, 35 та ін.]. Зокрема, в реголіті міститься велика кількість застиглих крапель – сферул різного кольору й прозорості, утворених при температурі, яка значно перевищує температуру плавлення гірських порід і метеоритів. Деякі дослідники вважають, що ударні ефекти були важливим породотворним процесом на Місяці. У зразках місячних порід виділяють такі форми прояву прогресивного ударного метаморфізму [35]: катаклаз і мікродеформація (тріщинуватість, дезінтеграція порід, а також розвиток планарних структур, мікродвійникування, вигинання двійникових пластинок, дислокації ковзання); ізотропізація кристалів у твердому стані з появою діаплектового скла; плавлення місячних порід з утворенням змішаного й гомогенного скла, яке вважають продуктом найбільш інтенсивного метаморфізму, зумовленого ударами метеоритів при тиску близько 1 Мбар [30].

Розглянуті особливості ударного метаморфізму земних, метеоритних і місячних мінералів, їхня подібність і відмінність зумовлені специфікою й різноманітністю чинників, що виявляються в різних умовах родовідних тіл Сонячної системи.

Виконані дослідження сприяли виходу у світ серії узагальнюючих і оглядових статей (див. список літератури) та участі у всесоюзних, республіканських, університетських конференціях, симпозіумах, нарадах з метеоритики і космохімії, термобарогеохімії, біомінералогії. В наших статтях і доповідях висвітлено етапи становлення космічної мінералогії, особливості складу і властивостей мінералів метеоритів, місячних порід та космічного пилу, порівняльну характеристику мінералів метеоритів, земних і місячних порід, ознаки ударного метаморфізму мінералів метеоритів і місячних порід, генетичні аспекти мінералогії метеоритів, онтогенію космічних мінералів, опис включень у мінералах кам'яних метеоритів, генетичну

класифікацію включень у мінералах метеоритів, місячних порід, проблему походження алмазів у метеоритах, комплексне мінералого-хімічне дослідження кам'яних метеоритів Княгиня, Пултуск, Андронішкіс та двох нових хондритів Андріївка й Горлівка, описано органічну речовину в космічних тілах Сонячної системи [23].

Роль і місце космічної мінералогії у навчальному процесі кафедри мінералогії. Інтенсивні планомірні дослідження космічної речовини на кафедрі сприяли підготовці й заснуванню нового спецкурсу "Основи космічної мінералогії", який читають студентам-геохімікам 4-го курсу геологічного факультету з 1971 р. Спочатку на лекціях висвітлювали проблеми й питання всебічного вивчення особливостей будови, складу і властивостей мінералів метеоритів і місячних порід, а також умов їх утворення та зміни в космічному просторі. Згодом тематика курсу поповнилася питаннями мінералогії та петрології астроблем та мінералогії космічного пилу, які роблять вагомий інформативний внесок у вивчення процесів взаємодії Землі й Космосу, постійного речовинного (матеріального) та енергетичного обміну між ними. Студенти виконували курсові, дипломні та наукові роботи з дослідження мінерального складу та фізичних властивостей метеоритів із музейних зразків. Зокрема, у 1962 р. студент Ф.В.Зузук уперше виконав курсову роботу, присвячену дослідженню мінерального складу і властивостей головних метеоритотворних мінералів хондрита Пултуск, її відзначено дипломом 1-го ступеня та грошовою премією університету. У 1971 р. студентка В.П.Семененко блискуче захистила дипломну роботу, що стосувалася комплексного мінералого-геохімічного дослідження двох хондритів. Ця робота переросла в кандидатську, а згодом у докторську дисертацію. У 1980 р. студентка Т.Б.Набатнікова виконала наукову роботу з вивчення включень в імпаکتному склі з метеоритного кратера Жаманшин, яку відзначено дипломом на Всесоюзній науковій студентській конференції "Студент і научний прогрес" (Новосибірськ, 1981) та грошовою премією університету.

Зазначимо, що на розвиток досліджень у галузі космічної мінералогії у Львівському університеті вплинули багаторічні творчі контакти з такими відомими вченими, як Е.Л.Кринов, Л.Г.Кваша, Д.П.Григор'єв, співробітниками комітетів з метеоритів (КМЕТ) АН СРСР та НАН України, співробітниками Санкт-Петербурзького НДІ "Гіпронікель" І.Ю.Горбуновою та В.М.Григор'євою, з лабораторією космічної мінералогії ІГМР НАН України. З 1969 р., після переїзду С.К.Лазаренка до Києва, в ІГМР (тоді ІГФМ) НАН України під його керівництвом інтенсивні дослідження космічної речовини проводили колишні випускники нашої кафедри В.П.Семененко, Б.В.Тертична, В.С.Мельников. Після успішного захисту докторської дисертації В.П.Семененко очолила створену в ІГМР першу в колишньому СРСР лабораторію космічної мінералогії, яка у 1993 р. переіменована на відділ космоєкології та космічної мінералогії, де під керівництвом В.П.Семененко успішно продовжуються різнобічні дослідження космічної речовини. Багаторічні ж творчі контакти з відділом космоєкології та космічної мінералогії постійно підтримуються.

-
1. *Алексеева К.Н., Ковалюх Н.Н., Смирнова А.В., Ясинская А.А.* Космические шарики из верхнечетвертичных отложений вечной мерзлоты Якутии // Проблемы космохимии. К., 1975. С. 40–45.

2. *Вернадський В.І.* Кілька міркувань про проблеми метеоритики // В.І.Вернадський. Вибрані праці. К., 1969. С. 405–417.
3. *Григорьев Д.П.* Космическая минералогия – новая ветвь науки // Вестн. АН СССР. 1962. № 4. С. 21–24.
4. *Григорьев Д.П.* Проблемы космической минералогии // Зап. Всесоюз. минерал. об-ва. 1972. Ч.101, вып. 3. С. 264–280.
5. *Григорьев Д.П., Ясинская А.А.* Признаки плавления минералов в некоторых метеоритах // Докл. АН СССР. 1967. Т. 173, № 3. С. 662–664.
6. *Григорьев Д.П., Коломенский В.Д., Кузнецова В.Г.* О составлении минералогии метеоритов // Метеоритика. 1961. Вып. 20. С. 172–177.
7. *Додд Р.Т.* Метеориты. Петрология и геохимия. М., 1986.
8. *Кринов Е.Л.* Пути развития и достижения советской метеоритики // Метеоритика. 1979. Вып.38. С. 3–11.
9. *Лазаренко Е.К., Ясинская А.А.* Некоторые современные аспекты космической минералогии. Ст. I // Минерал. сб. 1970. № 24, вып. 4. С. 367–384.
10. *Лазаренко Е.К., Ясинская А.А.* Некоторые современные аспекты космической минералогии. Ст. II // Там же. 1972. № 26, вып. 1. С. 14–34.
11. *Лазаренко Е.К., Ясинская А.А.* Признаки ударного метаморфизма в минералах метеоритов и лунных пород // Метеоритика. 1974. Вып. 33. С. 69–72.
12. *Поваренних О.С.* Проблемы теоретичної мінералогії // Геол. журн. 1970. Т. 30, вип. 2. С. 22–44.
13. *Фекличев В.Г.* О пространственной инвариантности свойств минералов // Докл. АН СССР. 1980. Т. 254, № 6. С. 1456–1458.
14. *Явнель А.А.* Успехи в исследовании метеоритного вещества в СССР // Метеоритика. 1979. Вып. 38. С. 12–18.
15. *Ясинская А.А.* Минералого-химическое исследование метеорита Княгиня // Минерал. сб. 1965. № 19, вып. 2. С. 172–189.
16. *Ясинская А.А.* О включениях в каменных метеоритах // Там же. 1967. № 21, вып. 3. С. 278–281.
17. *Ясинская А.А.* Коллекции метеоритов в музеях Львова // Метеоритика. 1968. Вып. 28. С. 165–172.
18. *Ясинская А.А.* Минералогическое исследование каменного метеорита Андронишкис // Минерал. сб. 1970. № 24, вып. 1. С. 110–121.
19. *Ясинская А.А.* Исправления и дополнения к каталогу коллекций метеоритов в музеях Львова // Метеоритика. 1973. Вып. 32. С. 164–165.
20. *Ясинская А.А.* Некоторые современные аспекты космической минералогии. Ст. III // Минерал. сб. 1976. № 30, вып. 2. С. 54–59.
21. *Ясинская А.А.* Некоторые современные аспекты космической минералогии. Ст. IV. Классификация включений в минералах метеоритов и лунных пород // Там же. 1977. № 31, вып. 2. С. 15–22.
22. *Ясинская А.А.* Исследования в области космической минералогии во Львовском университете // Там же. 1986. № 40, вып. 1. С. 20–26.
23. *Ясинская А.А.* Органическое вещество в космических телах Солнечной системы // Там же. 1991. № 45, вып. 1. С. 22–29.
24. *Ясинская А.А., Семененко В.П.* Структурно-минералогические особенности метеорита Горловка // Там же. 1979. № 33, вып. 1. С. 103–106.

25. Ясинская А.А., Горбунова И.Е., Макаров В.А. О составе и свойствах минералов метеоритов // Метеоритика. 1973. Вып. 32. С. 112–118.
26. Ясинская А.А., Калюжный В.А., Набатникова Т.Б. Включения в стекле из метеоритного кратера Жаманшин // Докл. АН УССР. Сер. Б. 1981. № 9. С. 37–39.
27. Ясинська А.А., Семененко В.П., Самойлович Л.Г. Мінеральний склад і структурні взаємовідношення фаз нікелістого заліза в індивідуальному екземплярі метеориту Пултуск з аномально високими магнітними властивостями // Мінерал. зб. 1994. № 47, вип. 1. С. 22–27.
28. Ясинская А.А., Осадчий Е.Г., Бутурлинов Н.В., Михеев Г.А. Новый метеорит Андреевка // Метеоритика. 1973. Вып. 32. С. 100–102.
29. Engelhardt von W. Probleme der Kosmischen Mineralogie // Tubinger Universitätsreden. 1963. Bd.16. P. 5–33.
30. Engelhardt von W., Arndt J., Muller W.F., Stoffler D. Shock metamorphism in lunar samples // Science. 1970. Vol. 167, № 3918.
31. Fredriksson K., De Carli P., Aarame A. Shock-induced veins in chondrites // Proc. intern. space Sci. Symp. Space Research. 3rd. Washington. 1962. P. 974–983.
32. Goldstein J.I., Ogilvie R.E. The growth of the Widmanstätten pattern in metallic meteorites // Geochim. et Cosmochim. Acta. 1965. Vol. 29, № 8. P. 893–920.
33. Mason B. Extraterrestrial mineralogy // Amer. Mineral. 1967. Vol. 52, № 3–4. P. 307–325.
34. Wood J.A. Chondrites: Their metallic minerals, thermal histories, and parent planets // Icarus. 1967. Vol. 6, № 1. P. 1–49.
35. Wood J.A., Marvin U.B., Powell B.N., Dickey J.S.jr. Mineralogy and petrology of Apollo-11 samples // SAO. Rept. 1970. № 307.

А.А.Ясынька

Lviv. Ivan Franko National University

DEVELOPMENT OF COSMIC MINERALOGY IN LVIV UNIVERSITY

The paper is devoted to various aspects of development of cosmic mineralogy in the Lviv National University.

Стаття надійшла до редколегії 14.04.1999