

ISSN 0204-3548

МІНЕРАЛОГІЧНИЙ



ЖУРНАЛ
MINERALOGICAL
JOURNAL
(UKRAINE)

Індекс 70574

ISSN 0204-3548. Мінерал. журнал. 2012. Т. 34, № 4, 1-112

МІНЕРАЛОГІЧНИЙ

MINERALOGICAL
JOURNAL
(UKRAINE)

ЖУРНАЛ



34 том
volume

4

2012

МІНЕРАЛОГІЧНИЙ ЖУРНАЛ • Том 34 • № 4 • 2012

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Головний редактор
О.М. ПОНОМАРЕНКО (Україна)

О.Б. Бобров (Україна)
Е.Я. Жовинський (Україна)
В.М. Загнітко (Україна)
В.М. Кvasниця (Україна)
С.Г. Кривдік
заступник головного редактора (Україна)
Г.О. Кульчицька
відповідальний секретар (Україна)
А.А. Маракушев (Росія)
І.М. Наумко (Україна)
В.І. Павлишин
заступник головного редактора (Україна)
О.М. Платонов (Україна)
Е.В. Соботович (Україна)
Л.М. Степанюк (Україна)
Г. Удубаша (Румунія)
В.С. Урусов (Росія)
В.М. Хоменко (Україна)
Є.Ф. Шніков (Україна)
Р.Д. Шхаулін (Нідерланди)
М.П. Щербак
заступник головного редактора (Україна)
М.П. Юшкін (Росія)

Завідуюча редакцією
Н.Р. Калмикова

Редактори
А.І. Радченко, В.В. Матросова

АДРЕСА РЕДАКЦІЇ

03680 Київ-142, проспект Академіка Палладіна, 34
Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення
ім. М.П. Семененка НАН України
редакція "Мінералогічного журналу"
тел. (38044) 424-02-42
Факс (38044) 424-12-70
E-mail: igmr@igmof.gov.ua

EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief
О.М. PONOMARENKO (Ukraine)
O.B. Bobrov (Ukraine)
V.M. Khomenko (Ukraine)
S.G. Kryvdik
Deputy Editor-in-Chief (Ukraine)
G.O. Kulchytska
Secretary-in-Chief (Ukraine)
V.M. Kvasnytsya (Ukraine)
A.A. Marakushev (Russia)
I.M. Naumko (Ukraine)
V.I. Pavlyshyn
Deputy Editor-in-Chief (Ukraine)
O.M. Platonov (Ukraine)
R.D. Schuiling (The Netherlands)
M.P. Shcherbak
Deputy Editor-in-Chief (Ukraine)
E.F. Shnyukov (Ukraine)
E.V. Sobotovych (Ukraine)
L.M. Stepanyuk (Ukraine)
G. Udubaşa (Rumania)
V.S. Urusov (Russia)
[N.P. Yushkin] (Russia)
V.M. Zagnitko (Ukraine)
Ed.Ya. Zhovynsky (Ukraine)

Head of the Editorial Staff
N.R. Kalmykova

Editors
A.I. Radchenko, V.V. Matrosova

EDITORSHIP ADDRESS

34, Palladina Prospect, 03680, Kyiv-142,
Ukraine
Tel. (38044) 424-02-42
Fax (38044) 424-12-70
E-mail: igmr@igmof.gov.ua

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації
видане Міністерством юстиції України Серія КВ № 12859-1743 ПР від 16.06.2007 р.

Друкується за постановою редакційної колегії журналу

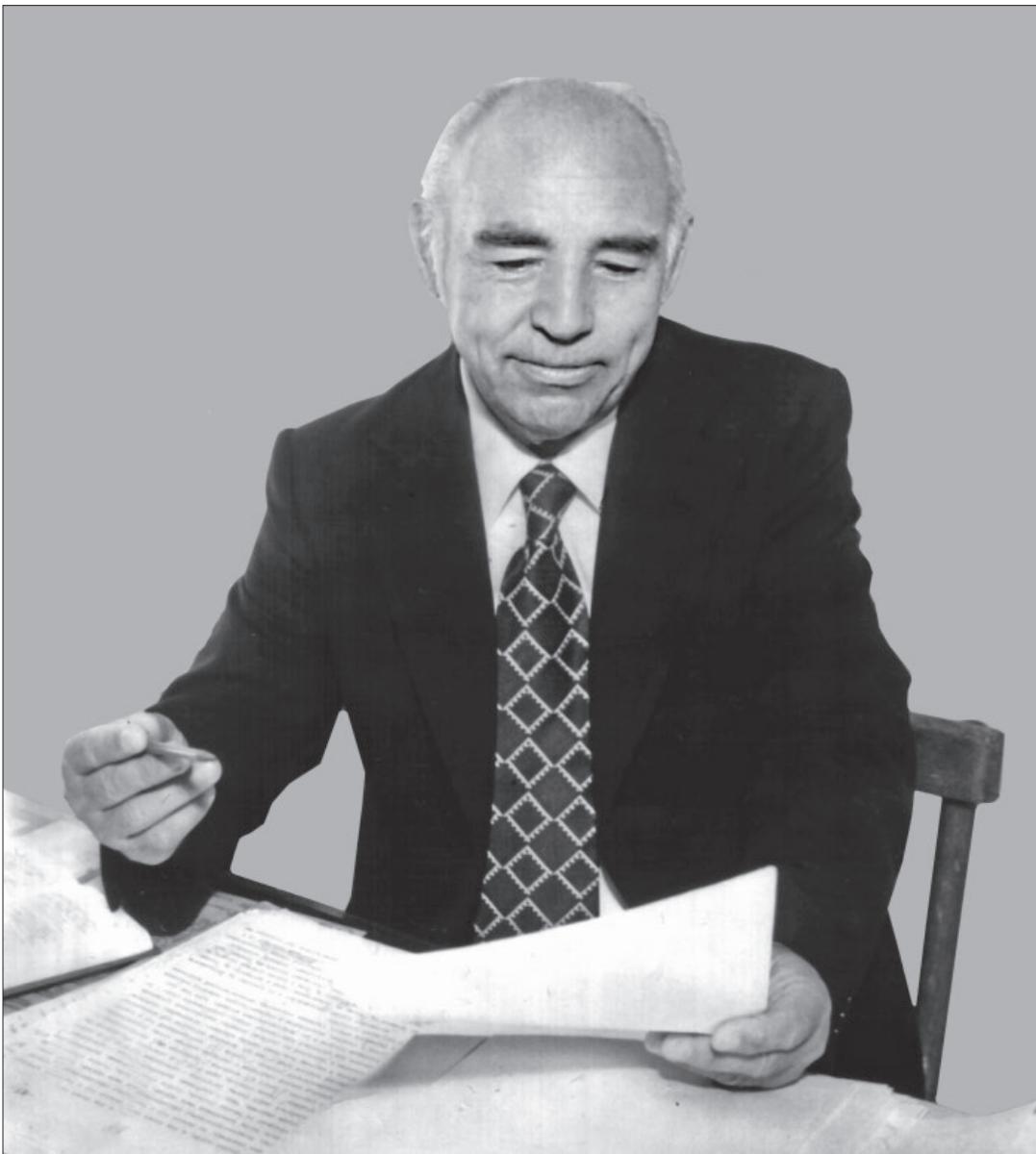
Технічний редактор Т.М. Шендерович

Комп'ютерна верстка В.Г. Веденської

Здано до набору 06.11.2012. Підп. до друку 22.11.2012. Формат 60×84/8. Папір. офс. № 1. Гарн. Ньютон.
Друк офсетний. Умов. друк. арк. 13,02. Обл.-вид. арк. 13,24. Тираж 254 прим. Зам. 3417.

Оригінал-макет виготовлено та тираж видруковано ВД "Академперіодика" НАН України,
01004 м. Київ-4, вул. Терещенківська, 4

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 544 від 27.07.2001 р.



Цей випуск журналу присвячено
видатному українському мінералогу академіку
ЄВГЕНУ КОСТЯНТИНОВИЧУ ЛАЗАРЕНКУ

*The issue dedicated to academician
YEVGEN K. LAZARENKO
an eminent Ukrainian mineralogist*

МІНЕРАЛОГІЧНИЙ ЖУРНАЛ

том 34 • 4 • 2012

ЖОВТЕНЬ–ГРУДЕНЬ

НАУКОВО-ТЕОРЕТИЧНИЙ ЖУРНАЛ • ЗАСНОВАНИЙ У ВЕРЕСНІ 1979 р. • ВИХОДИТЬ 4 РАЗИ НА РІК • КІЇВ

ЗМІСТ

Мінералогія

ПАВЛИШИН В.І. Внесок академіка Євгена Лазаренка в мінералогію України	5
МАТКОВСЬКИЙ О.І. Питання мінералогічної номенклатури, термінології і класифікації в працях Е.К. Лазаренка	10
КВАСНИЦЯ В.М., КВАСНИЦЯ І.В. Нарис з мінералогічної кристалографії самородних металів України	15
СЕМЕНЕНКО В.П., ГІРІЧ А.Л., КИЧАНЬ Н.В., ШКУРЕНКО К.О. Особливості мінералогії та походження вуглистоого ксеноліту <i>AL1</i> у хондриті <i>Allende (CV3)</i>	25
ВОЗНЯК Д.К., БЕЛЬСЬКИЙ В.М., ОСТАПЕНКО С.С. Індикаторне значення вторинних флюїдних включень з проміжною мінеральною фазою у кварці	34
ВАЛЬТЕР А.А., ІВАКІН Г.Ю., ЧМІЛЬ Л.В., АНДРЄЄВ О.В., ПИСАНСЬКИЙ А.І., КУЗНЄЦОВ В.М. Мінералогічні дані про природу кераміки давнього Києва	41

Петрологія

ШУМЛЯНСЬКИЙ Л.В. Еволюція вендувського трапового магматизму Волині	50
--	----

Історія науки. До 150-річчя від дня народження В.І. Вернадського

Наукова спадщина Вернадського в епістолярному жанрі. З. В.І. Вернадський про методологію пізнання, методи і методики досліджень	69
---	----

Дискусії, критика, бібліографія

КУЛЬЧИЦЬКА Г., ЧЕРНИШ Д. Проблеми української мінералогічної термінології	78
НАУМКО И.М., БРАТУСЬ М.Д. Очень нужные и полезные книги (рецензия на книги об алмазах)	83

Хроніка

БЕЛЬСЬКИЙ В., ГАЛАБУРДА Ю. Сьомі наукові читання імені академіка Євгена Лазаренка "Розвиток ідей Е.К. Лазаренка в сучасній мінералогії" (до 100-річчя від дня народження)	88
КУЛЬЧИЦЬКА Г. XV Всеосійська конференція з термобарогеохімії та проблеми української мінерало-флюїдології	94
Междуннародная научная алмазная конференция	96

БОНДАРЕНКО Г.Н., ДЕМЧЕНКО Л.В. К 85-летию Эмлена Владимиоровича СОБОТОВИЧА	97
Памяти академика РАН Николая Павловича ЮШКИНА	103
ШАТАЛОВ Н.Н., ПОТАПЧУК И.С. Памяти Учителя — академика Ивана Ильича ЧЕБАНЕНКО.....	106
Зміст журналу за 2012 р.	109
Contents of the Journal for 2012	111
Наші автори	3-я стор. обкл.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF UKRAINE

MINERALOGICAL JOURNAL (UKRAINE)

VOL. 34 • 4 • 2012

OCTOBER–DECEMBER

SCIENTIFIC-THEORETICAL JOURNAL • FOUNDED IN SEPTEMBER, 1979 • 4 ISSUES PER YEAR • KYIV

CONTENTS

Mineralogy

PAVLYSHYN V.I. Contribution of Academician Yevgen Lazarenko to Mineralogy of Ukraine	5
MATKOVSKYI O.I. Problems of Mineralogical Nomenclature, Terminology and Classification in Scientific Works of YE.K. Lazarenko	10
KVASNYTSYA V.M., KVASNYTSYA I.V. Synopsis of Mineralogical Crystallography of the Native Metals of Ukraine.....	15
SEMENENKO V.P., GIRICH A.L., KYCHAN N.V., SHKURENKO K.O. The Features of Mineralogy and Origin of the Carbonaceous Xenolith AL1 in the Allende (CV3) Chondrite	25
VOZNYAK D.K, BELSKYI V.M., OSTAPENKO S.S. Indicator Value of the Second Fluid Inclusions with Intermediate Mineral Phase in Quartz	34
VALTER A.A., IVAKIN G.YU., CHMIL L.V., ANDREEV O.V., PYSANSKY A.I., KUZNETSOV V.M. Mineralogical Data on the Nature of Ceramics of Ancient Kiev	41

Petrology

SHUMLYANSKYY L.V. Evolution of the Vendian Continental Flood Basalt Volcanism in the Volyn	50
--	----

The History of Science. On the 150th Anniversary of V.I. Vernadsky Birth

Scientific Legacy of Vernadsky in Epistolary Genre 3. V.I. Vernadsky about Methodology of Cognition, Methods and Research Processes	69
---	----

Discussions, Criticism and Bibliography

KULCHYTSKA H., CHERNYSH D. Problems of Ukrainian Mineralogical Terminology.....	78
NAUMKO I.M., BRATUS M.D. Rather Necessary and Useful Books (Review of the Books about Diamonds) ...	83

News Items

BELSKYI V., HALABURDA YU. Academician Yevgen Lazarenko Seventh Scientific Readings "Development of Ye.K. Lazarenko's Ideas in Contemporary Mineralogy" (on the 100 th Anniversary of Birth)	88
--	----

KULCHYTSKA H. The 15 th All-Russian Conference in Thermobarogeochemistry and Problems of Ukrainian Mineral Fluidology	94
International Scientific Diamond Conference	96
BONDARENKO G.N., DEMCHENKO L.V. On the 85 th Birthday of Emlen Vladimirovich SOBOTOVICH	97
In Memory of Nikolay Pavlovich YUSHKIN, Academician of RAS	103
SHATALOV N.N., POTAPCHUK I.S. In Memory of the Teacher — Academician Ivan Ilyich CHEBANENKO	106
Зміст журналу за 2012 р.	109
Contents of the Journal for 2012	111
Our Authors	3 rd page of cover

УДК 549.0

В.І. Павлишин

Київський національний університет імені Тараса Шевченка
03022, м. Київ, Україна, вул. Васильківська, 90
E-mail: V.I.Pavlyshyn@gmail.com

**ВНЕСОК АКАДЕМІКА ЄВГЕНА ЛАЗАРЕНКА
В МІНЕРАЛОГІЮ УКРАЇНИ**

У статті стисло висвітлено регіонально-мінералогічні дослідження Є.К. Лазаренка, які завершилися виданням восьми фундаментальних монографій з мінералогії регіонів України: Західна Волинь, Прикарпаття, Закарпаття, Поділля, камерні пегматити Волині, Донецький басейн, Криворізький басейн, Приазов'я, і створенням потужної регіонально-мінералогічної школи.

Спадок Є.К. Лазаренка в галузі мінералогії вагомий і різноаспектний — шість видань (три — російською, два — українською, одне — китайською мовами) одного з кращих для свого часу підручника з мінералогії, одинадцять класичних наукових монографій, великий (за визначенням професора Д.П. Григор'єва) тримовний "Мінералогічний словник", сотні статей, численні рецензії, редактування, популярні публікації. Загальний список праць перевищив 300 назв. Їхній перелік, наведений у виданій ще до 80-річчя вченого брошурі [2], потребує уточнення, редактування й нового опублікування.

Які питання мінералогії висвітлює спадщина Є.К. Лазаренка? Якщо коротко, то всі, але з різною детальністю. Можна стверджувати, що від середини ХХ ст. й до кінця 1970-х рр. не було практично жодної значущої проблеми, у роботі над якою Євген Костянтинович не брав би участі особисто або опосередковано [1, 2, 7].

Неодноразово в різні роки Є.К. Лазаренко формулював завдання, аналізував стан і нарисував шляхи розвитку мінералогії в цілому та мінералогії окремих регіонів, насамперед в Україні [1, 2, 7]. Ці питання набули особливої важі за нинішніх кризових умов, що

ускладнюються світовим процесом глобалізації наук, зокрема мінералогії [4—6]. Вельми успішно вчений працював також у галузі генетичної, прикладної й космічної мінералогії, металогенії, мінералогічної кристалографії, але найбільше переймався регіонально-мінералогічними дослідженнями, які у "високих" кабінетах недооцінювали. Є.К. Лазаренко стверджував, що систематичне регіонально-мінералогічне дослідження території країни, здійснене за єдиним планом, — завдання, яке за результатами можна прирівняти до геологічного картування.

Науковий спадок Є.К. Лазаренка дає нам підставу твердити, що насамперед з ним слід пов'язувати нове уявлення про мінералогію України, її унікальність, закономірність розподілу мінералів у її земній корі, генезис і практичне значення мінералів.

Видатний російський мінералог академік М.П. Юшкін, оцінюючи у 1982 р. стан вивченості топомінералогії Радянського Союзу і віддаючи пальму першості Є.К. Лазаренку, зазначив: "*Территория Украины является наиболее детально изученным в минералогическом отношении регионом страны*" [8]. Тому не випадково у вельми авторитетному виданні "Горная энциклопедия" (том 3, 1987) написано: "*Е.К. Лазаренко — создатель украинской научной школы в области региональной минералогии*".



Рис. 1. Ректор Львівського державного університету імені Івана Франка

Fig. 1. Rector of the Lviv state university of the name of Ivan Franco

У мінералогічному житті України знаменою подією був вихід у світ у 1960 р. наукової монографії "Мінералогія вивергених комплексів Західної Волині" (автори — Є.К. Лазаренко, О.І. Матковський, О.М. Винар, В.П. Шашкіна, Г.М. Гнатів). Це перша фундаментальна праця з мінералогії України, в якій ґрунтовно і відповідно до тогочасного рівня мінералогічної науки охарактеризовано близько 85 мінералів і мінералоїдів, розвинених у магматичних, пегматитових, гідротермальних, метасоматичних утвореннях і корі вивітрювання базальтів Західної Волині. Природний талант, високий рівень знань і чималий досвід науково-організаційної роботи в галузі мінералогії першого автора позитивно позначилися на змісті книги. Заслуговує на увагу також напрацьована Є.К. Лазаренком структура монографії: передмова, історія мінералогічного дослідження, геолого-петрографічний нарис, мінералогічна характеристика, опис процесів мінералоутворення, література, резюме (російською і англійською мовами), покажчики (предметний, географічний, іменний). Така структура з певними варіаціями використана ним і в подальших семи монографіях, присвячених регіональній мінералогії.

Зміст і структура монографії свідчать про намагання авторів розтлумачити взаємозв'язок геологічної будови, процесів мінералоутво-

рення і закономірностей формування та розвитку мінералів у регіоні.

Зрозуміло, що в книзі хімічний склад мінералів наведено за даними мокрої хімії, а опис їхніх структурних особливостей базується лише на даних дебаєграм. На загал, кристалічна структура мінералів розглянута в ідеалізованому вигляді. Природно також, що власне методи генетичної мінералогії й фізики мінералів використано обмежено, а прикладні розробки цілком відсутні. Всі ці "недоліки" книги, які адекватно відзеркалюють стан тогдашньої методологічної бази мінералогії, згодом в працях Є.К. Лазаренка набули іншогозвучання.

Показово сильною рисою монографії є наведені тут результати спостереження мінералів у природі, зафіксовані багатим і розмаїтим фотоілюстративним матеріалом, якому, на мій погляд, замало уваги приділено у працях сучасних мінералогів.

Через два роки після появи "волинської ендогенної" монографії побачила світ цілком "екзогенна" книга — "Мінералогія осадочних утворень Прикарпаття" (1962; автори — Є.К. Лазаренко, М.П. Габінет, О.П. Сливко), в якій охарактеризовано понад 100 мінералів аутично-алотигенного походження. Вона успадкувала структуру "волинської" монографії, а за оригінальний зміст, передусім опис мінералогії продуктів галогенезу, набула статусу зразкової праці з мінералогії осадових утворень. Звернемо увагу ще на таку особливість книги: вона й тепер ні на йоту не втратила свого значення стосовно відтворення олігоцен-міоценової геологічної історії Передкарпаття на основі результатів вивчення мінералів. Фактично цією монографією започатковано новий науковий напрям української мінералогії, який згодом отримав назву "історична мінералогія", а в книзі базується на 34 сторінках різного змісту, у тому числі палеогеографічних, схематичних картах.

1963 р. виходить у світ найбільша за обсягом (614 с.) російськомовна монографія "Мінералогія Закарпаття" (автори — Е.К. Лазаренко, Э.А. Лазаренко, Э.К. Барышников, О.А. Малыгина), неймовірно насычена розмаїтим фактичним матеріалом. І це не випадково. Мінерали Закарпаття досліджували у лабораторіях багатьох країн Європи видатні вчені — М. Клапрот, К. Гінтце, Ф. Бедан, А. Брейтгаупт, В. Зефарович, А. Мітчелліх, Ф. Ріхтгофен, В.І. Вер-

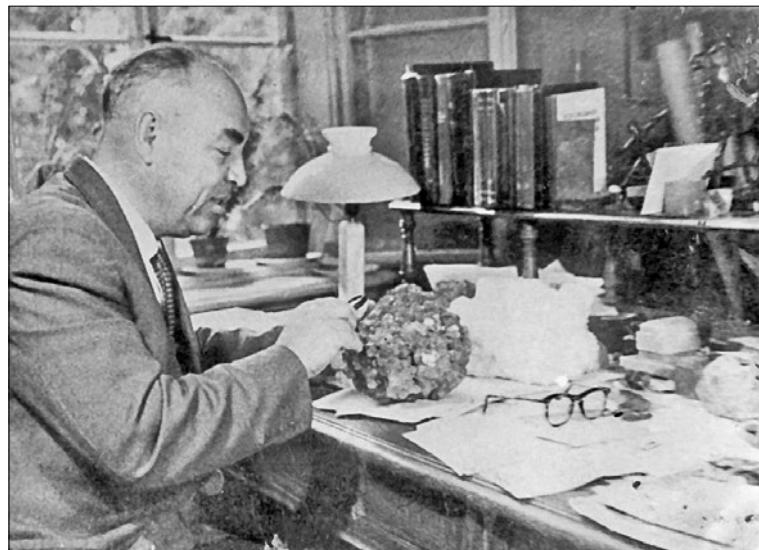


Рис. 2. Є.К. Лазаренко (1964)

Fig. 2. Ye.K. Lazarenko (1964)

надський, М.П. Єрмаков, Г.Л. Піトровський, В.С. Соболев, Є.К. Лазаренко ...

Серед структурних новацій монографії — появі змістовних розділів: "Мінеральні комплекси Закарпаття", "Деякі питання ендогенної металогенії Закарпаття", "Температура утворення ендогенних родовищ Закарпаття за даними термометричного дослідження". У ній також наведено численні результати доброкісних гоніометричних досліджень і, можливо, вперше викладена зведена геологія краю, яку потім розвивали різні вчені.

Отже, можемо констатувати щонайменше три важливі моменти: закарпатська монографія, у порівнянні з попередніми книгами, покращена новим розділом "Мінеральні комплекси", що наче місток зв'язав мінералогію з геологією, прикладним розділом щодо металогенії та вперше опублікованими результатами кількісної оцінки температури утворення родовищ.

Подібною є монографія "Мінералогія Поділля" (1969, автори — Є.К. Лазаренко, Б.І. Сребродольський). Однак у ній глибше розглянуто питання кристалохімії мінералів (насамперед ізоморфізм у мінералах змінного складу), зазвичали, хоча й скромно, онтогенічні нотки, зросла кількість назв мінералів, у яких досліджено включення мінералоутворюального середовища. Натомість відсутній прикладний розділ, розпорощений по інших розділах.

Новий київський період регіонально-мінералогічних досліджень Є.К. Лазаренка роз-

почато виданням монографії "*Мінералогия и генезис камерных пегматитов Волыни*" (1973, автори — Е.К. Лазаренко, В.И. Павлишин, В.Т. Латыш, Ю.Г. Сорокин), яка висвітлює мінералогію на вищому, ніж у попередніх монографіях, кристалохімічному, кристаломорфологічному та фізико-хімічному рівнях. Це дозволило на засадах вчення про типоморфізм мінералів напрацювати оригінальний заключний розділ "Критерії пошуку та оцінки продуктивності камерних пегматитів".

Монографія містить також чимало онтогенічної геохімічної інформації, висвітлює нове в мінералогії питання про внутрішню морфологію (анатомію) кристалів, політипізм і порядок-непорядок у мінералах.

Чи то тому, що Є.К. Лазаренко розпочинав свою діяльність у Донбасі, чи географічна близькість регіону до його малої батьківщини, чи інші причини спонукали його до фантастично натхненної роботи над мінералогією Донецького басейну.

Євген Костянтинович продемонстрував зразковий підхід до висвітлення питань мінералогії всесвітньо відомого гірничорудного регіону — Донецького басейну. По-перше, він залучив широке коло фахівців, насамперед загальногеологічного напряму, у співпраці з якими підготував досконалій вступ до мінералогії Донбасу, опублікований у першій частині монографії (Е.К. Лазаренко, Б.С. Панов, В.І. Груба "*Мінералогия Донецкого басейна*", 1975). По-друге, організував і близьку провів

небачене досі широкомасштабне та предметне обговорення проблем мінералогії Донбасу на мінералогічній нараді в Комунарську (1971). Яскраві виступи, нові результати, жваві дискусії, які прозвучали на цій нараді, він вдало скореспондував з кількарічними експедиційними роботами, довивчив з працівниками свого відділу слабо- або невивчені мінерали, результати досліджень яких органічно поєднав з літературним матеріалом, і опублікував спільно зі своїми учнями у другій частині монографії (Е.К. Лазаренко, Б.С. Панов, В.І. Павлишин *"Мінералогія Донецького басейна"*, 1975).

Монографія отримала високу оцінку і одночасно з іншими книгами Е.К. Лазаренка і О.С. Поваренних була номінована на Державну премію в галузі науки і техніки СРСР.

Наступний етап досліджень був присвячений мінералогії ще одного басейну — Криворізького, який у ті часи забезпечував 56 % товарного заліза Радянського Союзу. Етап здійснювали за методологією досліджень Донбасу, хоча з деякими особливостями: експедиційні роботи проводили практично протягом усього року — зимою в шахтах, влітку на поверхні й за меншої присутності Е.К. Лазаренка, який у Києві намагався реформувати ІГН АН УРСР, витрачав на це багато нервів і часу, але зустрів шалений опір спроти "впливових" осіб. Врешті-решт потужно спрацювали чорні партійні сили, Е.К. Лазаренка було звільнено з посади директора ІГН АН УРСР.

Нарада "Мінералогія залізорудних родовищ докембрію" (Кривий Ріг, 1973), проведена за сприяння Б.І. Пирогова і Г.М. Малахова на базі Криворізького гірничорудного інституту, зібрала силу-силенну фахівців з різних питань геології і мінералогії докембрійських залізорудних родовищ. Євген Костянтинович у заключному слові концептуально окреслив мінералогічну специфіку Криворізького залізорудного басейну. Цей виступ опубліковано згодом у розширеному варіанті у монографії *"Мінералогія Криворізького басейна"* (колектив авторів, за редакцією Е.К. Лазаренка, 1977).

То що ж являють собою донецька та криворізька монографії? Насамперед вони вигідно відрізняються широким застосуванням результатів традиційних і новітніх методів дослідження мінералів, зокрема ізотопій та фізики мінералів. Тепер на першому місці не ідеальна, а

реальна кристалічна структура з неодмінно притаманними їй точковими, лінійними та іншими дефектами, які оцінено з позицій вчення про типоморфізм мінералів. Генезис мінералів трактується на засадах результатів комплексного дослідження, у тому числі онтогенії та термобарогеохімії мінералів, експериментальних даних, фізико-хімічного аналізу.

У цих монографіях, як і в останній, розділ "Мінералогічна характеристика" замінено розділом "Систематична мінералогія". Важливо також те, що в них вперше наведено характеристику техногенних мінералів.

Обидві монографії, особливо розділ "Генетична класифікація мінералів Криворізького басейну", Е.К. Лазаренко успішно використав для створення заключного розділу "Схема генетичної класифікації мінералів" оригінальної монографії *"Опыт генетической классификации минералов"* (1979).

Останній лазаренківський етап регіонально-мінералогічних досліджень зреалізовувався у Приазов'ї — регіоні, де породи і руди, встановлені і в інших частинах Українського щита, мають властиву лише їм мінералізацію. Євген Костянтинович відчув мінералогічну специфіку регіону і залучив до вивчення регіону широке коло фахівців. Слава Богу, в 1976—1978 рр. керований ним відділ якісно та кількісно був підготовленим до виконання практично будь-якого мінералогічного завдання.

"Мінералогія Приазов'я" була задумана як найдосконаліша регіонально-мінералогічна публікація. Восени 1978 р. Е.К. Лазаренко здав до друку рукопис, який містив всі необхідні високоякісні розділи, у тому числі "Геолого-петрографічний нарис", "Типоморфізм мінералів", "Металогенія і прикладна мінералогія".

Через деякий час видавництво "Наукова думка" повернуло мені рукопис для доопрацювання з врахуванням численних зауважень цензора. Приазов'я — край рідкіснометалевий, який за радянських часів викликав посилену увагу відповідних служб. Довелося вилучити весь "секретний" матеріал, частково його закумуфлювати та розпорощити по розділах, цілком вилучити металогенічний та геологічний розділи, дещо змінити розділ "Типоморфізм мінералів". Монографія *"Мінералогія Приазов'я"* побачила світ після смерті Е.К. Лазаренка у 1981 р. в істотно відмінному від авторського варіанті.

Отже, 20 активних років досліджень (1958—1978), проведених під керівництвом Є.К. Лазаренка, дали світу вісім фундаментальних класичних монографій, які й досі залишаються підручними книгами геологів, оскільки на високому рівні висвітлюють мінералогію восьми регіонів України. Історично й політично інший двадцятирічний період, який відповідає рокам становлення незалежної України, не може похвалитися хоча б одним регіональним виданням, яке б за своєю якістю перевищувало рівень описаних монографій.

Але Є.К. Лазаренко не став би видатним мінералогом, не створив би ефективну школу, якби не супроводжував, як і його учні, дослідження мінералів загальномінералогічними напрацюваннями, добре висвітленими в літературі. Саме таким шляхом він істотно підсилив значення регіональної мінералогії як основного джерела знань, які використовуються для розвитку інших наукових і прикладних напрямів мінералогії й геології [3]. *"Мінерал — любив повторювати Є.К. Лазаренко — важливий геологічний документ, без якого неможливо відтворити історію Землі і зrozуміти процеси, що відбуваються в ній".*

І, нарешті, останнє. Регіонально-мінералогічні монографії Є.К. Лазаренка — це історичне дзеркало потужного поступу української мінералогії, її золотий вік, який невідомо коли повториться.

ЛІТЕРАТУРА

1. Академік Євген Лазаренко. Нарис про життєвий і творчий шлях, спогади, фотоальбом / Авт. нарису і упоряд. О. Матковський, П. Білоніжка, В. Павлишин ; Відп. ред. І. Вакарчук. — Львів : ВЦ ЛНУ імені Івана Франка, 2005. — 304 с.
2. Євген Костянтинович Лазаренко / Упоряд. Н.Р. Калмикова ; Авт. тексту та відп. ред. В.І. Павлишин. — К. : Наук. думка, 1992. — 56 с.
3. Матковський О., Павлишин В., Сливко Є. Основи мінералогії України : Підр. — Львів : ВЦ ЛНУ імені Івана Франка, 2009. — 856 с.
4. Минералогические перспективы : материалы Междунар. минерал. сем. — Сыктывкар : ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2011. — 372 с.
5. Павлишин В. Шляхи розвитку та доля мінералогії в Україні // Мінерал. журн. — 2009. — 31, № 4. — С. 3—15.
6. Павлишин В.І. Українська мінералогія у ХХІ ст. : від теорії до практики // Там само. — 2011. — 33, № 4. — С. 3—11.
7. Павлишин В.И., Мельников В.С., Кульчецкая А.А., Галлий С.А. Идеи академика Е.К. Лазаренко и их развитие в современной минералогии // Там само. — 1982. — 4, № 6. — С. 7—19.
8. Юшкін Н.П. Топомінералогія. — М. : Недра, 1982. — 288 с.

Надійшла 27.09.2012

B.I. Pavlyshyn

ВКЛАД АКАДЕМИКА ЕВГЕНИЯ ЛАЗАРЕНКО В МІНЕРАЛОГІЮ УКРАИНЫ

В статье кратко охарактеризованы регионально-минералогические исследования Е.К. Лазаренко, которые завершились изданием восьми фундаментальных монографий по минералогии регионов Украины: Западная Волынь, Прикарпатье, Закарпатье, Подолье, камерные пегматиты Волыни, Донецкий бассейн, Криворожский бассейн, Приазовье, и созданием мощной регионально-минералогической школы.

V.I. Pavlyshyn

CONTRIBUTION OF ACADEMICIAN YEVGEN LAZARENKO TO MINERALOGY OF UKRAINE

The paper elucidates in brief regional-mineralogical investigation of Ye.K. Lazarenko which were completed by publication of fundamental monographs in mineralogy of Regions of Ukraine: Western Volyn, Forecarpathia, Transcarpathia, Podillia, chamber pegmatites of Volyn, the Donets basin, Kryvyi Rig basin, Peri-Azovian area, and by creation of the powerful mineralogical school.

УДК 549.083.72 + 549.001.33

О.І. МАТКОВСЬКИЙ

Львівський національний університет імені Івана Франка
79005, м. Львів, Україна, вул. Грушевського, 4
E-mail: mineral@franko.lviv.ua

ПИТАННЯ МІНЕРАЛОГІЧНОЇ НОМЕНКЛАТУРИ, ТЕРМІНОЛОГІЇ І КЛАСИФІКАЦІЇ В ПРАЦЯХ Є.К. ЛАЗАРЕНКА

За ініціативи Є.К. Лазаренка при Всесоюзному мінералогічному товаристві було створено Комісію з номенклатури і термінології, проведено спеціальний симпозіум на тему "Основні поняття мінералогії". Він дав визначення поняттям "мінеральний вид", "різновид мінерального виду" і "відміна". Ним здійснено упорядкування української мінералогічної термінології та створено мінералогічний словник, розроблено принципи складання і макет мінералогічної енциклопедії Карпато-Балканської гірської системи, а також зроблено першу спробу генетичної класифікації мінералів.

Серед багатогранної науково-педагогічної спадщини Є.К. Лазаренка провідне місце посідають роботи, присвячені проблемам загальної мінералогії, найважливішими з яких є питання номенклатури, термінології та класифікації мінералів. Вони були в центрі уваги вченого впродовж всього часу творчої діяльності. Адже майже 45 років Є.К. Лазаренко розкривав таємниці мінерального царства і виховував молоде покоління, був прекрасним організатором навчального процесу і наукових досліджень. Вже на початку львівського періоду творчої діяльності науковець багато уваги приділяв питанням номенклатури, термінології та класифікації мінералів, які були пов'язані з дослідженнями досить складних і мало вивчених на той час об'єктів — мінералів глин. Перші напрацювання він оприлюднив на двох міжнародних форумах — в Англії та Чехословаччині — й опублікував у їхніх виданнях: "Nomenclature and classification of the clay Minerals" (Clay Miner. Bull. — 1959. — 4, No 21); "O klasifikaci yilovych minerali" (Cas. miner. geol. ČSAV. — 1959. — 4, No 1).

У цей період з'являється низка публікацій підсумкового характеру — про окремі мінера-

ли і групи мінералів, а саме: "О гидрослюдах глинистых образований" (1949); "Минералогическая характеристика донбасситов" (1950); "О стильномелане" (1954); "О блеклых рудах" (1956); "Вопросы номенклатуры и классификации глауконита" (1956); "Некоторые вопросы изучения глинистых минералов" (1958); "О гинсбургитах (ферригаллуазитах)" (1963); "О донбасситах и судоитах" (1969). У кожній з них Є.К. Лазаренко торкався термінології, номенклатури та класифікації. Разом зі своїми учнями вперше довів, що змішаношаруваті утворення є самостійними мінералами [8]. Серед них — нововиявлений впорядкований змішаношаруватий силікат, названий на честь Тараса Шевченка тарасовітом [7].

У подальші роки, особливо в київський період, проблеми уніфікації мінералогічної номенклатури, термінології та класифікації постійно турбували Є.К. Лазаренка. За його ініціативою 1971 р. при Всесоюзному мінералогічному товаристві (ВМТ) було створено спеціальну Комісію з номенклатури й термінології, яку він очолював до кінця свого життя. Того ж року на IV з'їзді ВМТ Є.К. Лазаренко виступив з доповіддю "О минералогической номенклатуре и терминологии" (співавтор І.С. Квітко), яка опублікована в тезах

цього зібрання та на сторінках "Записок ВМТ" [6]. У ній було висловлено пропозицію й обґрунтування необхідності широкого обговорення актуальної на той час проблеми основних понять мінералогії — "мінералогія", "мінерал", "мінеральний вид", "різновид мінерального виду" тощо, наведено визначення цих понять.

Питання номенклатури, термінології та класифікації мінералів Є.К. Лазаренко піднімав у доповідях і виступах на засіданнях Комісії мінералогії та геохімії, що була створена за його ініціативою та під його керівництвом при Карпато-Балканській геологічній асоціації (КБГА). На засіданнях Комісії неодноразово обговорено його задум щодо створення мінералогічного словника-довідника Карпато-Балканської гірської системи, пізніше названого енциклопедією. Зокрема, у запропонованих ним принципах і остаточному макеті такої енциклопедії, опублікованих у Матеріалах третього засідання Комісії (відбулось у Києві, 1975 р.), Є.К. Лазаренко наводить кристалохімічну класифікацію, яка мала бути покладена в основу енциклопедії, а також дає визначення мінеральному виду і внутрівидовим категоріям: "підвид" (або різновид) і "відміна" [9].

У 1977 р. Є.К. Лазаренком було скликано загальні збори комісії ВМТ і УМТ, на яких продовжено обговорення змісту основних понять мінералогії та рекомендовано провести з цього питання спеціальний симпозіум. Такий симпозіум відбувся 1978 р. у м. Керч (Крим). До початку його роботи за редакцією Є.К. Лазаренка було видано збірник "Основные понятия минералогии" [11].

На цьому симпозіумі Євген Костянтинович, вже тяжко хворий після безнадійної операції, виголосив чотири зразкові за формою і змістом доповіді, які виявилися останніми в його житті. У перших двох доповідях він проаналізував, зокрема, такі важливі теоретичні питання, як предмет і завдання мінералогії, а також вживані таксономічні категорії. Розглядаючи мінералогічну термінологію він відзначив, що багато мінералогічних термінів не мають єдиного визначення, а це гальмує розвиток і утруднює викладання мінералогії. Є.К. Лазаренко підтримав визначення поняття "мінерал", яке запропонував на симпозіумі А.Г. Булах: "мінерал — природна хімічна спо-

лука кристалічної будови" і виніс для обговорення визначення інших мінералогічних понять.

Мінералогія — наука про мінерали, їхній склад, внутрішню будову, властивості й умови утворення та зміни мінералів, а також процеси мінералоутворення.

Мінеральний вид — систематична категорія, складена з мінеральних індивидів, у яких склад і будова однакові або змінюються безперервно.

Різновид мінерального виду — внутрішньовидова категорія, складений з мінеральних індивидів конкретного виду, які відрізняються від інших індивидів за хімічними або структурними ознаками.

Мінеральна відміна — внутрішньовидова систематична категорія. Складена з мінеральних індивидів даного мінерального виду, який характеризується наявністю у своєму складі, окрім головного мінералоутворюального елемента, певної, але незначної (1–2 %) кількості іншого ізоморфного елемента або відрізняється за фізичними властивостями та структурними деталями.

Вивчення проблеми основних понять мінералогії, що було ініційовано Є.К. Лазаренком, не залишилося поза увагою наукової, перш за все мінералогічної громадськості. Вже через рік після керченського симпозіуму, тобто після смерті вченого, установи Академії наук і Міністерства геології СРСР організували міжгалузеву координаційну нараду, присвячену визначенням понять "мінеральний вид" і "різновид мінерального виду". У повідомленні про цю нараду М.В. Белов зазначив, що у її рішенні використані ідеї Є.К. Лазаренка у визначеннях цих понять [1]. У рішенні відзначено: 1) термін "мінеральний вид" та інші рівною мірою застосовані як до земних об'єктів, так і до об'єктів застиглих космічних тіл; 2) даний термін стосується тільки кристалічних тіл, хоч об'єктами мінералогії та інших геологічних дисциплін є також аморфні, рідкі та газоподібні утворення. Вони можуть бути об'єднані, як було запропоновано деякими учасниками наради, під терміном "мінералоїд" [1].

В інформаційному листі Оргкомітету та у рішенні вказаної наради наголошено також, що відсутність єдиного загальноприйнятого визначення основних понять мінералогії вносить плутанину в друкованих виданнях, утруд-

нює збір, обробку, збереження та надання інформації, затримує розвиток єдиної геолого-мінералогічної інформаційно-пошукової служби країни і країн-членів СЕВ, наносить велику матеріальну шкоду. Саме до такої плутанини було привернуто увагу і в моїй доповіді у співавторстві з А.А. Ясинською й І.С. Квітко на цій нараді, присвяченій значенню уніфікації мінералогічної номенклатури та термінології у викладанні геологічних дисциплін [10]. У доповіді вказано, що відсутність єдиних визначень основних таксономічних понять у мінералогії особливо відчутина у процесі викладання курсу мінералогії та інших геологічних дисциплін і, природно, негативно впливає на опанування студентами цих предметів у період навчання. Зокрема, відсутність однозначного визначення понять "мінеральний вид" і "різновид мінерального виду" утруднює засвоєння не тільки мінералогії, але й інших геологічних дисциплін, а також трактування деяких геологічних категорій (корисні копалини, гірська порода та ін.). Також ми наголошували, що на жаль цим фундаментальним поняттям приділяється недостатньо уваги, а у низці підручників і довідників їх визначення не уніфіковані або взагалі відсутні.

Проаналізувавши наявні погляди на поняття "мінеральний вид" і "різновид мінерального виду", які висвітлюються у монографіях О.С. Поваренних [15] і М.П. Юшкіна [16], а також в публікаціях В.С. Соболєва, Д.П. Григор'єва, Є.К. Лазаренка, Г.Б. Бокія, А.Г. Булаха та інших дослідників, ми запропонували такі визначення цих понять [10].

Мінеральний вид — сукупність мінеральних індивидів, представлених простою речовиною або хімічною сполукою однакового та перемінного (неперервний ізоморфний ряд) складу з однотипною структурою, які утворюються за конкретних термодинамічних умов природного фізико-хімічного процесу. Відповідно, виділяються мінеральні види постійного та перемінного складу.

Різновид мінерального виду — сукупність мінеральних індивидів одного мінерального виду, яка відрізняється стійкими повторювальними особливостями хімічного складу, структури, властивостей. Відповідно, розрізняють хімічний, структурний, морфологічний і фізичний різновиди.

В останні десятиліття ідеї Є.К. Лазаренка щодо основних понять мінералогії були використані та досить детально проаналізовані в працях В.І. Павлишина, присвячених створенню концепції сучасних дефініцій [12, 13], а також в не так давно опублікованій першій частині підручника "Мінералогія" [14], який охоплює чотири розділи: 1. Вступ до мінералогії; 2. Кристалохімія мінералів; 3. Морфологія і анатомія мінералів; 4. Мікромінералогія і наномінералогія. У вступі до мінералогії висвітлено авторську точку зору на основні поняття мінералогії та сформульовано сучасні визначення понять "мінерал", "мінеральний індивид", "мінеральний вид" і "мінеральний різновид", які, на наш погляд, є вдалими і зрозумілими, придатними до використання у навчальному процесі.

Мінерал — природна хімічна сполука кристалічної будови, що утворюється внаслідок прояву геологічного процесу.

Мінеральний індивид — реальне фізично відокремлене тіло природи, одне з центральних понять у мінералогії.

Мінеральний вид — сукупність мінеральних індивидів, що належать до однієї просторової групи симетрії й характеризуються однаковим (близьким) хімічним складом або безперервною зміною складу в природних межах.

Мінеральний різновид — індивиди, які природно відокремилися всередині виду за характерними ознаками складу, структури, морфології або фізичних особливостей, не притаманних іншим індивидам цього виду.

На керченському симпозіумі Є.К. Лазаренко виголосив ще дві доповіді, які стосувались номенклатури і класифікації процесів мінералоутворення та схеми генетичної класифікації мінералів [11]. Намічені в цих доповідях обґрунтування і засади створення генетичної класифікації мінералів узагальнені в його фундаментальній монографії "Опыт генетической классификации минералов" [4]. У ній розглянуто принципи генетичної класифікації мінералів, що ґрунтуються на даних щодо процесів мінералоутворення, генетичних особливостях мінеральних комплексів та типоморфізму мінералів. У вченні про типоморфізм мінералів Євген Костянтинович виділив і детально охарактеризував (у зв'язку з генетичними проблемами) чотири основні напрями: геологічний, кристаломор-

фологічний, кристалохімічний та термобаро-геохімічний.

Є.К. Лазаренко вважав, що саме генетична класифікація мінералів є найбільш природною в мінералогії, що вона найповніше відповідає сучасній суті науки. Крім того, генетична класифікація слугує найбільш надійним фундаментом прикладної мінералогії. В основу запропонованої ним генетичної класифікації мінералів покладено і детально висвітлено у книзі мінералогічну модель Землі, класифікацію процесів мінералоутворення, еволюцію мінеральних комплексів, парагенетичні асоціації мінералів, а також їхні кристалохімічні особливості. Відповідно, весь мінеральний світ поділено на чотири типи: ендогенний, екзогенний, космогенний і техногенний. У межах типів виділені підтипи, класи, підкласи, родини, ряди, групи та види. Завершується ця книга такими словами: "Предлагаемая генетическая классификация минералов, рассмотренная в генеральном плане для всего минерального мира и применительно к отдельным регионам и месторождениям на примере Донецкого и Криворожского бассейнов, наиболее полно отвечает современному состоянию минералогии, так как основана на ведущем ее начале — генезисе минералов. Однако она является первой попыткой такого рода и, конечно, далека от совершенства. Ее следует рассматривать как первый опыт на пути создания генетической классификации" [4].

У проблемі мінералогічної номенклатури та термінології неперевершеною є далекоглядність Є.К. Лазаренка щодо спроби зібрати і упорядкувати українську мінералогічну термінологію. Ця титанічна праця була розпочата у Львові разом з О.М. Винар. Завершено її вже у Києві виданням "Мінералогічного словника" [5], який містить 14 000 термінів з перекладом їх російською й англійською мовами. Аналогів такого словника немає досі, а потреба у ньому сьогодні в незалежній Українській державі є нагальнюю. Саме це слугувало підставою для проведення спеціальних досліджень щодо походження і формування мінералогічної термінології [2] і створення україномовного словника-довідника ювелірного та колекційного каміння [3].

Словник, як і низка фундаментальних монографій та підручників з мінералогії, що становлять творчий доробок Євгена Костянтино-

вича Лазаренка, є національною гордістю і золотим фондом української науки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Белов Н.В. Межотраслевое координационное совещание по определению понятий "минеральный вид" и "разновидность минерального вида" (пос. Черноголовка Моск. обл. 14–16 нояб. 1979) // Минерал. журн. — 1980. — 2, № 4. — С. 103–104.
2. Вовченко Р., Матковський О., Бакуменко І., Полубічко О. Походження і формування мінералогічної термінології // Мінерал. зб. Львів. ун-ту. — 2002. — № 52, вип. 2. — С. 14–23.
3. Вовченко Р., Матковський О., Бакуменко І. та ін. Словник-довідник ювелірного і колекційного каміння. — Львів : ВЦ ЛНУ ім. І. Франка, 2006.
4. Лазаренко Е.К. Опыт генетической классификации минералов. — Киев : Наук. думка, 1979. — 314 с.
5. Лазаренко Є.К., Винар О.М. Мінералогічний словник. — К. : Наук. думка, 1975. — 772 с.
6. Лазаренко Е.К., Квітко І.С. О минералогической номенклатуре и терминологии // Зап. Всесоюз. минерал. об-ва. — 1972. — Ч. 101, вып. 4. — С. 438–450.
7. Лазаренко Е.К., Королев Ю.М. Тараковит — новый диоктаэдрический упорядоченный смешанослойный минерал // Там же. — 1970. — Ч. 99, вып. 2. — С. 214–224.
8. Лазаренко Е.К., Мельник Ю.М., Мельников В.С. Некоторые кристаллохимические и генетические особенности смешано-слоистых силикатов // Мінерал. сб. Львов. ун-та. — 1967. — № 21, вып. 4. — С. 339–351.
9. Материалы Комиссии минералогии и геохимии КБГА. № 3. — Киев : Наук. думка, 1977. — 127 с.
10. Матковский О.И., Ясинская А.А., Квітко І.С. Значеніє унифікації мінералогічної номенклатури та термінології в преподаванні геологіческих дисциплін // Мінерал. сб. Львов. ун-та. — 1981. — № 35, вып. 1. — С. 15–19.
11. Основные понятия минералогии : Сб. науч. тр. / Отв. ред. Е.К. Лазаренко. — Киев : Наук. думка, 1978. — 138 с.
12. Павлишин В.И. Основные понятия минералогии / АН УССР. Ин-т геохимии и физики минералов. — Препр. — Киев, 1990. — 40 с.
13. Павлишин В.І. Вступ до мінералогії (курс лекцій) : Посіб. — К. : ДГЦУ, 1997. — 40 с.
14. Павлишин В.І., Довгий С.О. Мінералогія : Вступ до мінералогії. Кристалохімія, морфологія і анатомія мінералів. Мікромінералогія і наномінералогія : Підр. — К. : КНТ, 2008. — 534 с.
15. Поваренных А.С. Кристаллохимическая классификация минеральных видов. — Киев : Наук. думка, 1966. — 547 с.
16. Юшкин Н.П. Теория и методы минералогии. — Л. : Наука, 1977. — 291 с.

Надійшла 24.04.2012

O.I. Matkovskyi

ВОПРОСЫ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОЙ
НОМЕНКЛАТУРЫ, ТЕРМИНОЛОГИИ
И КЛАССИФИКАЦИИ
В ТРУДАХ Е.К. ЛАЗАРЕНКО

По инициативе Е.К. Лазаренко при Всесоюзном минералогическом обществе была создана Комиссия по номенклатуре и терминологии, организован специальный симпозиум на тему "Основные понятия минералогии". Он дал определение "минерального вида", "разновидности минерального вида" и "разности". Ему принадлежит упорядочение украинской минералогической терминологии и создание Минералогического словаря, разработка принципов и макета минералогической энциклопедии Карпато-Балканской горной системы, а также первый опыт генетической классификации минералов.

O.I. Matkovskyi

PROBLEMS OF MINERALOGICAL
NOMENCLATURE, TERMINOLOGY
AND CLASSIFICATION IN SCIENTIFIC
WORKS OF YE.K. LAZARENKO

Ye.K Lazarenko took the lead in the creation of special committee of All-Union Mineralogical Society, dedicated to nomenclature and terminology, and in the conducting of special symposium "Fundamental Conceptions of Mineralogy". The scientist proposed the own definitions of mineral species and varieties of mineral species. He regulated the Ukrainian mineralogical terminology and compiled the Mineralogical Dictionary, elaborated the composition principles and model of mineralogical encyclopaedia of Carpathian-Balkan mountain system. Ye.K. Lazarenko for the first time proposed the genetic classification of minerals.

УДК 549.281/283 + 549.261

В.М. Квасниця¹, І.В. Квасниця²

¹ Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення
ім. М.П. Семененка НАН України
03680, м. Київ-142, Україна, пр. Акад. Палладіна, 34
E-mail: vmkvas@hotmail.com

² Київський національний університет імені Тараса Шевченка
03022, м. Київ, Україна, вул. Васильківська, 90
E-mail: ikvasnytsya@gmail.com

НАРИС З МІНЕРАЛОГІЧНОЇ КРИСТАЛОГРАФІЇ САМОРОДНИХ МЕТАЛІВ УКРАЇНИ

Узагальнені результати багаторічних досліджень кристаломорфології самородних золота, міді, срібла і заліза із родовищ та рудопроявів України. Наведено дані про прості форми кристалів, їх габіуси та обриси, про їх прості та складні двійники, автоепітаксію, скелетні та антискелетні утворення, про поширення багатогранників цих мінералів у рудних комплексах України. Проаналізована залежність появи граней тих чи інших форм на кристалах від структурних особливостей мінералів. Встановлена тенденція залежності кристаломорфології самородних золота і міді від глибини рудоутворення. Найбільш поширеними і габітусними на кристалах самородних золота, міді, срібла і заліза є структурно важливі форми, такі як {111}, {100} і {110}. Інші встановлені форми ({311}, {322}, {210}, {320}, {520}, {740}, {750} та ін.) на кристалах самородних золота і міді є другорядними і мало поширеними. Для кристалів самородних золота і міді властиві прості і циклічні двійниковання по (111). Для самородної міді характерні циклічні двійники різних простих форм ({111}, {100}, {110}, {hk0}). Особливо поширені двійники і п'ятірники. У залежності від місця утворення для самородних золота і міді помітно ускладнення огранення під час росту кристалів золота на малій глибині і кристалів міді — на великий та появи дендритних форм під час їх росту із пересичених розчинів.

Передмова. Сплеск розвитку мінералогічної кристалографії в Україні тісно пов’язаний з іменем академіка Є.К. Лазаренка — від впровадження ним у 1951 р. в науку поняття "мінералогічна кристалографія" до конкретних досліджень кристаломорфології мінералів України. Якщо взяти до уваги тільки київський період наукової діяльності Є.К. Лазаренка (1969—1979), слід згадати, що за його керівництва у відділі регіональної та генетичної мінералогії Інституту геохімії і фізики мінералів НАН України (нині Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка) був створений гоніометричний кабінет й готовувалися фахівці з кристалографічного напрямку мінералогічних досліджень. Вони ж інтенсивно досліджували кристали мінералів Донбасу, Криворіжжя і Приазов’я, результати чого

висвітлені в кількох колективних монографіях [14, 15, 17]. Також вивчали багатогранники мінералів з інших геологічних районів України (Закарпаття, Прикарпаття, Волинь, Крим). Особливо детально вивчено кристаломорфологію мінералів декількох мінеральних комплексів: камерних пегматитів Волині [13, 16], ртутних і поліметалічних руд Закарпаття [1], карбонатитів Приазов’я (чернігівський комплекс) [12].

Нижче наведені здобутки з вивчення мінералогічної кристалографії самородних металів України. Треба відзначити, що й перші інструментальні дослідження кристалів самородних металів України, зокрема самородного золота Закарпаття, були початі завдяки ініціативі Є.К. Лазаренка [7].

Вступ. У мінеральних комплексах України в самородному стані відомо багато металів [18, 19], але тільки золото, мідь, срібло і залізо

знайдені у формі багатогранників. Багатогранники самородних золота і міді були встановлені в різних за складом і віком породних комплексах (золото — неогенові вулканіти Закарпаття, кам'яновугільні породи Донбасу, докембрійські породи Українського щита (УЩ) [2, 3, 5, 6, 11]; мідь — венденські вулканіти Волині, гіпергенні утворення по докембрійських ультраосновних породах УЩ) [8–10], кристали самородних срібла і заліза — лише у венденських вулканітах Волині [4, 9].

Усі вказані вище мінерали кристалізуються у гексаоктаедричному класі кубічної сингонії. Отже, на їхніх багатогранниках можуть бути

розвинуті грані семи типів простих форм: октаедр, куб, ромбододекаедр, тригон- і тетрагон-триоктаедри, тетрагексаедри і гексаоктаедри. Однак у природі кристали золота, міді, срібла і заліза огранюються неповним, хоча водночас і близьким набором простих форм. Тому, з кристалографічної точки зору, важливо з'ясувати, які прості форми реалізуються на багатогранниках цих різних за хімічним складом мінералів. До того ж самородне залізо має іншу структуру, ніж самородні золото, срібло і мідь. Мінерали золота, міді, срібла і заліза утворюються в різних породах і рудах, що позначається на їхній кристаломорфології.

Прості форми на багатогранниках самородних золота, міді, срібла і заліза Simple forms on polyhedrons of native gold, copper, silver and iron

Мінерал, родовище, рудопрояв	Прості форми						
	111	100	110	hkk	hh _l	hk0	hk _l
<i>Самородне золото</i>							
Закарпатський прогин: Мужіївське родовище, кварц-баритові жили	+	+	+*	311*	—	210*	—
Український щит: кварцові жили (з сульфідами Fe, Cu, As), рудопрояв Ахтове	+	+	+*	—	—	—	—
рудопрояв Майське	+	—	—	—	—	—	—
рудопрояв Жовторіченський	+	+	+	—	—	—	—
рудопрояв Сурож	+	—	—	—	—	—	—
Донецька складчаста область: Нагольний кряж, кварц-карбонатні жили з сульфідами Pb, Zn, Fe, рудопрояв Бобриково	+	+	+	—	—	520*	—
<i>Самородна мідь</i>							
Волино-Подільська плита: кварц-карбонатні прожилки в базальтах, рудопрояви Жиричі і Рафалівка	+	+	+	311*	hh _l *	210*	952*
				322*		320*	
						520*	
						740*	
						750*	
						940*	
						950*	
						980*	
Український щит: кора окиснення ультрабазитів, рудопрояв Жданівка	+	+	—	—	—	—	—
рудопрояв Чемерпіль	+	—	—	—	—	—	—
<i>Самородне срібло</i>							
Волино-Подільська плита: кварц-карбонатні прожилки в базальтах, рудопрояви Жиричі і Рафалівка	+	+	—	—	—	hk0*	—
<i>Самородне залізо</i>							
Волино-Подільська плита: кварц-карбонатні прожилки в базальтах, рудопрояв Рафалівка	—	+	—	—	—	—	—

П р и м і т к а. * — другорядні та рідкісні форми.

гії: простих формах, габітусі, обрисі, двійникуванні тощо. Звідси виникає необхідність встановити можливі причини впливу умов утворення на появу тих чи інших форм на багатогранниках цих мінералів. Все разом дає змогу визначити типоморфні кристалографічні ознаки цих мінералів, що важливо для геологічної практики у ході прогнозу і пошуків руд.

Слід зазначити також, що вказані самородні метали можуть мати різну природу. Самородні золото і срібло найчастіше належать до гідротермальних утворень, тоді як самородні мідь і залізо можуть виникати у відновному середовищі внаслідок різних процесів мінералоутворення (магматичне і гідротермальне утворення, електрохімічний шлях, відновлення із сульфідів вуглецем, органічною речовиною).

Методи досліджень. Гоніометрія й електронна мікроскопія були основними методами проведених досліджень з мінералогічної кристалографії самородних металів України. Використано гоніометр ГД-1 та різні електронні мікроскопи: *JSM-6700F (JEOL)* і *PEM-100У*. В окремих випадках виникала необхідність проведення рентгенометричних досліджень за допомогою методу Лауе і розчинення орієнтованих зрізів двійників для підтвердження їх складної будови. Розміри досліджених кристалів самородних золота, срібла, міді і заліза не перевищують 0,5–1,0 мм.

Результати досліджень та обговорення. Прості форми кристалів. Найповніші дані щодо простих форм кристалів самородних золота, міді, срібла і заліза зібрано у "Атласі форм мінералів" В. Гольдшмідта [22], новіші відомості про кристаломорфологію золота — в монографії Н.В. Петровської [20]. Видно, що одні з них можуть мати габітусне значення, інші є другорядними. Також вони розрізняються за поширенням у рудах і частотою прояву на кристалах.

Простіша, однак щодо головних простих форм така ж, кристалографічна картина й для багатогранників цих самородних металів України. У таблиці наведено дані про встановлені прості форми на багатогранниках самородних золота, срібла, міді і заліза тільки із різних корінних рудопроявів України, оскільки знахідки багатогранників, наприклад, серед досить поширеного розсипного самородного золота, в Україні надзвичайно рідкісні.

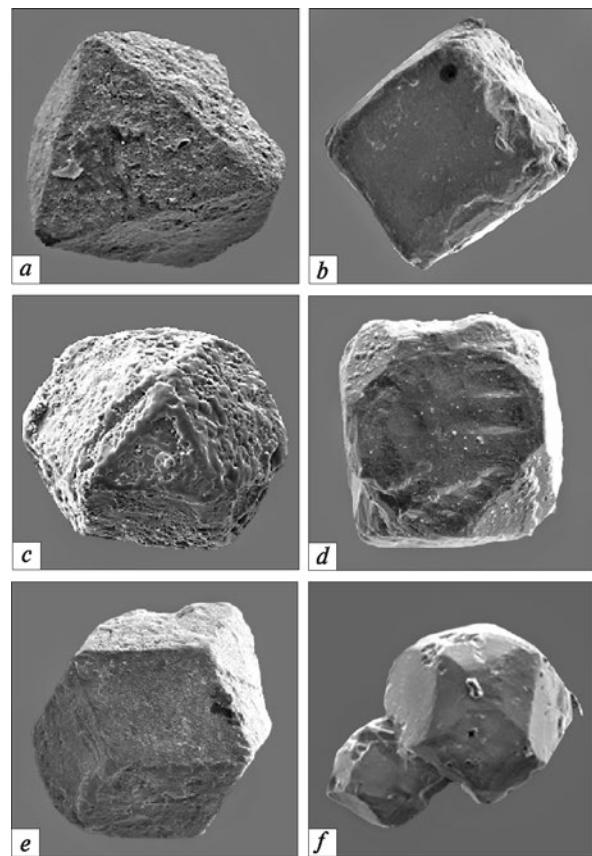


Рис. 1. Багатогранники самородної міді із вендинських вулканітів Волині: а — октаедр, б — куб, в, г — октаедро-куби, д — ромбододекаедр, е — зросток тетрагексаедрів $\{hk0\}$

Fig. 1. Polyhedrons of native copper from Vendian volcanites of Volyn': a — octahedron, b — cube, c, d — octahedron-cubes, e — rhombic dodecahedron, f — intergrowth of tetrahedra $\{hk0\}$

Можна стверджувати, що октаедр і куб, рідше — ромбододекаедр, є головними формами на кристалах самородного золота з більшості рудопроявів України, а октаедр, куб, ромбододекаедр і тетрагексаедри $\{hk0\}$ — на кристалах самородної міді із волинських рудопроявів. Простішою є кристаломорфологія самородної міді із рудопроявів УЩ: октаедр і куб. Грані цих же простих форм розвинуті на кристалах самородних срібла і заліза із волинських рудопроявів.

Габітуси кристалів. Прості форми — октаедр, куб, ромбододекаедр і тетрагексаедри $\{hk0\}$ та їх комбінації визначають габітуси кристалів самородних золота, міді, срібла і заліза. Найрізноманітніші габітуси кристалів властиві самородній міді із волинських рудопроявів (рис. 1): октаедричний, кубічний, ку-

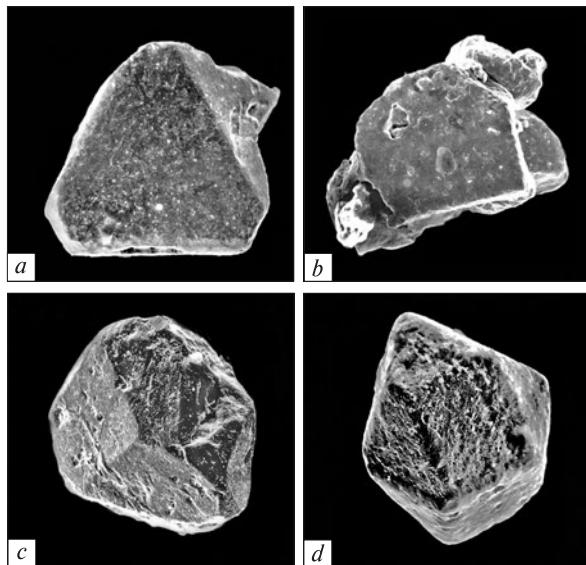


Рис. 2. Багатогранники самородного золота із Мужіївського родовища (неогенові вулканіти, Закарпаття): а — октаедр, б — зросток кубів, в, г — октаедро-куби
Fig. 2. Polyhedrons of native gold from Muzhiev deposit (Neogene volcanites of the Transcarpathians): a — octahedron, b — intergrowth of cubes, c, d — octahedron-cubes

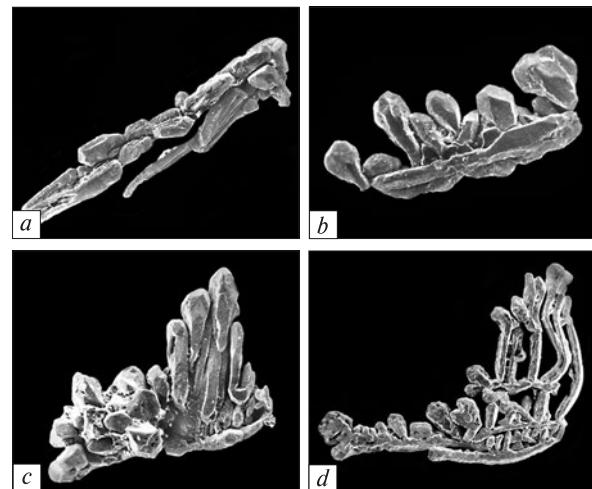


Рис. 4. Дендритні форми самородного золота із Мужіївського родовища: а — дендритоїд з елементами невиразного огранення субіндивідів, б, в — дендрити з елементами кубо-октаедричного огранення субіндивідів, г — гілкоподібний дендрит

Fig. 4. Dendritic forms of native gold from Muzhiev deposit: a — dendrites with elements of indistinct cut of individual crystals, b, c — dendrites with elements of cubo-octahedral cut of individual crystals, d — dendritic separation

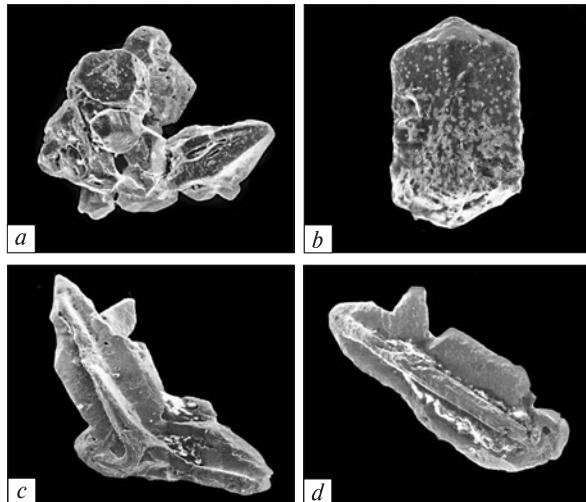


Рис. 3. Закономірні та незакономірні зростки багатогранників самородного золота із Мужіївського родовища: а — незакономірний зросток різних за морфологією кристалів, б — п'ятірник кубо-октаедрів по (111), в, г — "скелетні" чотвірники кубо-октаедрів по (111)

Fig. 3. Regular and irregular intergrowths of native gold polyhedrons from Muzhiev deposit: a — intergrowth of crystals of different morphology, b — pentagon twin of cubo-octahedrons on (111), c, d — "skeletal" tetragon twin of cubo-octahedrons on (111)

бо-октаедричний, октаедро-кубічний, ромбододекаедричний, тетрагексаедричний і комбінаційний з різною участю в ограненні багатьох

форм. Октаедри і куби самородної міді поширені вrudопроявах УЩ. Найконтрастніші за габітусом кристали самородного золота із Мужіївського родовища Закарпаття (рис. 2—4) іrudопрояву Бобриково в Донбасі (рис. 5): серед перших домінують октаедри і кубо-октаедри, серед других — ромбододекаедри. Уrudопроявах УЩ переважають дуже дрібні недосконалі октаедри самородного золота (рис. 6).

Октаедри і куби самородного срібла із волинськихrudопроявів переважно недосконалі, часто спотворені (рис. 7). Надзвичайно дрібні кубо-октаедри срібла мають більш доносонале огранення. Тільки недосконалі кубічні кристали встановлені серед ксеноморфних виділень самородного заліза ізrudопрояву Рафалівка на Волині (рис. 7).

Обриси кристалів. Ізометрично розвинуті кристали цих мінералів уrudопроявах України трапляються рідко. Характерними спотвореннями для них є сплющення по трійній осі для октаедрів самородних золота і міді з усіхrudопроявів та видовження по четвертній осі для кубів самородних срібла і заліза.

Двійники кристалів. Надзвичайно багата палітра простих і складних (циклічних) двійників серед кристалів самородних золота і міді. Якщо серед кристалів золота Мужіївського ро-

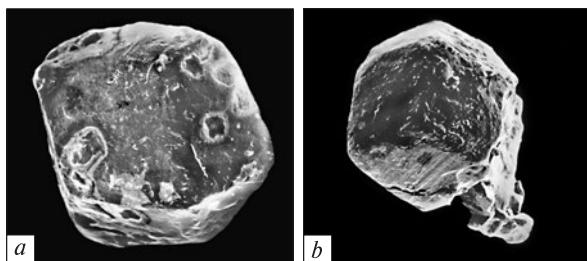


Рис. 5. Ромбододекаедри самородного золота із рудопрояву Бобриково (кам'яновугільні відклади Донецького басейну): *a* — кристал з автоепітаксичними наростами, *b* — кристал з ростовою "ніжкою"

*Fig. 5. Rhombic dodecahedrons of native gold from Bobrykovo ore occurrence (Carboniferous sediments of the Donets Basin): *a* — crystal with autoepitaxy forms, *b* — crystal with growth "leg"*

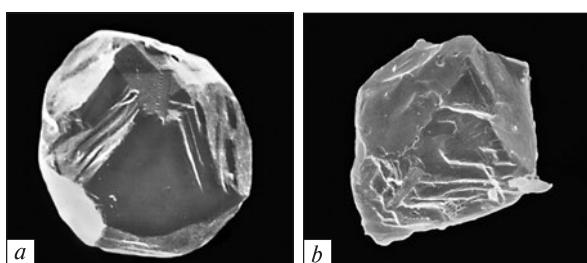


Рис. 6. Недосконалі октаедричні кристали самородного золота із докембрійських рудопроявів Українського щита: *a* — Жовторіченський (Криворіжжя), *b* — Сурож (Приазов'я)

*Fig. 6. Imperfect octahedron crystals of native gold from Precambrian ore occurrences of the Ukrainian Shield: *a* — Zhovtorichenskyy (Kryvyi Rig Basin), *b* — Surozh (Azov geoblock)*

довища поширені п'ятірники октаедро-кубів по (111), то серед кристалів міді з усіх рудопроявів часто фіксуються прості і циклічні двійники. Особливо різноманітні за формою двійники самородної міді із волинських рудопроявів: прості двійники октаедрів, кубів, октаедро-кубів, ромбододекаедрів і тетрагексаедрів по (111) (рис. 8) та п'ятірники октаедро-кубів, ромбододекаедрів і тетрагексаедрів по (111) (рис. 9). Серед самородної міді із рудопроявів УЩ поширені прості і циклічні двійники кубів і октаедрів по (111). Серед циклічних двійників трапляються трійники, четвірники і п'ятірники.

Скелети і антискелети кристалів. Такі утворення зафіксовані серед кристалів самородної міді. У волинських рудопроявах міді зустрічаються скелетні кристали, у рудопрояві Чемерпіль — антискелети міді. Рідкісні антискелети самородного золота зустрінуті на Мужіївському родовищі.

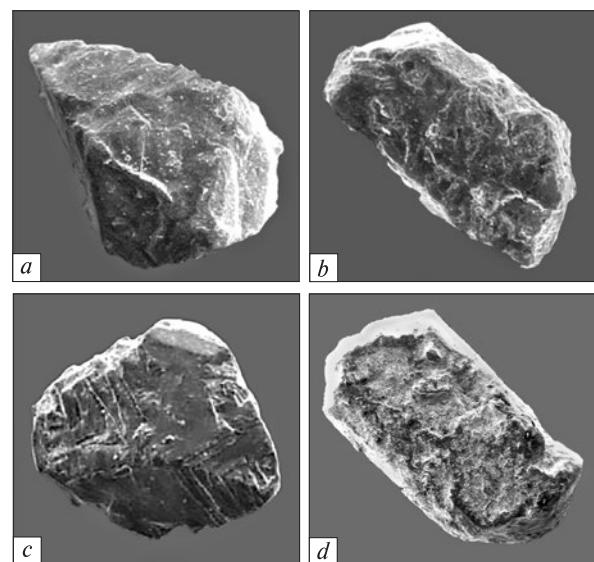


Рис. 7. Недосконалі багатогранники самородних срібла і заліза із вендських вулканітів Волині: *a* — спотворений октаедр срібла, *b* — спотворений куб срібла, *c* — двійник кристалів срібла комбінаційної форми, *d* — спотворений куб заліза

*Fig. 7. Imperfect polyhedrons of native silver and native iron from Vendian volcanites of the Volyn': *a* — distorted octahedron of silver, *b* — distorted cube of silver, *c* — twin crystals of silver, *d* — distorted cube of iron*

Автоепітаксія. Поширенна на кристалах самородного золота із рудопрояву Бобриково і на кристалах самородної міді із волинських рудопроявів. Проте дуже рідко автоепітаксичні нарости мають багатогранну форму, частіше це пластинчасті ксеноморфні утворення. Тому їх закономірну орієнтацію щодо кристала-матриці встановити важко.

Способи і механізми росту кристалів. Відносний ідіоморфізм мікрометрових багатогранників самородних золота, міді, срібла і заліза дозволяє говорити про їх вільну кристалізацію в тріщинах і мікропорожнинах. На кристалах золота, міді і срібла часто проявлені шари росту, що свідчить про його тангенціальний механізм. Лише зрідка для самородної міді фіксується мікроблокова будова кристалів. Особливо виразно проявлений пошаровий ріст на кристалах самородної міді із волинських рудопроявів (рис. 10). На її кристалах простежується поява пасивних граней різних форм ($\{110\}$ і $\{hk0\}$), які не мають власних пірамід росту. Таке явище росту властиво кристалам багатьох мінералів різного походження. Ріст кристалів волинської міді проходить часто шляхом нашарування по (001). За швидкого росту граней {001} вони вироджу-

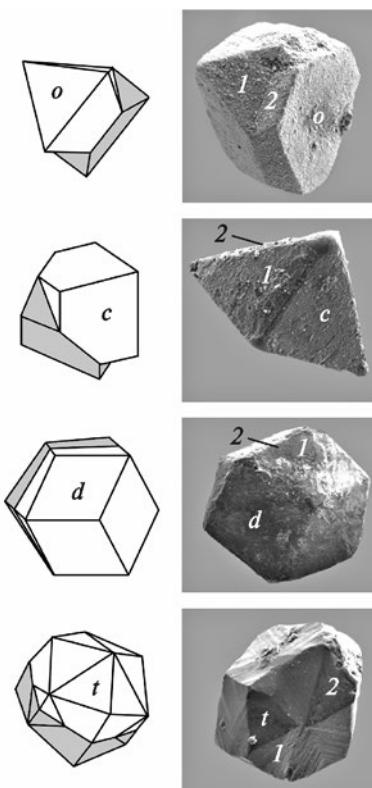


Рис. 8. Двійники кристалів самородної міді по (111) із венденських вулканітів Волині (зверху вниз, позначення форм: *o* — октаедр, *c* — куб, *d* — ромбододекаедр, *t* — тетрагексаедр): октаедрів, кубів, ромбододекаедрів і тетрагексаедрів. Зліва показані ідеалізовані зображення, справа — реальні кристали

Fig. 8. Simple twins of native copper crystals on (111) from Vendian volcanites of the Volyn' (top to bottom, marking forms: *o* — octahedron, *c* — cube, *d* — rhombic dodecahedron, *t* — tetrahedron {hk0}): octahedrons, cubes, and rhombic dodecahedrons, tetrahedrons {hk0}. On the left shown idealized image, on the right — real crystals

ються, утворюючи пасивні грані ромбододекаедра чи різних тетрагексаедрів. Таким чином виникають габітусні форми {110} і {hk0}. Можна говорити також, що частою формою зародження для кристалів волинської міді був саме куб. Далі відбулась еволюція куба в ромбододекаедр чи тетрагексаедри. Для кристалів самородних золота і срібла фіксуються нашарування по (111).

Форма кристалів та її залежність від структури й умов росту мінералів. Прості форми і габітус кристалів самородних золота, міді, срібла і заліза особливо наочно, порівняно з іншими мінералами, ілюструють їх залежність від структури і умов формування. Структура цих мінералів проста і утворена за принципом

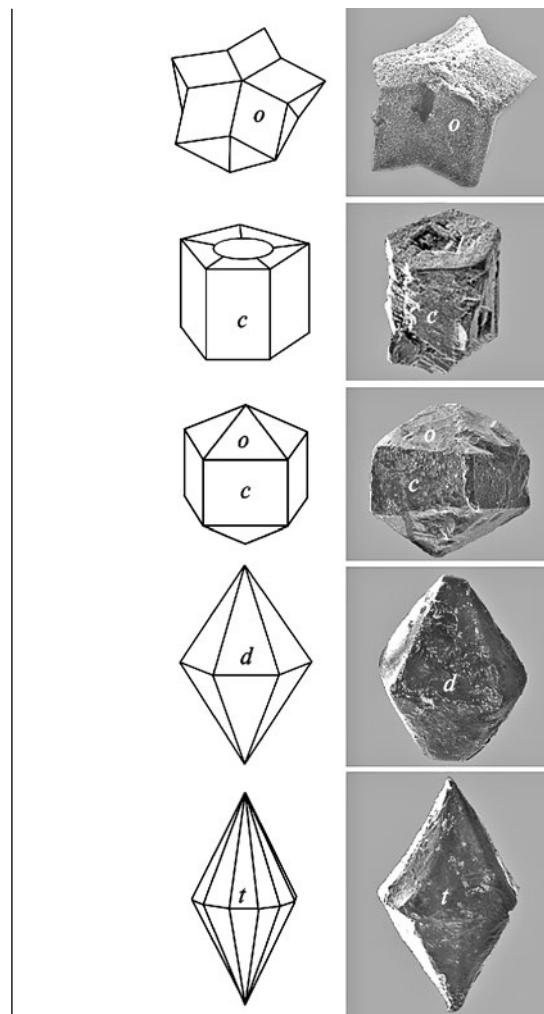


Рис. 9. П'ятірники самородної міді по (111) із венденських вулканітів Волині та кір вивітрювання докембрійських порід Українського щита (зверху вниз, позначення форм такі ж, як на рис. 8): октаедрів, кубів, октаедро-кубів, ромбододекаедрів і тетрагексаедрів. Зліва показані ідеалізовані зображення, справа — реальні кристали

Fig. 9. Cyclic twins (pentagons) of native copper on (111) from Vendian volcanites of the Volyn' and Precambrian rocks (weathering zones) of the Ukrainian Shield (top to bottom, marking forms are the same as in Fig. 8): octahedrons, cubes, octahedron-cubes, rhombic dodecahedrons and tetrahedrons {hk0}. On the left shown idealized image, on the right — real crystals

ідеальної щільної кубичної упаковки атомів. Різниця між ними в типі гратки: об'ємно-централізована для а-заліза і гранецентралізована — для золота, міді і срібла. Тому теоретично легко обґрунтуеться поява найважливіших простих форм {111}, {100} і {110} на кристалах цих мінералів, які б показники для розрахунку не брати (ретикулярна щільність різних сіток у

структурі, міжплощинні відстані, поділ на F -, S - і K -грані за методом Гартмана і Пердока, віднесення граней до рівно- і нерівноважних форм тощо). Залежно від вибору показника може мінятися тільки місце цих форм у трійці.

Рівноважні форми для кубічної гранецентрованої гртки такі [21]: G_1 — (111) і (100), G_2 — (110), G_3 — (311), (210), (531); для кубічної об'ємноцентрованої: G_1 — (110), G_2 — (100), G_3 — (211), (111). Звідси теоретично отримані такі дані щодо найменшої швидкості росту граней: для кубічної гранецентрованої гртки — {111}, для кубічної об'ємноцентрованої — {110}. Теоретично розраховані рівноважні форми для міді: G_1 — (111) і (100), G_2 — (110), інші грані — (211), (210), (311), (511), ($hk0$); для золота: G_1 — (111) і (100), G_2 — (110), інші грані — (211), (210), (311), (321), (hkl); для срібла: G_1 — (111) і (100), G_2 — (110), інші грані — (221), (211), (861), ($h\bar{k}0$), (hkl) і для заліза: G_1 — (110), G_2 — (100), інші грані — ($hk0$) [21]. За показником міжплощинних відстаней послідовність важливості основних простих форм для самородних золота, срібла, міді і заліза така: куб, ромбододекаедр, октаедр. Далі — різні тетрагексаедри і тригон-триоктаедри з малими значеннями індексів — {210}, {310}, {211}, {311} тощо. Однак ці форми є рідкісними на кристалах. Вони ж рідко мають габітусне значення, а найчастіше лише ускладнюють габітусні перші три основні форми [22]. Порядок важливості основних простих форм для самородних золота, срібла, міді і заліза за ретикулярною щільністю сіток

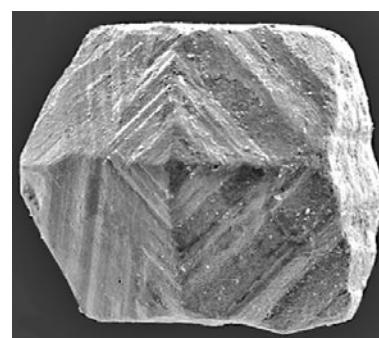


Рис. 10. Прояв пошарового росту по (100) на кристалі волинської самородної міді. Утворення ромбододекаедра міді за рахунок виродження куба

Fig. 10. Layer growth on (100) of native copper from Vendian volcanicites of the Volyn'. Rhombic dodecahedron is grown by degenerate cube

буде дещо інший: для золота, срібла і міді — (111) рівноцінна (110), (100), а для заліза — (110), (100), (111).

Теоретичні розрахунки важливості форм цих мінералів підкріплені штучним отриманням багатогранників золота, міді, срібла і заліза із різних вихідних матеріалів і за різних умов кристалізації [21]. Ці синтезовані кристали за значного пересичення завжди мають невелике число граней, при цьому з'являються грані, що найбільш повільно ростуть. На штучних кристалах Au, Cu, Ag і Fe домінують саме ці форми: {111}, {100} і {110}, з деякими ускладненнями огранення в залежності від умов росту. Зафіксовано ріст шарами для міді по (111) і (110), для золота — по (111) і для срібла — по (111) і (100).

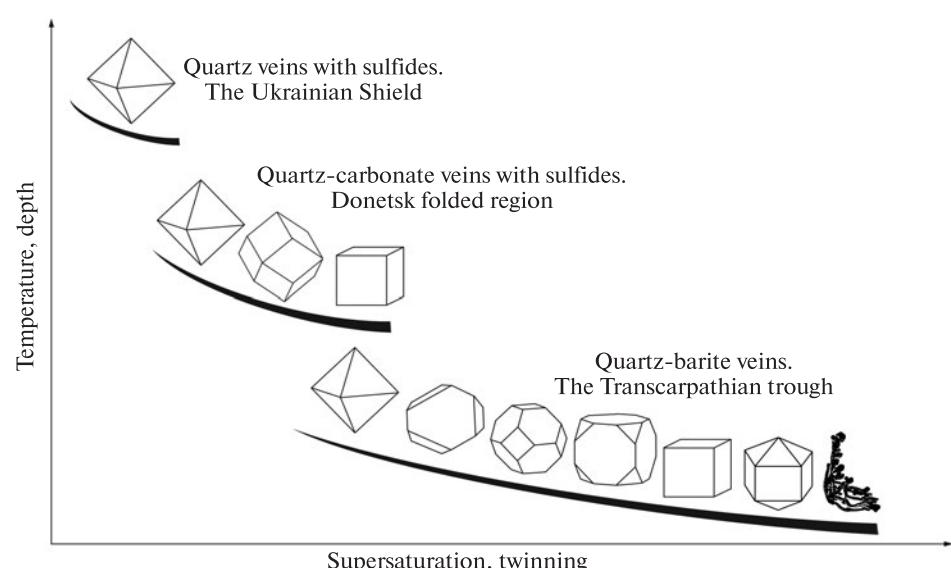


Рис. 11. Тенденція залежності кристаломорфології самородного золота із родовищ іrudопроявів України від глибини утворенняrud

Fig. 11. The trend of crystallomorphology of native gold from ore deposits and occurrences of the Ukraine depends on the depth of ore formation

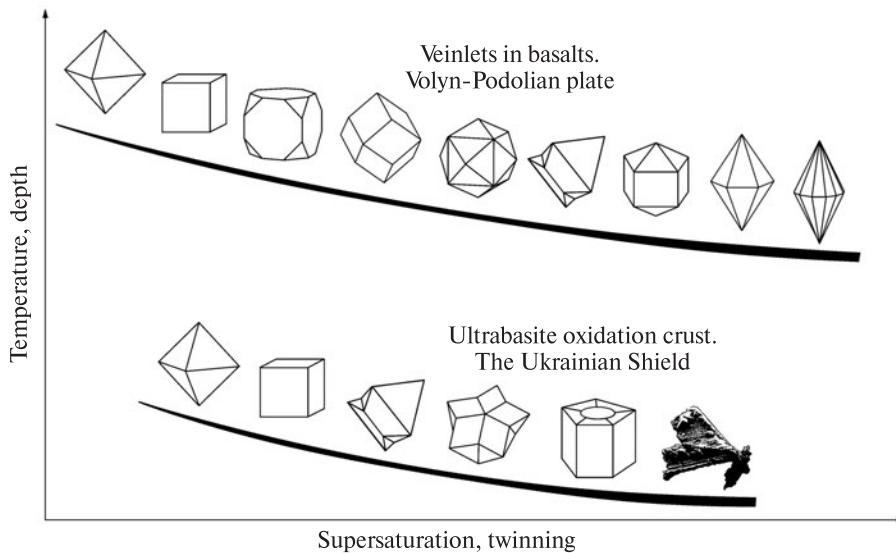


Рис. 12. Тенденція залежності кристаломорфології самородної міді із рудопроявів України від глибини утворення руд

Fig. 12. The trend crystallography of native copper from ore occurrences of the Ukraine depends on the depth of ore formation

З наведеного вище можна зробити висновок щодо вирішального значення особливостей структури самородних золота, срібла, міді і заліза в ограненні їх кристалів. Однак природа також вносить свої корективи, впливаючи на появу тих чи інших форм, що можна спостерігати на багатогранниках цих мінералів із українських рудопроявів. Для самородного золота спостерігається тенденція залежності форми кристалів від глибини рудоутворення (рис. 11). У малоглибинних рудах Мужіївського родовища (кварц-баритові) переважають кубо-октаедри та їх складні двійники і дендритні утворення, в середньоглибинних поліметалічних рудах Нагольного кряжу (рудопрояв Бобриково) багато ромбодекаедрів, тоді як у глибинних кварцових і сульфідних рудах УЩ трапляються рідкісні октаедри.

Не такою виразною, але все ж помітною є тенденція залежності форми кристалів самородної міді від місця утворення (прожилки в базальтах, зони окиснення ультрабазитів) і, відповідно, від особливостей середовища та температури кристалізації (рис. 12). Для самородної міді із зон окиснення рудопроявів УЩ характерні проста морфологія кристалів, їх прості та складні двійники і дендритні утворення. Водночас самородній міді із волинських рудопроявів властиве розмаїття форм кристалів та їх двійників.

Поки що неможливо пояснити деякі розбіжності між теорією і природою для морфології самородних металів. Отже, для обох ку-

бічних граток, в яких кристалізуються ці мінерали, їх габітус повинен бути визначений однією простою формулою — гранями, які теоретично найповільніше ростуть: для кубічної гранецентрованої гратки — {111}, а для кубічної об’ємноцентрованої — {110}. За іншим показником — міжплощинами відстанями — порядок появи граней основних форм мав би бути таким: {100}, {110} і {111}.

Важливим чинником впливу на морфологію кристалів самородних золота і міді можуть бути домішки, які могли спричинити зміну швидкості росту певних граней. Так, домішки ртуті в самородному золоті із рудопрояву Бобриково могли сприяти утворенню його ромбодекаедрів. Еволюція форм кристалів волинської міді ($\{100\} \rightarrow \{hk0\} \rightarrow \{110\}$) може бути також спричинена домішками чи зміною рівня насичення розчинів. І для золота, і для міді двійники і дендрити, мабуть, є показником пересичення рудних розчинів.

Висновки. Згідно з належністю мінералів самородних золота, срібла, міді і заліза до кубічної сингонії, на їх багатогранниках можуть бути розвинені сім типів простих форм. Однак найчастіше на кристалах цих мінералів реалізовані грані простих форм, які є структурно важливими.

Всі ці мінерали також характеризуються близьким набором простих форм на кристалах, але знайдені в різних геологічних ситуаціях і це позначається на їх кристаломорфології (прості форми, габітуси, обриси, двійники). Тобто в залежності від умов утворення,

попри структурну залежність, вони набувають різних морфологічних ознак. Величина граней сильно залежить від родовища чи рудопрояву мінералу, а саме від геологічної обстановки та фізико-хімічних умов утворення мінералу (температура, тиск, хімічний склад середовища та його агрегатний стан). Встановлені тенденції залежності морфології самородних золота і міді від глибинності рудоутворення можуть бути використані для прогнозу та оцінки їх нових рудопроявів чи родовищ.

Способом завоювання вивченими мінералами простору була їх вільна кристалізація у відкритій тріщині, порожнині чи розчині. Ознак росту кристалів цих мінералів в іншому середовищі (розплаві тощо) чи у твердій породі (тобто їх метасоматичного росту), або росту за рахунок явищ перекристалізації не виявлено.

Онтогенія вивчених кристалів самородних золота, срібла, міді і заліза (механізм і спосіб безпосереднього зародження кристалів, явище росту індивідів та агрегатів, їх подальше існування та перетворення) потребує більш детальних тонких досліджень. Однак й наведені результати свідчать, що зародження кристалів самородних золота, срібла і міді відбувалось через структурно важливі форми та пошаровий ріст.

ЛІТЕРАТУРА

1. Захара Б.В., Квасниця В.Н., Галий С.А., Матковський О.И. Типоморфизм мінералів поліметаллических і ртутних месторождений Закарпаття. — Київ : Наук. думка, 1984. — 167 с.
2. Квасниця В.Н. Сложные двойники многогранников самородного золота // Докл. АН УССР. Сер. Б. — 1978. — № 7. — С. 587—591.
3. Квасниця В.М. Морфогенетична класифікація самородного золота України // Минерал. журн. — 1999. — 21, № 4. — С. 91—98.
4. Квасниця В.М., Квасниця І.В., Косовський Я.О., Бондаренко І.М. Самородне срібло з вендувських вулканітів Волині // Там само. — 2004. — 26, № 4. — С. 10—18.
5. Квасниця В.Н., Кузнецов Ю.А. Кристалломорфология золота из Нагольного кряжа (Донбас) // Вопросы региональной и генетической минералогии. — Київ : Наук. думка, 1977. — С. 63—67.
6. Квасниця В.Н., Кузнецов Ю.А., Латыш И.К. Кристалломорфология самородного золота из некоторых рудных районов України // Изв. АН СССР. Сер. геол. — 1978. — № 8. — С. 73—79.
7. Квасниця В.Н., Маметов В.М., Лазаренко Э.А. Кристалломорфология золота из Закарпатья (Береговский район) // Материалы Комиссии минералогии и геохимии КБГА. — Київ : Наук. думка, 1977. — № 3. — С. 71—78.
8. Квасниця І. Двійникові зростки кристалів самородної міді з рудопроявів України // Мінерал. зб. Львів. ун.-ту. — 2004. — № 54, вип. 2. — С. 143—149.
9. Квасниця І.В. Кристалогенезис самородної міді України : Автореф. дис. ... канд. геол. наук. — К., 2006. — 21 с.
10. Квасниця І.В., Павлишин В.І., Косовський Я.О. Самородна мідь України. Геологічна позиція, мінералогія і кристалогенезис. — К. : Логос, 2009. — 170 с.
11. Кравченко Г.Л., Квасниця В.Н., Бондаренко С.Н., Бондаренко І.Н. Морфология и состав самородного золота Западного Приазовья // Минерал. журн. — 1995. — 17, № 6. — С. 25—39.
12. Кроучук В.М. Кристалломорфология и генетические особенности мінералов карбонатитов Приазовья : Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук / АН УССР. Ин-т геохимии и физики мінералов. — Київ, 1982. — 16 с.
13. Кущев В.В. Морфология и генезис кристаллов кварца из полостей свободного роста камерных пегматитов Волыни : Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук / АН УССР. Ин-т геохимии и физики мінералов. — Київ, 1974. — 26 с.
14. Лазаренко Е.К., Гершойд Ю.Г., Бучинская Н.И. и др. Минералогия Криворожского бассейна. — Київ : Наук. думка, 1977. — 542 с.
15. Лазаренко Е.К., Лавриненко Л.Ф., Бучинская Н.И. и др. Минералогия Приазовья. — Київ : Наук. думка, 1981. — 432 с.
16. Лазаренко Е.К., Павлишин В.И., Латыш В.Т., Сорокин Ю.Г. Минералогия и генезис камерных пегматитов Волыни. — Львов : Вища шк., 1973. — 360 с.
17. Лазаренко Е.К., Панов Б.С., Павлишин В.И. Минералогия Донецкого бассейна. — Київ : Наук. думка, 1975. — Ч. 2. — 502 с.
18. Матковський О., Павлишин В., Сливко Є. Основи мінералогії України. — Львів : Вид-во Львів. нац. ун.-ту, 2009. — 856 с.
19. Мінерали України : Крат. справ. / Гл. ред. Н.П. Щербак. — Київ : Наук. думка, 1990. — 408 с.
20. Петровская Н.В. Самородное золото. — М. : Наука, 1973. — 347 с.
21. Хонигман Б. Рост и форма кристаллов. — М. : Изд-во иностр. лит., 1961. — 210 с.
22. Goldschmidt V. Atlas der Krystallformen : Eisen, band 3, 1916, tafel 82, text 85; Gold, band 4, 1918, tafel 46—54, text 75—80; Kupfer, band 5, 1918, tafel 32—37, text 57—62; Silber, band 8, 1922, tafel 25—29, text 38—41.

Надійшла 02.08.2012

B.H. Kvasnitsa, I.V. Kvasnitsa

ОЧЕРК ПО МИНЕРАЛОГИЧЕСКОЙ
КРИСТАЛЛОГРАФИИ САМОРОДНЫХ
МЕТАЛЛОВ УКРАИНЫ

Обобщены результаты многолетних исследований кристалломорфологии самородных золота, меди, серебра и железа из месторождений и рудопроявлений Украины. Приведены данные о простых формах кристаллов, их габитусах и обликах, их простых и сложных двойниках, автоэпигаксии, скелетных и антискелетных образованиях, о распространении многогранников этих минералов в рудных комплексах Украины. Проанализирована зависимость появления граней тех или иных форм на кристаллах от структурных особенностей минералов. Установлена тенденция зависимости кристалломорфологии самородных золота и меди от глубины рудообразования. Наиболее распространенные и габитусные на кристаллах самородных золота, меди, серебра и железа структурно важные формы, такие как {111}, {100} и {110}. Прочие установленные формы ({311}, {322}, {210}, {320}, {520}, {740}, {750} и др.) на кристаллах самородных золота и меди — второстепенные и распространены мало. Кристаллам самородных золота и меди свойственно простое и циклическое двойникование по (111). Для самородной меди характерны циклические двойники различных простых форм ({111}, {100}, {110}, {hk0}). Особенно распространены двойники и пятерники. Для самородных золота и меди заметно изменение огранки кристаллов в зависимости от глубины образования и пересыщения растворов. При росте кристаллов золота на большей глубине упрощается их огранка, а кристаллов меди — усложняется. Кристаллизация этих минералов из пересыщенных растворов приводит к появлению их дендритных форм.

V.M. Kvasnytsya, I.V. Kvasnytsya

SYNOPSIS OF MINERALOGICAL
CRYSTALLOGRAPHY OF THE NATIVE
METALS OF UKRAINE

Results of crystallomorphology research of native gold, copper, silver and iron from ore occurrences and deposits of the Ukraine have been summarized. The data on simple forms of crystals, their habit and shape, their simple and complex twins, autoepitaxy, skeleton and antiskelton forms and the polyhedron distribution of these minerals in the ore complex of Ukraine are discussed. The dependence of the appearance of various simple forms from the structural features of minerals is examined. The tendency of dependency of native gold and copper crystallomorphology on the depths of ore formation is established. The most common and habit forms on polyhedrons of native gold, copper, silver and iron are important structural forms, such as {111}, {100} and {110}. Other established forms ({311}, {322}, {210}, {320}, {520}, {740}, {750} and others) on native crystals of gold and copper are secondary and rare developments. The crystals of native gold and copper tend to simple and cyclic twinning on (111). The cyclic twins of different simple forms ({111}, {100}, {110}, {hk0}) are typical of native copper. Twins of two and five crystals are especially common. For native gold and copper there is a tendency to the change in the crystal cut depending on the depth of formation and supersaturation of solutions. With the growth of gold crystals at greater depths their cut is simplified, and crystallization of native gold and native copper from the supersaturated solutions leads to the appearance of their dendritic forms.

УДК 523.681

В.П. Семененко, А.Л. Гіріч, Н.В. Кичань, К.О. Шкуренко

ДУ "Інститут геохімії навколошнього середовища НАН України"

03680, м. Київ-142, Україна, пр. Акад. Палладіна, 34а

E-mail: cosmin@i.ua

ОСОБЛИВОСТІ МІНЕРАЛОГІЇ ТА ПОХОДЖЕННЯ ВУГЛИСТОГО КСЕНОЛІТУ AL1 У ХОНДРИТІ ALLENDE (CV3)

Наведено результати структурно-мінералогічних та хімічних досліджень тонкозернистого силікатного ксеноліту *AL1* у хондриті *Allende* (CV3). За валовим хімічним складом і співвідношенням SiO_2/MgO ксеноліт належить до вуглистих хондритів. Основною мінералого-хімічною особливістю ксеноліту порівняно з хондритом в цілому, його матрицею та темними літичними включеннями є збіднення на високотемпературні мінерали, метал і сульфіди, а, відповідно, Ca, Ti, Al, S i Ni у валовому хімічному складі. Допускається належність ксеноліту до проторечовини хондр і матриці метеорита. Наявність високопористих тонкозернистих ксенолітів у хондритах є ще одним доказом існування в поясі астероїдів крихких об'єктів, фізичні властивості яких не дозволяють їм самостійно проникнути через атмосферу і досягти поверхні Землі у вигляді метеоритів.

Вступ. Пошук та вивчення в метеоритах чужорідних літичних об'єктів, тобто ксенолітів, є пріоритетним напрямком сучасної мінералогії та космохімії. Саме дослідження таких об'єктів дозволяє отримати відомості про нові типи і різновиди космічної речовини, а, відповідно, і про допланетні фізико-хімічні умови їх формування. Ксеноліти присутні переважно в кам'яних метеоритах, а саме у вуглистих і нерівноважних звичайних хондритах, або в поліміктових брекчіях. Одним із найбільш відомих метеоритів, що вміщують ксеноліти, є український хондрит Кримка. Завдяки детальним дослідженням у ньому вперше були знайдені ксеноліти, які класифікуються як нові різновиди космічної речовини [2, 15, 16].

У даній роботі ми представляємо результати структурно-мінералогічних досліджень сірого тонкозернистого силікатного ксеноліту *AL1*, знайденого нами у хондриті *Allende*. На відміну від інших метеоритів, цей хондрит є одним із найбільш вивчених завдяки своїй масі (більше 2 т) [6] і належності до науково цінних зразків — вуглистих хондритів. Попередні дослідження метеорита [3, 6, 10] свідчать про наявність у ньому високотемпературних кон-

денсатів [13], тобто збагачених на Ca, Al і Ti мінералів, фремдлінгів, досонячних зерен мінералів [9] і органічної речовини [8]. У метеориті також були діагностовані темні тонкозернисті ксеноліти, які ще називають включеннями або фрагментами. Всі вони за хімічним складом подібні до основної частини хондриту *Allende*, але відмінні за структурою [5–7, 11, 14], що дозволило класифікувати метеорит як геноміктову брекчію [3].

Об'єкти та методи досліджень. Сірий силікатний ксеноліт *AL1* розміром $1,2 \times 0,8$ см був знайдений на темно-сірому сколі фрагментованого індивідуального зразка вагою близько 200 г, який зберігається у робочій колекції Комітету по метеоритах НАН України. З ксеноліту були відіbrane невеликі уламки для електронно-мікроскопічного дослідження поверхні їх злому, а з фрагмента метеорита *Allende*, який вміщує ксеноліт, виготовлено полірований шліф.

Структурно-мінералогічні дослідження проведено за допомогою оптичного мікроскопа марки ПОЛАМ Р-312, а також сканувальних електронних мікроскопів марки *JSM-6490LV* та *JSM-6060LA* фірми *Jeol*, перший з яких обладнаний енергодисперсійним спектрометром (*EDS*) *INCA Penta FETx3*. Хімічний склад зерен мінералів ксеноліту визначенено на мікро-

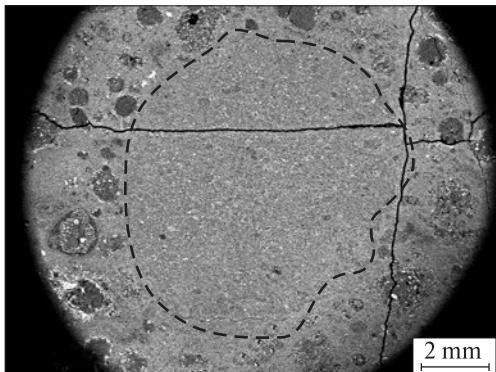


Рис. 1. Сканувальне електронно-мікроскопічне (СЕМ) зображення ксеноліту *AL1* у полірованому шліфі хондрити *Allende*. Чітко видно відмінність будови ксеноліту від метеорита, що його вміщує. Пунктиром показано граници ксеноліту

Fig. 1. Scanning electron microscope (SEM) image of the xenolith AL1 in a polished section of the Allende chondrite. The textural distinctions of the xenolith and the meteorite host are clearly visible. Xenolith boundaries are shown by dotted lines

аналізаторі марки *JXA-8200* фірми *Jeol* в Технічному центрі НАН України (сила струму 10 нА, прискорювальна напруга 15 кВ, діаметр зонда 2 мкм, із використанням *ZAF* поправок). Електронно-мікроскопічне дослідження тонкозернистої речовини ксеноліту проводили без напилення, а рентгеноспектральне — з вуглецевим напиленням полірованого шліфа. У зв'язку з високою пористістю силікатних зерен, особливо Ca-піроксену і андрадиту, прецизійні дані щодо їх хімічного складу досягти обмежені. Так, вміст фаялітового компо-

нента в олівіні хондр визначено лише для одного зерна. Валовий хімічний склад ксеноліту встановлено за допомогою розфокусованого зонда (діаметр 20 мкм) як середнє з 436 вимірювань.

Будова ксеноліту *AL1*. У полірованому шліфі ксеноліт (рис. 1) має овальну форму і типову для тонкозернистої речовини хондритів одноріду пористу будову (рис. 2, *a, b*) і, відповідно до розмірів зерен, складається із трьох головних компонентів: нанорозмірних (≤ 1 мкм), тонкозернистих (≤ 5), які домінують, а також другорядних великих зерен (≥ 5) силікатів (рис. 3, *a, b*) і метал-сульфідних агрегатів (рис. 4). Серед тонкозернистої речовини відмічені поодинокі погано видимі силікатні хонди розміром ≤ 500 мкм та амебоподібні зерна Ca-багатого піроксену, рідше — олівіну (≥ 50 мкм). Хонди мають округлу форму, кристалічну або мікропорфірову будову, інколи оточені тоненькою оболонкою із субмікронних метал-сульфідних зерен. Переважна більшість метал-сульфідних асоціацій представлена видовженими агрегатами субмікронних зерен (рис. 4) і характеризується субпаралельним розташуванням у тонкозернистій речовині ксеноліту. Ксеноліт має грубозернисту оболонку шириною близько 50 мкм, складену округлими та видовженими зернами Ca-багатого піроксену і андрадиту. Перший з них розташований переважно на внутрішній стороні оболонки, а другий — на зовнішній. Ксеноліт (рис. 2, *a, b*), а також більшість його зерен (рис. 3, *b; 5, 6*) характеризуються наявністю великої кількості пор і порожнин.

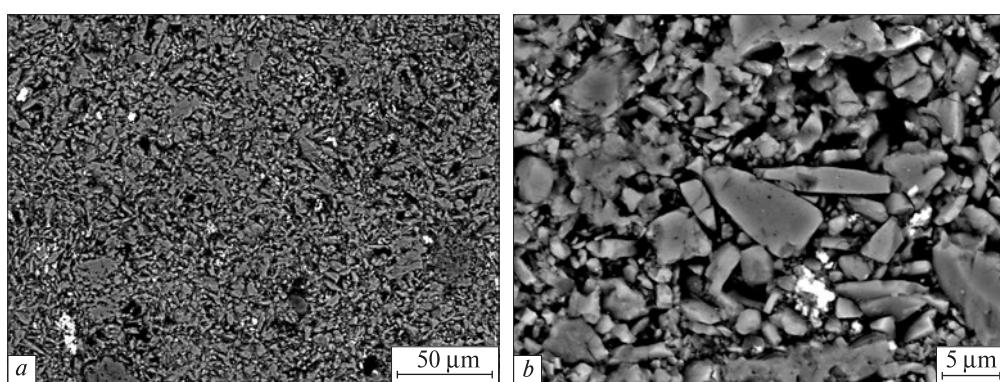


Рис. 2. СЕМ зображення однорідної пористої будови силікатного ксеноліту *AL1*: *a* — за невеликого збільшення. Тонкозерниста речовина ксеноліту вміщує окремі великі зерна силікатів. Сіре — олівін, Ca-піроксен, світло-сіре — пентландит, біле — аваруїт, чорне — пори; *b* — за великого збільшення. Біле — пентландит, сіре — видовжені кристали олівіну і ксеноморфні зерна Ca-піроксену, чорне — пори

Fig. 2. SEM images of the uniform porous texture of the silicate xenolith AL1: *a* — under moderate magnification. Fine-grained xenolith material contains individual coarse grains of silicates. Olivine and Ca-pyroxene are gray, pentlandite is light gray, avaruite is white, cavities are black; *b* — under high magnification. Pentlandite is white, elongate olivine crystals and xenomorphic Ca-pyroxene grains are gray, cavities are black

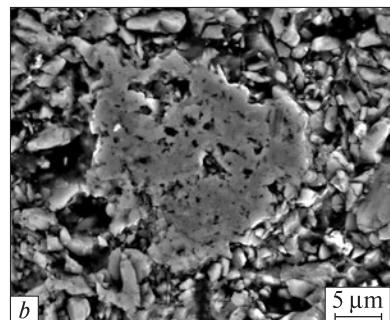
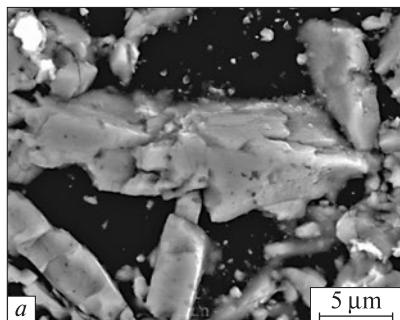


Рис. 3. СЕМ зображення великих силікатних зерен у тонкозернистому ксеноліті: а — недосконалій кристал олівіну (Fa_{30}) в порожнині, біле — аваруїт; б — пористе зерно Са-піроксену

Fig. 3. SEM images of the coarse silicate grains within the fine-grained xenolith: a — imperfect olivine (Fa_{30}) crystal within a cavity, avaruite is white; b — porous Ca-pyroxene grain

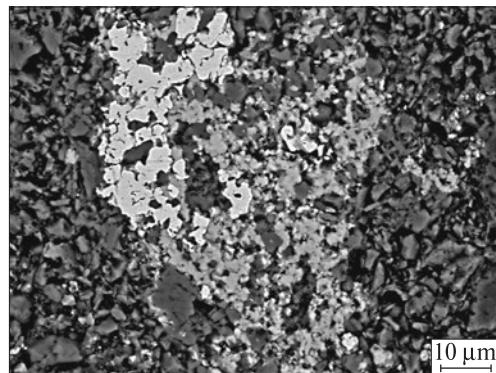


Рис. 4. СЕМ зображення агломерату тонких зерен аваруїту (біле) і пентландиту (світло-сіре) в силікатному ксеноліті

Fig. 4. SEM image of the agglomerate of fine avaruite (white) and pentlandite (light gray) grains within the silicate xenolith

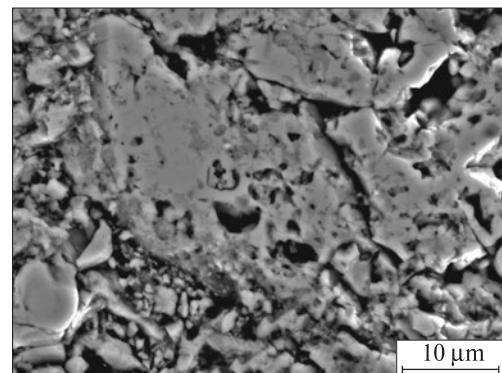


Рис. 6. СЕМ зображення великого пористого зерна андрадіту, розташованого на контакті протохондри з тонкозернистою речовою ксеноліті

Fig. 6. SEM image of a coarse porous andradite grain located on the boundary of a protochondrule with a fine-grained xenolith material

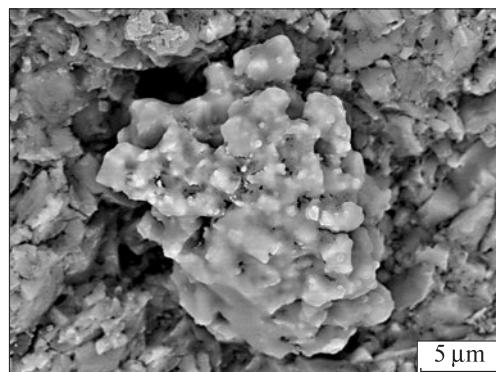


Рис. 5. СЕМ зображення акреційного пористого агрегату нанометрових зерен пентландиту на поверхні злому ксеноліту AL1

Fig. 5. SEM image of an accretionary porous aggregate of pentlandite nanometric grains on a broken surface of the xenolith AL1

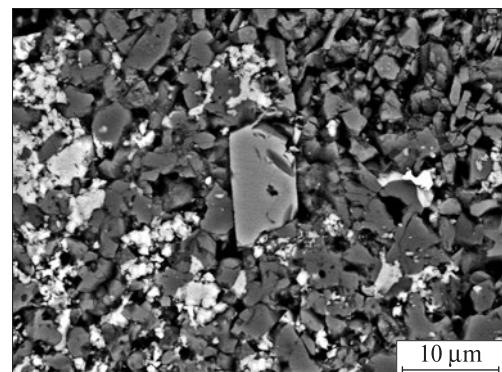


Рис. 7. СЕМ зображення кристала хроміту (мас. %: Cr_2O_3 – 58,2; FeO – 33,3; Al_2O_3 – 3,85; MgO – 1,51; V_2O_5 – 0,77; TiO_2 – 0,58 (in the center of photo)). Сірі — силікати, світло-сіре — пентландит, біле — аваруїт

Fig. 7. SEM image of the chromite crystal (in wt. %: Cr_2O_3 – 58,2; FeO – 33,3; Al_2O_3 – 3,85; MgO – 1,51; V_2O_5 – 0,77; TiO_2 – 0,58 (in the center of photo)). Silicates are gray, pentlandite is light gray, avaruite is white

Особливості будови ксеноліту в полірованому шліфі підтверджуються результатами досліджень його будови на поверхні сколу. Згідно з ними ксеноліт складається переважно із мікронних силікатних зерен, пористих агрегатів округлих і неправильних за формою субмі-

кронних зерен, а також окремих великих зерен і кристалів призматичного або таблитчастого габітусу. Важливою морфологічною ознакою пористих агрегатів є акреційна будова,

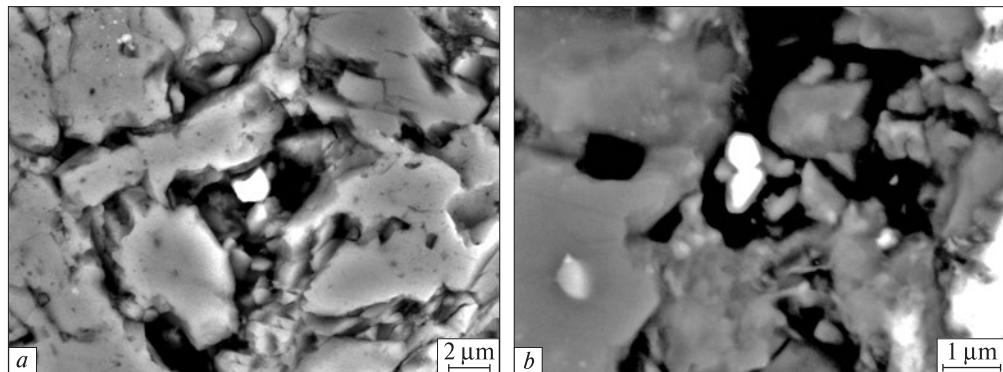


Рис. 8. СЕМ зображення кристала (а) та зростка субмікронних кристалів (б) аваруїту (біле), розташованих у порожнинах ксеноліту. Світло-сіре і сіре — силікати, чорне — порожнини

Fig. 8. SEM images of the avarite (white) crystal (a) and joint submicrometer crystals (b) disposed within the xenolith cavities. Silicates are gray and light gray, cavities are black

яка утворилась внаслідок злипання субмікронних і нанометрових зерен.

Після трирічного зберігання полірованого шліфа в лабораторних умовах на його поверхні вирости численні голчасті кристали гетиту. Особливо активний ріст відбувся в ксеноліті, а також в тонкозернистій матриці хондриту, що свідчить про високу поверхневу активність саме мікро- і нанометрових зерен в агресивному земному середовищі.

Мінеральний склад ксеноліту AL1 в порівнянні з хондритом *Allende* досить обмежений і

представлений в основному силікатами з чітким домінуванням олівіну над Ca-піроксеном, другорядними нікелистим залізом (аваруїтом) і пентландитом. Як акцесорні мінерали виявлені хроміт, первовськіт, ільменіт, андрадит, нефелін, а в одній із хондр — апатит. На відміну від окремих кристалів олівіну, хроміту (рис. 7) і аваруїту (рис. 8, а, б), всі зерна мінералів мають неправильну або округлу форму. Найбільша ступінь ксеноморфізму характерна для зерен Ca-піроксену, андрадиту, аваруїту та пентландиту. Електронно-мікроскопічне досліджен-

Таблиця 1. Хімічний склад силікатів у ксеноліті AL1 вуглистої хондриту *Allende*, мас. %

Table 1. Chemical composition of silicates within the xenolith AL1 of the Allende carbonaceous chondrite, wt. %

Компонент	Олівін		Са-багатий піроксен		Нефелін	
	min-max (37)	середнє	min-max (8)	середнє	min-max (2)	середнє
SiO ₂	35,6—42,8	40,0	49,6—55,4	53,0	46,7—48,6	47,7
TiO ₂	H. в.—0,09	0,02	0,15—0,67	0,31	0,02—0,03	0,02
Al ₂ O ₃	H. в.—0,38	0,08	1,69—7,19	3,34	34,9—35,4	35,1
Cr ₂ O ₃	H. в.—0,25	0,06	0,05—1,51	0,65	0,01—0,09	0,05
MgO	27,5—55,1	45,1	15,7—23,9	19,9	0,17—0,19	0,18
FeO	0,43—34,7	13,7	0,81—3,88	2,13	1,20—1,49	1,34
MnO	H. в.—0,37	0,12	0,02—1,42	0,44	H. в.—0,02	0,01
CaO	H. в.—0,54	0,16	16,0—23,8	18,9	0,70—0,82	0,76
Na ₂ O	H. в.—0,09	0,01	H. в.—0,09	0,03	13,3—15,2	14,2
K ₂ O	H. в.—0,02	H. в.	H. в.—0,02	H. в.	0,59—0,78	0,68
P ₂ O ₅	H. в.—0,08	0,01	H. в.—0,03	0,01	0,01—0,05	0,03
Сума		99,2		98,7		100,1
Fa	0,44—41,5	14,9				
Fo	58,5—99,6	85,1				
Fs			1,26—6,94	3,51		
En			48,3—66,1	57,1		
Wo			31,8—49,2	39,4		

П р и м і т к а . У дужках вказана кількість аналізів; Н. в. — не визначено.

N o t e . The number of analyses is in brackets; H. v. is not determined.

ня поверхні сколу ксеноліту показало, що ксеноморфізм і висока пористість пентландит-аваруйтових асоціацій зумовлені їх акреційною будовою (рис. 5). Водночас необхідно зазначити, що поодинокі кристали аваруїту або їх зростки виявлені лише в порожнинах ксеноліту (рис. 8, a, b).

За даними мікрозондових досліджень, хімічний склад всіх мінералів змінюється від зерна до зерна, а також у межах зерен, що типово для мінералів, які вміщують нанорозмірні включення. Олівін характеризується варіацією вмісту фаялітового компонента (Fa) від майже чистого форстериту до олівіну з 41,5 мол. % Fa (рис. 9; табл. 1). Середній склад зерен у тонкозернистій речовині ксеноліту відповідає $Fa_{14,9}$, тобто свідчить про домінування високотемпературного олівіну. Склад одного із зерен олівіну у хондрі відповідає $Fa_{18,9}$. Піроксен представлений лише Ca-збагаченими високотемпературними різновидами (табл. 1) і характеризується більш високим вмістом En і меншим Wo в ксеноліті ($Fs_{1,26-6,94}En_{48,3-66,1} \times Wo_{31,8-49,2}$), ніж в оболонці ($Fs_{8,84-28,2} \times En_{16,5-42,9}Wo_{42,4-55,3}$). В одному випадку діагностовано Ca-піроксен ($Fs_{17}En_{36}Wo_{47}$), який оточує порожнину розміром 200×80 мкм і вміщує мікронні кубічні кристали перовськіту, хімічний склад яких, згідно з енергодисперсійними дослідженнями, відповідає, мас. %: $TiO_2 - 52,6$; $CaO - 31,5$; $FeO - 7,52$; $SiO_2 - 4,46$; $MgO - 2,07$; $Al_2O_3 - 1,02$; $SO_3 - 0,39$; $CoO - 0,39$. Враховуючи, що розмір включень перовськіту становить ≤ 3 мкм, наявність в ньому Fe, Si, Mg, Al, S і Co зумовлена переважно аналітичним забрудненням Ca-піроксеном. Андрадит є одним із головних мінералів оболонки і акцесорним — ксеноліту, де він виявлений на контакті тонкозернистої речовини зprotoхондрою (рис. 6). Через високу пористість зерен андрадиту прецизійний аналіз отримано лише для одного зерна, розміщеного в оболонці ксеноліту, мас. %: $SiO_2 - 35,6$; $CaO - 32,3$; $Fe_2O_3 - 30,0$; $TiO_2 - 0,06$; $Al_2O_3 - 0,05$; $MgO - 0,04$; сума — 98.

Аваруйт має змінний склад (табл. 2) і характеризується тенденцією до зворотної кореляції вмісту Ni і Co (рис. 10). Наявність в складі S, Ca і Si зумовлена аналітичним забрудненням навколошніми мінералами. В більшості випадків метал асоціює з пентландитом (табл. 2), вміст Co в якому також зменшується зі збільшенням вмісту Ni (рис. 11). На відміну

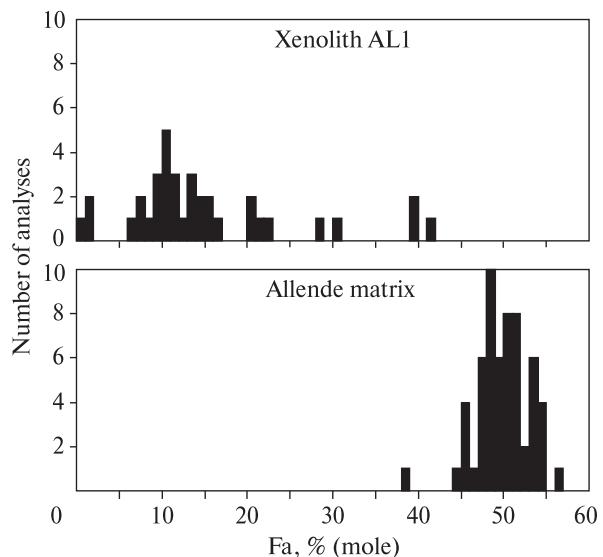


Рис. 9. Гістограма вмісту фаялітового компонента (мол. %) в олівіні ксеноліту AL1 та матриці хондриту Allende

Fig. 9. Histogram of olivine composition (mole percent Fa) within the xenolith AL1 and a matrix of the Allende chondrite

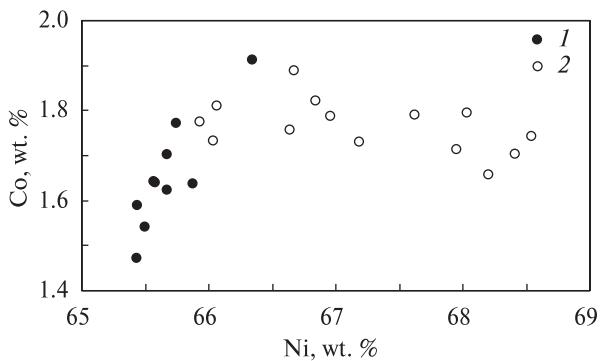


Рис. 10. Вміст Ni і Co (в мас. %) в аваруйті ксеноліту AL1 (2) та матриці хондриту Allende (1)

Fig. 10. Content of Ni and Co (wt. %) in avarite within the xenolith AL1 (2) and a matrix of the Allende chondrite (1)

від основної частини хондриту Allende, у ксеноліті не було знайдено троїліту.

Нефелін асоціює з олівіном і трапляється досить рідко. Через пористість і дрібні розміри прецизійні аналізи було отримано тільки для двох зерен (табл. 1). Акцесорні зерна хроміту (рис. 7) та ільменіту діагностовано в силікатній речовині ксеноліту, а апатиту — в хондрі. Мікронні розміри зерен ільменіту і апатиту не дозволили коректно визначити їх хімічний склад.

Валовий хімічний склад ксеноліту AL1 характеризується систематично низькою аналітичною сумою, що є типовим для тонкозер-

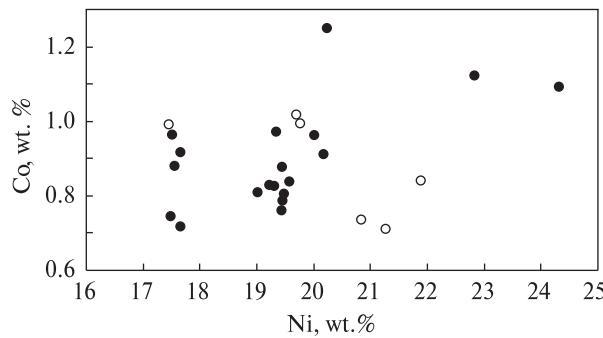


Рис. 11. Вміст Ni і Co (в мас. %) у пентландіті ксеноліту AL1 та матриці хондриту Allende. Умовні позначення див. на рис. 10

Fig. 11. Content of Ni and Co (wt. %) in pentlandite within the xenolith AL1 and a matrix of the Allende chondrite. Legend see on the Fig. 10

нистої пористої речовини примітивних хондритів, низьким вмістом S, Ni, а також відносно низьким значенням співвідношення FeO/(FeO + MgO) (табл. 3). Високий стандарт відхилення від середніх значень для Mg, Al, Ca, Fe і Si вказує на хімічну і мінералогічну неоднорідність ксеноліту на рівні 20 мкм електронного зонда. За співвідношенням SiO₂/MgO (1,37) ксеноліт відповідає вуглистим хондритам ($1,42 \pm 0,05$) [17].

Прикмети ударного метаморфізму в ксеноліті на макроскопічному рівні представлені субпаралельним розташуванням метал-сульфідних

Таблиця 2. Хімічний склад нікелестого заліза і сульфіду в ксеноліті AL1 вуглистої хондриту Allende, мас. %
Table 2. Chemical composition of nickel-iron and sulphide within the xenolith AL1 of the Allende carbonaceous chondrite, wt. %

Компонент	Аваруїт		Пентландит	
	min-max (14)	середнє	min-max (6)	середнє
Fe	29,8–31,1	30,5	43,1–46,5	44,2
Ni	65,9–68,6	67,2	17,5–21,9	20,2
Co	1,66–1,89	1,76	0,71–1,02	0,88
Cu	H. в.–0,13	0,04	0,01–0,17	0,08
Cr	0,02–0,14	0,06	0,02–0,16	0,06
S	H. в.–0,08	0,03	33,8–35,1	34,3
P	H. в.–0,02	H. в.	H. в.–0,03	0,01
Si	H. в.–0,04	0,03	0,02–0,05	0,03
Ca	H. в.–0,13	0,03	H. в.–0,11	0,04
Сума		99,7		99,8

П р и м і т к а. У дужках вказано кількість аналізів; H. в. — не визначено.

N o t e. The number of analyses is in brackets; H. v. is not determined.

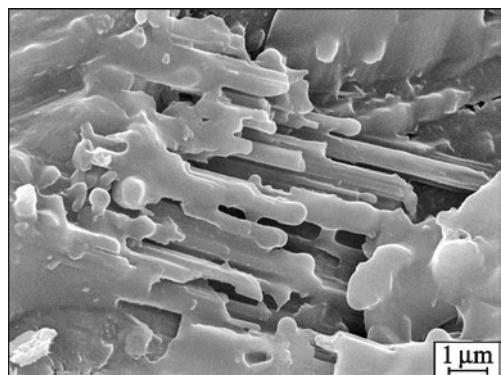


Рис. 12. СЕМ зображення ниткоподібних кристалів Са-піроксену в одній із порожнин, стінки якої покриті силікатним склом

Fig. 12. SEM image of the Ca-pyroxene fibrous crystals within a cavity with walls covered by silicate glass

агрегатів. Інші структури ударного метаморфізму діагностуються лише на електронномікроскопічному рівні. Вони представлені головним чином скульптурами деформації та плавлення. Як показало електронно-мікроскопічне дослідження поверхні сколка ксеноліту, окрім ділянки аморфізовані, тобто вкриті тонким шаром силікатного скла. На призматичних гранях великих кристалів олівіну і Са-піроксену відмічені деформації зсуву за спайністю мінералів, а на поверхні зерен — поодинокі високотемпературні бризки розплаву, нанорозмірні пори та включення. Наявність у порожнінах ксеноліту субмікронних ниткоподібних кристалів Са-піроксену (рис. 12), а також кристалів аваруїту (рис. 8, a, b) пов’язана з їх ростом, найімовірніше, внаслідок ударного метаморфізму в постагломераційний період еволюції материнського тіла хондриту Allende.

Природа ксеноліту AL1. Від основної частини хондриту Allende [3, 6, 10, 14] ксеноліт AL1 відрізняється наступними характеристиками: 1) сірим кольором; 2) однорідною тонкозернистою будовою; 3) низьким вмістом хондр і меншими їх розмірами; 4) меншим різноманіттям мінералів, а саме відсутністю троїліту й агрегатів Ca, Al-збагачених мінералів, що зумовило помітне збіднення його на тугоплавкі елементи — Ca, Ti, Al, меншим вмістом нікелестого заліза та пентландиту, а, відповідно, Ni і S у валовому хімічному складі (табл. 3); 5) більш активним земним вивітрюванням, яке зумовлено нанометровими розмірами більшості зерен, що його складають, і підвищеною пористістю.

До матриці хондриту *Allende* вивчений ксеноліт подібний за структурою, але частково відмінний за мінеральним і хімічним складом [3, 6, 12]. Збіднення ксеноліту на метал і сульфіди, а також обмежена кількість високотемпературних мінералів зумовили нижчі значення концентрації S, Ca, Ti, Cr і злегка Al та Ni (табл. 3). На відміну від матриці ксеноліт характеризується більшою хімічною неоднорідністю олівіну й аваруїту, що вказує на нижчу ступінь метаморфізму. Середній хімічний склад мінералів також інший. Так, нижчий вміст Fa в олівіні ксеноліту (рис. 9) зумовлений нижчим ступенем окиснення силікатів (найімовірніше, ще в доагломераційний період), а в аваруїті (рис. 10) — значним виносом Fe внаслідок вивітрювання на Землі, що підтверджується також відсутністю прямої кореляції Co/Ni в металі. Нижче значення FeO/(FeO + MgO) (табл. 3) підтверджує, що речовина ксеноліту є менш окисненою, ніж матриця хондриту. Будова і мінеральний склад грубозернистої силікатної оболонки свідчать про те, що вона також утворилася ще в доагломераційний період. Часткове окиснення

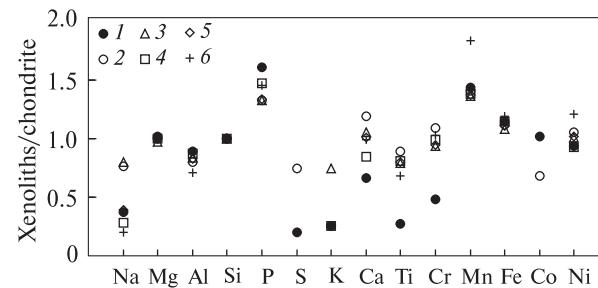


Рис. 13. Розповсюдженість основних елементів у ксенолітах хондриту *Allende*, нормалізована до Si та валового хімічного складу [10] хондриту. Ксеноліти: 1 — AL1, 2 — DI [6], 3 — 4294 [11], 4 — 4301 [11], 5 — 4320 [11], 6 — 4314 [11]

Fig. 13. Abundances of main elements within the Allende chondrite xenoliths normalised to Si and to chondrite [10] bulk composition. Xenoliths: 1 — AL1, 2 — DI [6], 3 — 4294 [11], 4 — 4301 [11], 5 — 4320 [11], 6 — 4314 [11]

Са-багатого піроксену в андрадит [7] могло відбуватись як під час агломерації в більш окиснювальних умовах, так і після агломерації в материнському тілі внаслідок реакції з мінералами матриці метеорита *Allende*. Різне значення SiO_2/MgO у валовому хімічному складі (1,37 і 1,55 відповідно) вказує на різні

Таблиця 3. Валовий хімічний склад (мас. %) ксеноліту AL1 та текстурних складових вуглисистого хондриту *Allende*, перерахований на 100 %

Table 3. Bulk composition (wt. %) of the xenolith AL1 and textures constituents of the Allende carbonaceous chondrite, recalculated to 100 %

Компонент	AL1 (436)	Хондрит <i>Allende</i> ¹	Матриця хондриту ²	Темні включення хондриту				
				DI ²	4294 ³	4301 ³	4320 ³	4314 ³
SiO_2	33,7	34,2	33,1	33,2	34,4	33,8	34,0	33,3
TiO_2	0,04	0,15	0,13	0,13	0,12	0,12	0,12	0,10
Al_2O_3	2,88	3,27	3,07	2,54	2,75	2,81	2,70	2,26
Cr_2O_3	0,25	0,53	0,55	0,56	0,50	0,52	0,50	0,53
MgO	24,7	24,5	21,4	23,8	24,0	24,2	24,5	23,9
FeO	34,1	30,3	34,2	32,9	33,0	34,3	33,4	35,1
MnO	0,27	0,19	0,22	0,26	0,26	0,26	0,26	0,34
CaO	1,68	2,57	2,67	2,98	2,72	2,15	2,58	2,48
Na_2O	0,17	0,46	0,44	0,34	0,37	0,13	0,18	0,09
K_2O	0,01	0,04	0,03	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01
P_2O_5	0,38	0,24	0,25	0,31	0,32	0,35	0,32	0,34
Ni	1,31	1,42	1,53	1,45	1,44	1,30	1,44	1,67
Co	0,06	0,06	0,08	0,04	—	—	—	—
S	0,42	2,09	2,40	1,52	—	—	—	—
<i>Сума</i>	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
<i>Сума аналітична</i>	81,5	100,2	100,1	100,6	97,6	96,9	98,1	95,9
$\text{FeO}/(\text{FeO} + \text{MgO})$	0,58	0,55	0,61	0,58	0,58	0,59	0,58	0,59
SiO_2/MgO	1,37	1,39	1,55	1,40	1,43	1,40	1,39	1,39

П р и м і т к а. У дужках вказана кількість аналізів; ¹ — дані [10], ² — дані [6] та ³ — дані [11], перераховані на 100 %.
N o t e. The number of analyses is in brackets; ¹ — data [10], ² — data [6] and ³ — data [11], recalculated to 100 %.

хімічні типи речовини, тобто на належність матриці до звичайних, а ксеноліту, як і метеорита в цілому, — до вуглистих хондритів.

За структурою, мінеральним і валовим хімічним складом ксеноліт *AL1* найбільш подібний до темних літичних ксенолітів хондриту *Allende* [5–7, 11, 14], частина з яких також характеризується наявністю грубозернистої піроксен-андрадитової оболонки [7]. Його мінералогічною особливістю є збіднення на високотемпературні мінерали, метали і сульфіди. Порівняння валового хімічного складу (табл. 3) і нормалізованої до загальної частини хондриту розповсюдженості елементів у ксенолітах хондриту *Allende* (рис. 13) свідчить в цілому про їх подібність, за винятком таких елементів, як Ca, Ti, Cr та S, на які ксеноліт *AL1* є помітно збідненим.

Висновки. Структурно-мінералогічні та хімічні характеристики ксеноліту *AL1* вказують на його належність до нового різновиду вуглистих ксенолітів, що виявлені в метеоритах. Тим не менше, мінералогічна і хімічна відповідність ксеноліту *AL1* хондриту *Allende* та його складом за наявності структурних відмінностей дозволяють зробити припущення щодо їх генетичного зв'язку. Не виключено, що тонкозерниста речовина ксеноліту є проторечовиною, тобто акреційним реліктом пилової компоненти протопланетної туманності, із якої внаслідок багатостадійних і поліхронних процесів фізико-хімічної трансформації утворились хондри і матриця метеорита. Як окрема текстурна складова ксеноліт виник раніше, ніж материнське тіло хондриту *Allende*. На відміну від останнього, він утворився в менш окиснювальному газо-пиловому середовищі, яке в основному було збіднене на метал-сульфідний і високотемпературний мінеральний пил, а також хондри. Ця відмінність може мати як хронологічний, так і просторовий характер. Хоча речовина хондриту *Allende* в цілому має більш складну доземну історію, її хімічна спорідненість із ксенолітом *AL1* підтверджує висновок попередніх досліджень [3] про належність метеорита до геноміктових брекчій.

Одна із характерних особливостей ксеноліту *AL1* та хондриту *Allende* в цілому зумовлена підвищеною пористістю, яка пов'язана, найімовірніше, з їх акреційною природою. Як показало проведене нами електронно-мікроскопічне дослідження сколків ксеноліту, таку ж

природу пористості мають аваруйт-пентландитові та силікатні агрегати субмікронних і нанометрових зерен. Водночас залишається загадкою природа пористості амебоподібних та ксеноморфних зерен мінералів, головним чином Ca-піроксену і андрадиту, яка може бути зумовлена специфічними умовами мінералоутворення в космосі.

Необхідно відмітити, що великий розмір ксенолітів хондриту *Allende*, їх пористість, а також підвищена крихкість є ще одним аргументом на користь нашого припущення [4] про існування в поясі астероїдів тонкозернистих силікатних об'єктів, фізичні характеристики яких не дозволяють їм проникнути через атмосферу і потрапити на Землю у вигляді окремих метеоритів. Можливо, саме з такими тілами і пов'язане Тунгуське явище, яке характеризується потужною ударною хвилею і відсутністю вагомих речовинних залишків у районі падіння. Політ і фрагментація в атмосфері Землі високопористих тонкозернистих тіл здатні спровокувати потужну ударну хвиллю і як наслідок — розсіяння на великій площині субмікронних і нанометрових силікатних зерен, які, на жаль, неможливо ні фізично, ні хімічно відокремити від їх земних аналогів. До речі, результати вивчення спектрів відбиття поверхні астероїдів [1] також вказують на існування в поясі астероїдів не лише материнських тіл метеоритів, а і невідомих раніше літичних об'єктів.

Автори щиро вдячні В.Б. Соболеву, В.М. Сливінському і Д.П. Дьоменку за технічну допомогу у проведенні мікрозондових та електронно-мікроскопічних досліджень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бельська І.М. Оптичні властивості поверхонь астероїдів, кентаврів та тіл поясу Койпера : Автореф. дис. ... д-ра фіз.-мат. наук. — К., 2007. — 30 с.
2. Гіріч А.Л., Семененко В.П., Бішоф А., Кичань Н.В. Мінералогія силікатного пористого ксеноліту в хондриті Кримка (LL3.1) // Зап. Укр. мінерал. т-ва. — 2006. — 3. — С. 41—44.
3. Додд Р.Т. Метеориты : петрология и геохимия. — М. : Мир, 1986. — 384 с.
4. Семененко В.П., Шаркін О.П., Гіріч А.Л. Високопористые фрагменты в хондрите Саратов (L4) // Геохимия. — 1992. — № 6. — С. 881—892.
5. Bischoff A., Palme H., Spettel B. et al. The chemical composition of dark inclusions from the Allende meteorite (abstract) // Lunar Planet. Sci. Conf. XIX. — 1988. — Р. 88—89.

6. Clarke R.S., Jarosewich E., Mason B. et al. The Allende, Mexico, meteorite shower // Smithsonian Contribs Earth Sci. — 1970. — No 5. — P. 1—53.
7. Fruiland R.M., King E.A., McKay D.S. Allende dark inclusions // Proc. Lunar Planet. Sci. Conf. 9th. — 1978. — P. 1305—1329.
8. Gilmour I. Structural and isotopic analysis of organic matter in carbonaceous chondrites // Treatise on Geochemistry / Eds H.D. Holland, K.K. Turekian. — Elsevier Ltd., 2004. — Vol. 1. — P. 269—290.
9. Huss G.R., Lewis R.S. Presolar diamond, SiC, and graphite in primitive chondrites : Abundances as a function of meteorite class and petrologic type // Geochim. et cosmochim. acta. — 1995. — **59**. — P. 115—160.
10. Jarosewich E., Clarke R.S., Barrows J.N. The Allende meteorite reference sample // Smithsonian Contribs Earth Sci. — 1987. — No 27. — P. 1—49.
11. Johnson C.A., Prinz M., Weisberg M.K. et al. Dark inclusions in Allende, Leoville, and Vigarano : Evidence for nebular oxidation of CV3 constituents // Geochim. et cosmochim. acta. — 1990. — **54**. — P. 819—830.
12. Krot A.N., Scott E.R. D., Zolensky M.E. Mineralogical and chemical modification of components in CV3 chondrites : Nebular or asteroidal processing? // Meteoritics. — 1995. — **30**. — P. 748—775.
13. MacPherson G.J. Calcium-Aluminum-rich inclusions in chondritic meteorites // Treatise on Geochemistry / Eds H.D. Holland, K.K. Turekian. — Elsevier Ltd., 2004. — Vol. 1. — P. 201—246.
14. McSween H.Y. Petrographic variations among carbonaceous chondrites of the Vigarano type // Geochim. et cosmochim. acta. — 1977. — **41**. — P. 1777—1790.
15. Semenenko V.P., Girich A.L., Nittler L.R. An exotic kind of cosmic material : Graphite-containing xenoliths from the Krymka (LL3.1) chondrite // Ibid. — 2004. — **68**. — P. 455—475.
16. Semenenko V.P., Jessberger E.K., Chaussidon M. et al. Carbonaceous xenoliths in the Krymka LL3.1 chondrite : Mysteries and established facts // Ibid. — 2005. — **69**. — P. 2165—2182.
17. Van Schmus W.R., Wood J.A. A chemical-petrologic classification for the chondritic meteorites // Ibid. — 1967. — **31**. — P. 745—765.

Надійшла 29.05.2012

В.П. Семененко, А.Л. Гирич,
Н.В. Кичань, К.А. Шкуренко

ОСОБЕННОСТИ МІНЕРАЛОГІЇ И ПРОІСХОДЖЕННЯ УГЛИСТОГО КСЕНОЛІТА AL1 В ХОНДРІТІ ALLENDE (CV3)

Приведены результаты структурно-минералогических и химических исследований тонкозернистого силикатного ксенолита AL1 хондрита *Allende* (CV3). По валовому химическому составу и отношению SiO_2/MgO ксенолит принадлежит к углистым хондритам. Основной минералово-химической особенностью ксенолита по сравнению с хондритом в целом, его матрицей и темными литическими включениями является обеднение высокотемпературными минералами, металлом и сульфидами, а, соответственно, Ca, Ti, Al,

S и Ni в валовом химическом составе. Допускается принадлежность ксенолита к протовеществу хондр и матрицы метеорита. Наличие высокопористых тонкозернистых ксенолитов в хондриатах — это еще одно доказательство существования в поясе астероидов хрупких объектов, физические свойства которых не позволяют им самостоятельно проникнуть через атмосферу и достичь поверхности Земли в виде метеоритов.

V.P. Semenenko, A.L. Girich,
N.V. Kychan, K.O. Shkurenko

THE FEATURES OF MINERALOGY AND ORIGIN OF THE CARBONACEOUS XENOLITH AL1 IN THE ALLENDE (CV3) CHONDRITE

The results of structural, mineralogical and chemical studies of the fine-grained silicate xenolith AL1 of the Allende (CV3) chondrite are given. The xenolith is gray in a colour and consists of three main components, which differ in a grain size: major nanometric, fine, and minor coarse grains of silicates and metal-sulphide aggregates. Rare chondrules and large amoeboid porous silicate grains are present. The xenolith is characterized by a distinct lineation of opaque phases and is surrounded by a coarse-grained silicate rim. The major minerals are olivine ($\text{Fa}_{0.5—41.5}$, mean $\text{Fa}_{14.9}$) and Ca-rich pyroxene ($\text{Fs}_{1.3—6.9}\text{En}_{48.3—66.1}\text{Wo}_{31.8—49.2}$, mean $\text{Fs}_{3.5}\text{En}_{57.1}\text{Wo}_{39.4}$), minor are avaruite (Ni — 65.9—68.6 wt. %, Co — 1.66—1.89), pentlandite (Ni — 17.5—21.9 wt. %, Co — 0.71—1.02). Accessory phases include nepheline, chromite, ilmenite and apatite. The rim contains Ca-rich pyroxene ($\text{Fs}_{8.84—28.2}\text{En}_{16.5—42.9}\text{Wo}_{42.4—55.3}$) and andradite, wt. %: SiO_2 — 35.6, CaO — 32.3, Fe_2O_3 — 30.0, TiO_2 — 0.06, Al_2O_3 — 0.05, MgO — 0.04, MnO — 0.02, P_2O_5 — 0.02, Cr_2O_3 — 0.01, total 98.1. A bulk chemical composition measured by electron microprobe and recalculated to 100 wt. % corresponds to, wt. %: SiO_2 — 33.7, FeO — 34.1, MgO — 24.7, Al_2O_3 — 2.88, CaO — 1.68, P_2O_5 — 0.38, MnO — 0.27, Cr_2O_3 — 0.25, Na_2O — 0.17, TiO_2 — 0.04, K_2O — 0.01, Ni — 1.31, S — 0.42, Co — 0.06; $\text{FeO}/(\text{FeO} + \text{MgO}) = 0.58$; $\text{SiO}_2/\text{MgO} = 1.37$. According to the last ratio the xenolith is classified as a carbonaceous chondrite. In general the mineralogical and chemical composition of the studied object is similar to that of other dark inclusions. At the same time the main differences between the xenolith AL1 and the bulk chondrite, its matrix and dark inclusions exist considering the remarkably lower content of high-temperature minerals, metal and sulfide, and Ca, Ti, Al, S and Ni in the bulk chemical composition accordingly. It is supposed that in contrast to the Allende parent body the xenolith AL1 was formed in a less oxidizing environment, which probably was depleted in metals, sulphides, high temperature minerals and chondrules. The distinctions could have both a chronological and spatial character. Belonging of the xenolith material to a precursor of chondrules and a matrix of the meteorite is not excluded. The presence of high porous fine-grained xenoliths in chondrites is an additional evidence to the existence in the asteroid belt of fragile objects with physical properties, which do not allow them to penetrate through an atmosphere and reach the Earth as meteorites.

УДК 548.5 : 54-44

Д.К. Возняк, В.М. Бельський, С.С. Остапенко

Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення
ім. М.П. Семененка НАН України
03680, м. Київ-142, Україна, пр. Акад. Палладіна, 34
E-mail: voznyak@igmof.gov.ua

ІНДИКАТОРНЕ ЗНАЧЕННЯ ВТОРИННИХ ФЛЮЇДНИХ ВКЛЮЧЕНЬ З ПРОМІЖНОЮ МІНЕРАЛЬНОЮ ФАЗОЮ У КВАРЦІ

У кварці Майського родовища золота (Голованівська шовна зона), апоскарнового кварциту сподумен-петалітового родовища Надія (Кіровоградський мегаблок Українського щита), U-Th-REE-родовища Діброва (Приазовський мегаблок Українського щита) вперше встановлені включення незвичного вигляду. Ці геологічні об'єкти мають спільну рису — в їх формуванні брали участь високотермобаричні потоки CO_2 -флюїду. Незвичні включення мають характерну будову: їхні вершини завжди вкриті тонкою пластинкою самородного золота, самородного бісмуту або піротину (одна знахідка). Оскільки зазначені фази розташовані між кварцом і основним вмістом включення, вони названі проміжною фазою. Форма і розміри поперечного перерізу включень відповідають формі і розмірам проміжної фази. Ця особливість будови включень вказує на те, що розплав проникає у включення лише завдяки проміжній фазі. Formування включень з проміжною фазою відбувається внаслідок виникнення кварцового розплаву за екстремальних значень PT -параметрів на контакті кварцу з проміжною фазою. Розплав витісняється у кварц, ущільнюючи його. Імовірно, існує якесь значення тиску, нижче від якого витискування кварцевого розплаву у мінерал стає неможливим. Об'єм кварцу, що у вигляді кварцевого розплаву був витрачений на ущільнення кварцу, дорівнює об'єму включения. Такий спосіб утворення включень виявлено вперше. Включения, що утворилися за допомогою проміжної фази, мають індикаторне значення. Виявлення їх вказує, що геологічні об'єкти, в яких вони зафіксовані, сформувалися за участю високотермобаричних флюїдних потоків.

Передмова. Є.К. Лазаренко активно сприяв інтенсивному розвиткові в АН УРСР досліджень флюїдних включень у мінералах, зокрема, створивши відділ регіональної та генетичної мінералогії в Інституті геохімії і фізики мінералів АН УРСР (нині Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України). Дослідження включень мінералоутворюального середовища у мінералах як ефективний засіб реконструкції умов формування різних геологічних об'єктів і нині є одним із основних наукових напрямків роботи відділу. Під час дослідницьких робіт були виявлені незвичні утворення, опис механізму формування яких складає основу даного повідомлення.

Вступ. Мінералоутворюальний флюїд (газ, рідина, розплав) потрапляє до кристала у про-

цесі утворення первинних і вторинних включень [5, 6]. Первінні формуються лише в процесі росту кристала. Їх основною ознакою є те, що флюїд включения контактує з зоною або перебуває у тій зоні, у зростанні якої він брав участь. Вторинні включения утворюються її одночасно з ростом кристала і після, при цьому флюїд потрапляє до кристала по тріщинах. Такі включения мають назву ранньо- і пізньовторинні [5]. У цій статті значення інших термінів, що стосуються включень, подаються за Г.Г. Леммелейном і В.А. Калюжним [5, 6].

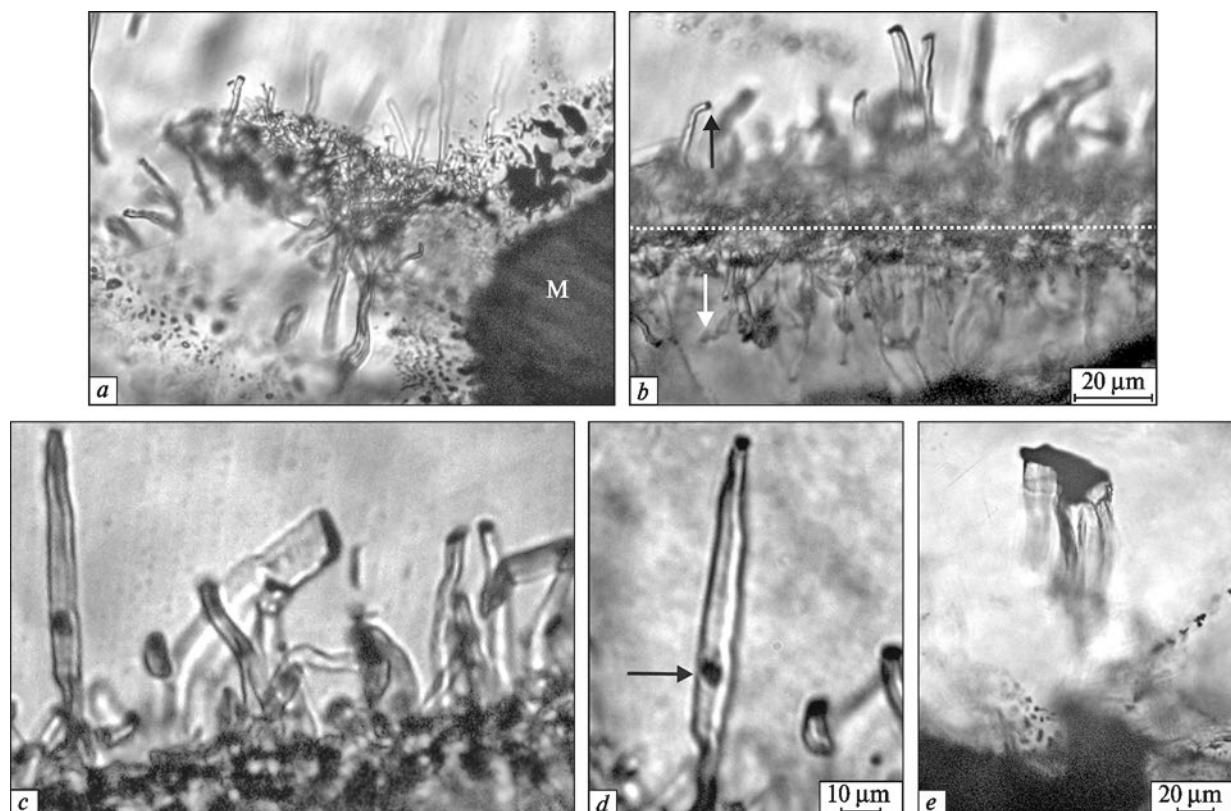
Нижче описано новий механізм проникнення флюїду у тверде тіло кристала, внаслідок чого формуються утворення, що належать до вторинних включень — за часом формування вони молодші за речовину кристала, що їх вміщує. Відомо, що вторинні включения потрапляють у кристал по тріщинах. Описаний тут новий механізм утворення вторинних включень полягає у формуванні включень но-

вого генетичного типу за допомогою проміжної фази. Таке проникнення флюїду в кристал відбувається за екстремальних *PT*-параметрів мінералоутворення.

Об'єкт і предмет дослідження. Включення, що утворилися за новим способом проникнення розплаву до кристала кварцу, встановлені на Майському золоторудному родовищі (Голованівська шовна зона Українського щита (УЩ)) [4], в апоскарнових кварцитах сподумен-петалітового родовища Надія (Кіровоградський мегаблок УЩ) [3], на REE-U-Th родовищі Діброва (Приазовський мегаблок УЩ).

Зразки з родовища Діброва люб'язно надали В.О. Сьомка і С.М. Бондаренко. Зазначені геологічні об'єкти об'єднують спільна риса — в їх формуванні брали участь високотемпературні потоки CO_2 -флюїду [1, 2].

Форма і кількість включень. Вони видовжені, витягнуті переважно в одному напрямку, більш-менш прямі, іноді складної форми (рис. 1–3). Численні видовжені включения приурочені до залікованих тріщин навколо материнських включень золота у кварці Майського родовища. Вони розташовані зазвичай по обидва боки від тріщин (рис. 1, a, b). Пере-



Rис. 1. Форма і розташування флюїдних включень, вершини яких вкриті тонкими пластинками золота (темні ділянки), у кварці Майського родовища золота: a—d — вміст включень представлений силікатним склом; e — кальцитом (a, b — численні включения, розташовані по обидва боки від залікованих тріщин навколо материнських включень золота, де M — частина материнського включения; пунктирна лінія — поперечний переріз заликованої тріщини; стрілками позначено напрямок росту включень з проміжною фазою, c, e — заокруглена форма пластинок золота, d — зменшення поперечного перерізу включень у процесі його формування зумовлено "втратою" частини проміжної фази (показана стрілкою), e — складна форма поперечного перерізу кальциту, зумовлена формою і розміром проміжної фази). Оптичний мікроскоп, прохідне світло

Fig. 1. The shape and the location of the fluid inclusions which tops are covered with thin plates of gold (dark areas) from Mayske gold deposits quartz: a—d — the content of the inclusions represented by the silica glass; e — calcite (a, b — numerous inclusions that are located on both sides of the healed cracks around the parent gold inclusions. M — part of the parent inclusion, dotted line — the cross-section of the healed crack, arrows indicate the direction of growth of the inclusions with the intermediate phase, c, e — the rounded form of the gold plates, d — the reduction of cross section of inclusions in the process of its formation is determined by the "loss" of the intermediate phase (indicated by the arrow), and e — the complex form of cross-section calcite caused by shape and size of the intermediate phase). Optical microscope, transmitted light

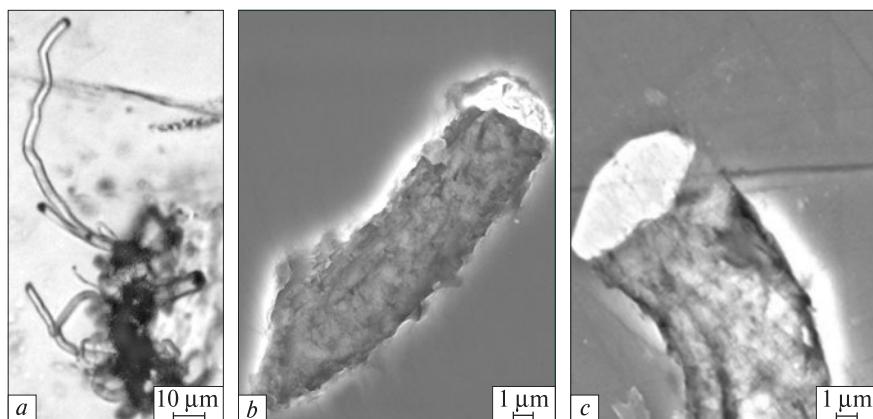


Рис. 2. Форма включень силікатного скла з проміжною фазою у кварці апоскарнового кварциту родовища Надія: a — загальний вигляд включень, вершини яких вкриті самородним бісмутом. Оптичний мікроскоп, прохідне світло; b, c — деталі будови включень, вершини яких вкриті, відповідно, самородним бісмутом і піротином (білі ділянки на вершинах включень), растрове електронно-мікроскопічне зображення, сканувальний мікроскоп JSV-6700F (JEOL, Японія)

Fig. 2. The form of inclusions of the silica glass with an intermediate phase in quartz of the aposkarn quartzite from Nadia deposit: a — the general view of the silica glass inclusions which tops are covered with native bismuth..Optical microscope, transmitted light; b, c — parts of the inclusions structure which tops are covered with native bismuth and pirrohotine, correspondingly (white areas on the tops of the inclusions), scanning electron microscopy images, scanning microscope JSV-6700F (JEOL, Japan)

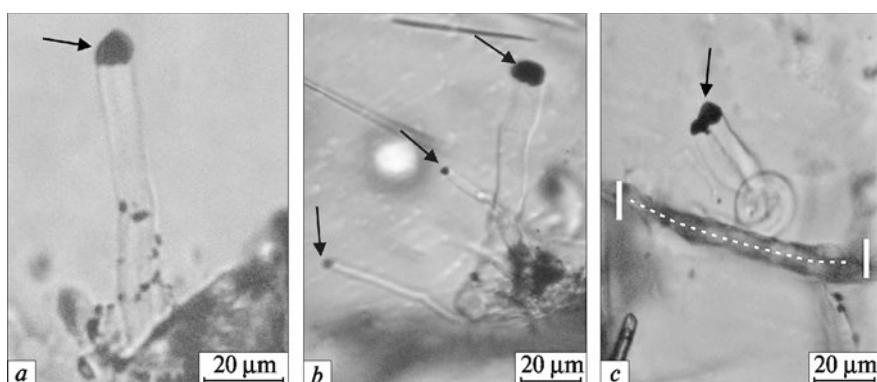


Рис. 3. Форма утворень силікатного скла з проміжною фазою у кварці REE-U-Th родовища Діброва (св. 74, гл. 171,3 м); поодинокі (a, c) й численні (b) утворення з проміжною фазою (позначені стрілками); I—I — тріщина (позначена пунктиром) розкристалізованого скла, з якої починали свій ріст утворення з проміжною фазою. Оптичний мікроскоп, прохідне світло

Fig. 3. The form of silica glass structures with an intermediate phase in quartz REE-U-Th of Dibrova deposit (borehole 74, depth 171.3 m). Single (a, c) and multiple (b) formations with the intermediate phase (indicated by arrows). I—I — crack (indicated by dotted line) glass, from which the growth of the formation with the intermediate phase started. Optical microscope, transmitted light

важно трапляються скупчення включень з проміжною фазою, поодинокі включения властиві кварцу родовища Діброва (рис. 3, a, c).

Будова, розміри, вміст і розташування включень у кристалі. Включения мають характерну будову: вершини видовжених включень завжди вкриті тонкою пластинкою речовини, що не просвічує у прохідному світлі й має різний склад. Оскільки ця фаза розташована між кварцом і прозорою речовиною включения,

то вона отримала назву *проміжної фази*. Її хімічний склад різний. Наповнення більшості включень представлене прозорою, безбарвною, оптично ізотропною речовиною, показник заломлення якої більший за показник кварцу. Вона, найімовірніше, відповідає силікатному склу. У включениях воно не суцільне, а пористе, іноді зональне (рис. 2, b, c). В одному випадку встановлено включения кальциту складної форми, підкрес-

леної розташуванням проміжної фази — пластиинки золота (рис. 1, е). Довжина включень у кварці Майського родовища змінюється від 20 до 180 мкм (переважно 50—60), а в поперечнику — від 2 до 5, іноді 9—12 мкм. У кварці апоскарнових кварцитів родовища Надія довжина включень становить від 40—70 (переважно) до 120 мкм (поодинокі випадки), а в поперечному перерізі — (4—10) × (5—13) мкм.

Довжина включень у кварці родовища Дібропова зазвичай складає до 50—100 мкм, а у попечнику — від 2—5 до 10 (переважно), зрідка до 20 мкм. Довші індивіди включення переважно тонші за короткі.

Незалежно від розташування залікованих тріщин навколо розтрісаних включень золота у монокристалльних зернах прозорого кварцу Майського родовища видовжені включен-

Таблиця 1. Хімічний склад скла видовжених індивідів, вершини яких вкриті пластинками золота (1—6), і включень скла у залікованих тріщинах (7—9) у кварці Майського родовища золота (св. 6451, гл. 135, 9 м)

Table 1. Chemical composition of glass of the elongated individuals which tops are covered with the plates of gold (1—6), and glass inclusions in the healed cracks (7—9) in the quartz from Mayske gold deposit (borehole 6451, depth 135.9 m)

Компонент	Номер аналізу								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO ₂	33,33	34,27	45,60	43,34	33,74	36,65	34,53	44,80	33,05
Al ₂ O ₃	17,53	17,77	14,48	14,42	17,12	16,83	17,38	12,94	17,79
FeO	36,98	36,68	34,93	33,71	37,38	36,83	36,55	34,35	39,48
MgO	12,16	11,28	4,99	8,53	11,76	9,69	11,54	7,91	9,68
Сума	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Таблиця 2. Хімічний склад карбонату видовженого включения, зображеного на рис. 1, б (1—5), вершина якого вкрита пластинкою золота, і вторинних включень (6—10) у кварці Майського родовища золота (св. 6451, гл. 135, 9 м)

Table 2. Chemical composition of carbonate elongated inclusion (1—5), which tops are covered with the gold plate, and the carbonate secondary inclusions (6—10) in the quartz from Mayske gold deposit (borehole 6451, depth 135.9 m)

Компонент	Номер аналізу									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ca	46,11	46,26	44,04	44,29	46,07	44,69	44,64	7,33	3,54	5,29
Fe	—	—	—	—	—	—	—	47,52	38,44	44,05
Mg	—	—	—	—	—	—	—	7,76	2,78	3,85
Mn	—	—	—	—	—	—	—	2,1	9,35	—
C	10,05	10,01	10,38	11,21	9,71	10,36	9,53	13,05	9,08	9,35
O	43,39	43,73	45,58	44,5	44,22	44,95	45,83	22,25	36,81	37,45
Сума	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Таблиця 3. Хімічний склад силікатного скла включень, вершини яких вкриті пластинками Bi (1—7) і сульфіду заліза (8), з кварцу апоскарнового кварциту літієвого пегматиту родовища Надія

Table 3. Chemical composition of the silica glass inclusions which tops are covered with the plates of Bi (1—7) and the iron sulfide (8). The quartz is from apokarn quartzite of lithium pegmatite from Nadiya deposit

Компонент	Номер аналізу							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	a/7	a/2	a/1	a/3	a/3	a/5	a/2	a/3
SiO ₂	34,57	34,07	47,63	32,41	40,05	32,68	33,03	33,20
Al ₂ O ₃	17,52	18,35	11,10	16,67	17,86	17,47	17,79	17,44
FeO	35,85	34,86	34,37	40,56	29,74	37,98	36,08	37,83
MgO	12,06	12,72	6,90	10,36	12,35	11,87	13,10	11,53
Сума	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

П р и м і т к а. *a/n* — середнє арифметичне з *n*-аналізів.

Н о т е: *a/n* is the arithmetic mean of *n*-analyses

ня часто субпаралельні між собою і до оптичної осі кристала. Розташовуються вони як з однієї, так і, що важливо підкреслити, по обидва боки тріщини. Іноді форма видовжених включень більш складна, а напрямок росту може змінюватися навіть на протилежний (рис. 2, *a*; рис. 3, *c*).

Форма, розміри, хімічний склад проміжної фази. Проміжна фаза для включень у кварці Майського золоторудного родовища представлена тонкими (~1–2 мкм) пластинками золота 992 проби; у кварці апоскарнового кварциту родовища Надія — самородним бісмутом і піротином (один випадок), товщина яких дещо більша (2–4 мкм), у кварці рідкісноземельно-уран-торієвого родовища Діброва товщина проміжної фази ще більша — від 2–5 до 10 мкм. Форма і розміри проміжної фази зазвичай відповідають формі і розмірам поперечного перерізу включень силікатного скла і кальциту (включення формувалося із карбонатного розплаву). Таким чином, форма і розміри поперечного перерізу включення в процесі проникнення розплаву в кварц визначені проміжною фазою.

Хімічний склад включень. Слабо розкристалізоване силікатне скло встановлено у включеннях у кварці родовищ Майське, Надія, Діброва; карбонат (кальцит) — у Майському родовищі. За хімічним складом силікатного скла включення родовища Майське і Надія близькі (табл. 1–3).

PT-параметри і механізм формування включень. Для опису даного явища проникнення розплаву у кварц ми застосовуємо не лише термін "включення", але й "утворення", оскільки в останньому випадку речовина, яка потрапила до кварцу за допомогою проміжної фази, може бути не повністю ізольованою з усіх боків у кристалі (принаймні це можна припустити). Такі утворення часто трапляються у кварці родовища Діброва (рис. 3, *c*).

Формування включень з проміжною фазою за участю високотермобаричних потоків CO₂-флюїду однозначно можна реконструювати за результатами вивчення розтрісканих включень золота у кварці Майського родовища. Виявилось, що ці включения: приурочені включено до залікованих тріщин навколо розтрісканих включень золота; мають характерну будову: їхні вершини завжди вкриті проміжною фазою — тонкою пластинкою самородного золота; за своїм вмістом вони відповіда-

ють силікатній речовині (найімовірніше, слабо розкристалізованому склу) й карбонату (один випадок). За хімічним складом вони ідентичні силікатним і карбонатним включенням із залікованих тріщин навколо розтрісканих включень золота; зазвичай за формулою і розмірами поперечного перерізу відповідають формі й розмірам проміжної фази. Якщо частина проміжної фази в процесі формування включення втрачається (рідкісні випадки), то у подальшому поперечний переріз включення зменшується відповідно до нової форми проміжної фази (рис. 1, *d*).

Ці спостереження дають підставу стверджувати, що:

1. Проникнення силікатного розплаву у кварц відбувається за участю потоків CO₂-флюїду, що мають високі як для гідротермального золоторудного родовища значення PT-параметрів. Їхні характеристики відзначаються високою достовірністю та точністю: максимальне значення перевищує температуру плавлення самородного золота Майського родовища й складає $\geq(1112^{\circ}\text{C}, 820\text{ MPa})$ [1]. Температура кальцитового розплаву включення також була високою. У присутності CO₂ за тиску 500 бар кальцит плавиться приблизно за температури 1240 °C [10], а за тиску 1025 atm — 1339 °C [7–9].

2. Силікатний і кальцитовий розплави, що сформували видовжені включения, проникали у кристал кварцу лише через проміжну фазу (самородного золота). Вторинні включения скла і кальциту без проміжної фази залишаються у площині залікованої тріщини навколо розтрісканих включень золота.

3. Пластинки золота як проміжні фази адгезійно прилипають до кварцу, оскільки вони незалежно від розташування включень у кварці, як правило, перебувають на їхніх вершинах. У протилежному випадку речовина проміжної фази не змогла б утриматися на вершині включень, оскільки густина речовини проміжної фази (Au — 19,32; Bi — 9,75; піротин — 4,60 g/cm³) значно більша за густину розплаву (~2,7...3,0 g/cm³) включень. Між проміжною фазою і кварцом у процесі формування включень, найімовірніше, існує плівка кварцового розплаву, яка виникає за високих значень PT-параметрів CO₂-флюїду. Очевидно, що для виникнення цієї плівки розплаву необхідні екстремальні умови мінералоутворення.

Наведені вище висновки загалом справедливі і для родовищ Надія й Діброва (відмін-

ності не є суттєвими). PT -параметри CO_2 -флюїду, що брав участь у формуванні цих родовищ, такі: максимальні значення для першого родовища дорівнюють $\geq(1180^\circ\text{C}, 870 \text{ МПа})$ [1], для другого — $\geq(1000—1100^\circ\text{C}, 720—760 \text{ МПа})$. Величина флюїдного тиску CO_2 -роздчину перевищує літостатичний тиск порід. CO_2 -флюїд за складом відповідає продуктам дегазації основної/ультраосновної магми, осередок якої розташований на глибині $\geq 41 \pm 6 \text{ км}$ (Майське родовище золота), $\geq 44 \text{ км}$ (апоскарнові кварцити родовища Надія), $\geq 36—38 \text{ км}$ (U-Th-REE -родовище Діброва).

Ознаки, що вказують на агрегатний стан проміжної фази в період формування включень, ґрунтуються на їх формі: 1 — заокруглені контури самородного бісмуту (рис. 2, *b*) свідчать, що протягом всього процесу проникнення розплаву до кварцу Bi перебував у рідкому стані, оскільки за тиску 1 атм $T_{\text{пл}}$ Bi становить $271,4^\circ\text{C}$, а PT -параметри утворення включень значно вищі за ней; 2 — подібні заокруглення золота деяких індивідів (рис. 1, *c, e*) також вказують на його рідкий стан під час формування включень; 3 — прямолінійні обриси "загубленої" у процесі росту частини золота включення вказують на її твердий стан (рис. 1, *d*). Якщо температура силікатного розплаву включення була б вищою за $T_{\text{пл}}$ Au , то ця частина золота неодмінно набула би форму кулі; 4 — прямолінійні контури сульфіду заліза вказують, що на завершальному етапі формування включення проміжна фаза була твердою речовиною (рис. 2, *c*). Отже, агрегатний стан проміжної фази у період проникнення розплаву до кварцу змінювався таким чином: самородний бісмут протягом всього часу формування включень був розплавом; золото на початковій стадії — розплавом, на завершальній — твердою речовиною; сульфід заліза на завершальній стадії — мінеральна фаза.

У процесі формування включень лише за екстремально високих значень PT -параметрів флюїдного потоку між проміжною фазою і кварцом виникає кварцовий розплав. Проте питання утворення включень із проміжною фазою не можна розв'язати без обґрунтування механізму його винесення із зони генерації, тобто з контакту "кварц — проміжна фаза".

Раніше помилково вважали, що можливе видалення кварцового розплаву в напрямку, протилежному напрямкові руху включення [3, 4]. Гідравлічний тиск CO_2 -флюїду, якого за-

знає розплав включення, не дозволить кварцовому розплаву таким чином покинути зону генерації. Якщо розплав не буде винесений, то нові порції речовини кварцу не зможуть плавитись, тобто просування включення у кварці стане неможливим. Імовірно, існує якесь мінімальне значення тиску, нижче від якого кварцовий розплав не може видалятись із зони свого зародження.

Тому, на нашу думку, єдиним способом проникнення мінералоутворювального розплаву за допомогою проміжної фази до кварцу є ущільнення його речовини навколо включення шляхом надходження до неї кварцового розплаву. Загальний об'єм кварцу, що розплавився на контакті з проміжною фазою, дорівнює об'єму включення. Якщо збільшити густину кварцу, що оточує включення, лише на 1 %, тобто на $0,026 \text{ г}/\text{cm}^3$, в об'ємі, радіус якого лише у п'ятеро перевищує діаметр включення, то вільного об'єму, що утвориться, буде достатньо для формування включення. У діапазоні значень PT -параметрів формування включень кварцовий розплав може потрапити у кварц, імовірно, по дефектах різного типу, структурних каналах, субмікрокопічних тріщинах. Однак вирішення цього питання потребує спеціального дослідження.

Висновки. 1. Флюїдні включення із проміжною фазою за генетичним типом належать до вторинних.

2. PT -параметри високотермобаричного потоку CO_2 -флюїду забезпечують: утворення на kontaktі кварцу і проміжної фази плівки кварцового розплаву; вилучення кварцового розплаву із зони генерації.

3. Видалення кварцу у вигляді кварцового розплаву зі шляху руху включення з проміжною фазою відбувається в результаті витискування його у зону речовини, що оточує включення. Збільшення густини кварцу лише на 1 % у об'ємі, радіус якого лише в п'ять разів перевищує діаметр включення, забезпечить вивільнення об'єму, необхідного для формування включень з проміжною фазою. Об'єм кварцу, що був на kontaktі з проміжною фазою переведений у кварцового розплав, дорівнює об'єму включення.

4. Включення, що утворились завдяки проміжній фазі, мають індикаторне значення: геологічні об'єкти, в яких вони були виявлені, формувалися за участі високотермобаричних флюїдних потоків (найімовірніше, CO_2 -роздчину).

ЛІТЕРАТУРА

1. *Возняк Д.К.* Мікровключення та реконструкція умов ендогенного мінералоутворення. — К. : Наук. думка, 2007. — 280 с.
2. *Возняк Д.К., Бондаренко С.М., Сьомка В.О.* Прояви високотермобаричних потоків рідкого CO_2 при формуванні Майського родовища золота // Доп. НАН України. — 2000. — № 7. — С. 131–134.
3. *Возняк Д.К., Вишневский А.А., Остапенко С.С., Бондаренко С.Н.* Об умовах проникнення силикатного расплава в кварц апоскарнового кварцита сподумен-петалитового месторождения Надія (Украинский щит) // VI Междунар. симп. "Минералогические музеи" (17–20 июня 2008 г., Санкт-Петербург, Россия). — СПб., 2008. — С. 172–174.
4. *Возняк Д.К., Остапенко С.С., Вишневский А.А., Бондаренко С.Н.* Необычные образования силикатного стекла и кальцита вокруг взорванных включений золота в кварце Майского месторождения золота (Украинский щит) // XIII Всерос. конф. по термобарохимии совместно с IV симп. APIFIS (22–25 сент. 2008 г., Москва, ИГЕМ РАН). — М., 2008. — С. 85–89.
5. *Калюжний В.А.* Методи вивчення багатофазових включень у мінералах. — К. : Вид-во АН УРСР, 1960. — 168 с.
6. *Леммлейн Г.Г.* Классификация жидких включений в минералах // Зап. ВМО. — 1959. — 88, № 2. — С. 137–143.
7. *Смит Гордон Ф.* Физическая геохимия. — М. : Недра, 1968. — 476 с.
8. *Уилли П.Дж.* Проблема образования карбонатитов в свете экспериментальных данных. Возникновение и дифференциация карбонатитовой магмы // Карбонатиты. — М. : Мир, 1964. — С. 265–300.
9. *Kraček F.C.* Melting and transformation temperatures of mineral and allied substances // Handbook of Phys. Consts. — 1942. — P. 139–174. — (Geol. Soc. Amer. Spec. Paper 36).
10. *Wyllie P.J., Tuttle O.F.* The system $\text{CaO}-\text{CO}_2-\text{H}_2\text{O}$ and the origin of carbonatites // J. Petrol. — 1960. — 1. — P. 1–96.

Надійшла 23.04.2012

Д.К. ВОЗНЯК, В.Н. БЕЛЬСКИЙ, С.С. ОСТАПЕНКО

ИНДИКАТОРНОЕ ЗНАЧЕНИЕ ВТОРИЧНЫХ ФЛЮИДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ С ПРОМЕЖУТОЧНОЙ МИНЕРАЛЬНОЙ ФАЗОЙ В КВАРЦЕ

В кварце Майского месторождения золота (Голованевская шовная зона), апоскарнового кварцита сподумен-петалитового месторождения Надія (Кировоградский мегаблок Украинского щита), U-Th-REE месторождения Диброва (Приазовский мегаблок Украинского щита) впервые установлены включения необычного вида. Указанные геологические объекты имеют общую черту: в их образовании принимали участие высокотермобарические потоки CO_2 -флюида. Необычные включения имеют характерное строение — их вершины всегда покрыты тонкой пластин-

кой самородного золота, самородного висмута либо пирротина (одна находка). Поскольку указанные фазы расположены между кварцем и основным содержимым включений, они названы промежуточной фазой. Форма и размеры поперечного сечения включений соответствуют форме и размерам промежуточной фазы. Эта особенность строения включений указывает на то, что расплав проникает во включения лишь благодаря промежуточной фазе. Образование включений с промежуточной фазой происходит вследствие формирования кварцевого расплава при экстремальных значениях PT -параметров на контакте кварца с промежуточной фазой. Расплав вытесняется в кварц, уплотняя его. Вероятно, существует определенное значение давления, ниже которого становится невозможным вытеснение кварцевого расплава в минерал. Объем кварца, который в виде кварцевого расплава использовался на уплотнение минерала, равен объему включения. Такой способ образования включений установлен впервые. Включения, образовавшиеся благодаря промежуточной фазе, имеют индикаторное значение. Обнаружение их указывает на то, что содержащие их геологические объекты сформировались при участии высокотермобарических флюидных потоков.

D.K Voznyak, V.M. Belskyi, S.S. Ostapenko

INDICATOR VALUE OF THE SECOND FLUID INCLUSIONS WITH INTERMEDIATE MINERAL PHASE IN QUARTZ

The inclusions of unusual kind have been first established in the Mayske quartz gold deposits (Golovanevsk suture zone), quartzite aposkarn spodumene-petalite deposit Nadia (Kirovohrad megablock, the Ukrainian Shield), U-Th-REE Dibrova field (Peri-Azov megablock, the Ukrainian Shield). These geological objects have one common feature: highly thermobaric flows of CO_2 -fluid took part in their formation. The unusual inclusions have the characteristic structure: the tops of the inclusions are always covered by a thin plate of either native gold, or native bismuth, or pyrhotine (a single finding). Since these phases were between quartz and inclusion content, they were called the intermediate phase. The shape and dimensions of cross section of inclusions correspond to shape and size of the intermediate phase. This feature of the structure of inclusions indicates that melt penetrated quartz only with participation of the intermediate phase. Formation of inclusions of the intermediate phase is as follows. The quartz melt is formed on the quartz contact with the intermediate phase under the extreme values of PT -parameters. The melt penetrates into the quartz and compacts it. Presumably, there is some pressure value below which the quartz melt embossing into mineral becomes impossible. The quartz melt volume spent for the mineral compacting, is equal to the volume of the inclusion. This way of the inclusion formation is established for the first time. The inclusions formed via the intermediate phase have a indicators value because geological objects, where they were found, had been formed with participation of high-thermobaric fluid flows.

УДК 549.623 : 549.752 : 930.26

А.А. Вальтер¹, Г.Ю. Івакін², Л.В. Чміль²,
О.В. Андрєєв³, А.І. Писанський¹, В.М. Кузнєцов¹

¹ Інститут прикладної фізики НАН України
40030, м. Суми, Україна, вул. Петропавлівська, 58
E-mail: avalter@iop.kiev.ua

² Інститут археології НАН України
04210, м. Київ, Україна, пр. Героїв Сталінграда, 12

³ Київський національний університет
імені Тараса Шевченка
03022, м. Київ, Україна, вул. Васильківська, 90

МІНЕРАЛОГІЧНІ ДАНІ ПРО ПРИРОДУ КЕРАМОКИ ДАВНЬОГО КИЄВА

Дослідженій склад керамічних решток, датованих XI–XVII ст., з розкопів фундаменту Михайлівського Золотоверхого монастиря у Києві. Показано, що більшість досліджених предметів вироблено з каолінових глин, решта — зі смектитових за максимальної температури прожарювання ~850 °С. Зафіковано вміст кальцій-свинцевих фосфатів. Припускається, що джерелом фосфору слугували кістки.

Вступ. Євген Костянтинович Лазаренко, стопіччя від дня народження якого наукова громадськість відмічає цього року, був видатним мінералогом, який зробив і вагомий внесок у розвиток української культури. Віддаючи шану його досягненням, ми присвячуємо цій визначній даті опис дослідження кераміки давнього Києва, здійсненого за допомогою методів сучасної мінералогії.

Ми мали на меті надати точні характеристики решток керамічного посуду, вилучених у ході розкопів будівель фундаменту Михайлівського Золотоверхого монастиря — одного з найдревніших православних храмів Київської Русі. Розкопи та збір колекції безпосередньо передували відбудові собору (1997–1998 рр.), що був повністю зруйнований ще 1935 р. Ми сподіваємося, що одержані нами результати дали змогу акцентувати увагу на особливостях гончарного виробництва, сировинних джерел

гончарства і торгівельно-економічних зв'язків древнього Києва.

Об'єкти досліджень. Досліджено рештки керамічного посуду з різних рівнів фундаменту будівель монастиря і, для порівняння, з синхронних об'єктів Київського Подолу. До піддослідної колекції включено 29 фрагментів посуду із шарів XI–XVII ст. (табл. 1).

Методика досліджень. Валовий хімічний склад всіх фрагментів (табл. 2) і поливи (табл. 3) визначений В.Б. Соболевим (Технічний центр НАН України) за допомогою електронно-мікрозондового методу (хвилюві детектори, прилад *JEOL-JCXA-733*, розфокусованій зондом діаметром 50 мкм для аналізування кераміки і 2 мкм — для поливи).

Фазовий аналіз зразків здійснено як кристалооптичне (петрографічне) дослідження прозорих шліфів звичайної товщини на мікроскопах ПОЛАМ-211 та ПОЛАМ-312. На вибраних ділянках непокритих шліфів проведено СЕМ-дослідження з електронно-зондовим мікроаналізом на приладах РЕММА-200М (*Selmi*, Суми) і *Camebax SX-50* (Франція).

© А.А. ВАЛЬТЕР, Г.Ю. ІВАКІН, Л.В. ЧМІЛЬ,
О.В. АНДРЄЄВ, А.І. ПИСАНСЬКИЙ,
В.М. КУЗНЄЦОВ, 2012

Таблиця 1. Характеристика і прив'язка зразків кераміки

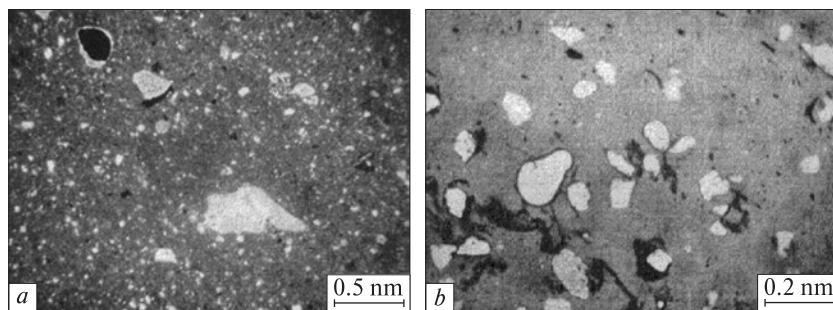
Table 1. Characteristics and positioning of ceramics samples

Номер зразка	Об'єкт	Датування, ст.	Опис	Номер інвен-тарний
1	МЗС-97, ш. 2, буд., яма	XVI	Горщика стінка рожевоглинняна, з темно-зеленою поливою, багаторядна хвиля	1167
2	МЗС-97, р. 1, яма 1	XV	Денце білоглинняне з насічками по краю; світло-жовта полива всередині та салатна зовні	369
3	МЗС-97, р. 1, буд. 3	XV—XVI	Горщика вінчик сіроглинняний із зашипами та зеленою болотною поливою всередині	739
4	МЗС-97, ш. 2, буд., яма	XVI	Горщика вінчик сіроглинняний із зашипами, зелена полива всередині	1163
5	Те саме	"	Горщика вінчик ромбічний білоглинняний, світло-зелена полива всередині	1272
6	" "	"	Глек білоглинняний з двосторонньою світло-зеленою поливою	1273
7	" "	"	Горщик білоглинняний, зелена полива всередині	1230
8	" "	"	Горщика вінчик із зашипами, білоглинняний, зелена полива всередині	1271
9	МЗС-97, р. 1, яма 1	XV	Денце білоглинняне з двосторонньою зеленою поливою	250a
10	МЗС-97, ш. 2, буд., яма	XVI	Макітра білоглинняна з плямами жовто-коричневої поливи	1165
11	МЗС-97, р. 1, яма 1	XV	Стінка сіроглинняна з тонкою синьою поливою (імпорт?)	
12	Те саме	"	Вінчик червоноглинняний з зеленою поливою (імпорт)	302
13	МЗС-97, житло під хрестильнею	XI	Чаші вінце сіроглинняної з темно-зеленою поливою	11
14	МЗС-97, фундам. рів 3х. притвору	Початок XVIII	Кахля рожевоглинняна з зеленою поливою і рослинним орнаментом	1920
15	МЗС-97, р. 1, культ. шар	XII	Горщика вінчик сіроглинняний із зеленою поливою	563
16	МЗС-97, р. 1, буд. 2	"	Вінце сіроглинняне з жовтою поливою	795
17	МЗС-97, дзвінниця, ш. 2	XVIII	Вінце сіроглинняне з зеленою поливою	
18	МЗС-97, дзвінниця, ш. 1	"	Вінце сіроглинняне з жовтою поливою	
19	МЗС-97, дзвінниця, будівля	"	Кухля (?) вінчик сіроглинняний з безбарвною поливою, підполив'яним розписом зовні і зеленою поливою всередині	
20	МЗС-97, р. 1, буд. 2	XII	Стінка сіроглинняна з зеленою поливою	796
21	МЗС-97, р. 1, житло під хрестильнею	XI	Чаші піддон сіроглинняної з темно-зеленою поливою	26
22	Києвоподіл, вул. Братська, буд. 3	Друга пол. XVII	Кухля денце рожевоглинняного з жовтою поливою всередині і зеленою зовні	985
23	Києвоподіл, вул. Воз- движенська, буд. 25, культ. шар	XIV—XV	Горщика вінчик ромбічний білоглинняний із зеленою поливою	906
24	Те саме	" "	Стінка червоноглинняна із зеленою поливою по ангобу (імпорт)	907
25	Києвоподіл, вул. Братська, буд. 3	Друга пол. XVII	Тарілка рожевоглинняна із зеленою поливою, зрізами по денцию і штамповим орнаментом ("лев")	981
26	Києвоподіл, вул. Воз- движенська, буд. 25, культ. шар	XIV—XV	Денце білоглинняне із зеленою поливою всередині і слідами зрізки з гончарного круга	129
27	Те саме	" "	Горщика вінчик округлий з виїмкою, білоглинняний, із зеленою поливою всередині	122
28	МЗС-97, ш. 2, буд., яма	XVI	Глек білоглинняний із зеленою поливою всередині	1274
29	МЗС-97, р. 1, нартекс	XI	Кадильниця рожевоглинняна з жовто-зеленою поливою	

П р и м і т к а. МЗС-97 — Михайлівський Золотоверхий собор, відібрано 1997 р.; ш. — шурф; р. — розкоп; буд. — будинок; культ. шар — культурний шар. Надалі всі номери зразків відповідають номерам у табл. 1.

Ruc. 1. Прозорі шліфи кераміки, виготовленої зі смектитової (*a* — зр. 24) та каолінітової (*b* — зр. 13) глин. За одного ніколя

Fig. 1. Transparent thin sections of ceramic samples made from smectite clay (*a* — sample 24) and from kaolinite one (*b* — sample 13). Photographed by one Nikol prism



Проаналізовано переважно ті ділянки (зерна) розміром 5×5 мкм, що виглядали на СЕМ-зображеннях в режимі відбитих електронів як світлі, тобто аномально збагачені на важкі елементи.

З вивчених у шліфах зразків відбирали середні проби наважкою ~ 2 г. Розтертий в агатовій ступці до ~ 200 меш матеріал використано для рентгенодифракційних досліджень. Дифрактограми отримували до і після прока-

рювання за температури 900 ± 10 °C протягом 30 хв у лабораторній електропечі СНОЛ-1,6,2,5,1/11-І2. Рентгенодифракційні дослідження фазового складу виконано на дифрактометрі ДРОН 4-07 ("Буревестник", Росія) порошковим методом, $\text{Cu}_{\text{K}\alpha}$ -випромінювання. Зразки знімали в режимі безперервної реєстрації (швидкість руху стрічки $2^\circ/\text{хв}$) у діапазоні кутів 2Θ від 5 до 55° . Експериментальні результати передавали з дифрактометра на ЕОМ до

Таблиця 2. Хімічний склад кераміки, мас. %

Table 2. Chemical composition of ceramics, mas. %

Номер зразка	SiO_2	Al_2O_3	MgO	TiO_2	SO_3	K_2O	CaO	Na_2O	Fe_2O_3	P_2O_5
1	50,77	30,90	0,43	1,01	0,14	0,76	1,54	0,17	1,04	1,44
2	48,70	28,47	0,22	1,0	0,27	0,43	0,67	0,12	0,84	0,26
3	49,41	28,45	0,43	0,79	0,11	0,54	0,62	0,13	1,23	0,21
4	50,44	32,38	0,34	0,70	0,24	0,64	0,45	0,12	1,09	0,08
5	51,91	32,05	0,36	0,80	0	0,58	0,48	0,23	1,27	0,05
6	48,80	33,64	0,32	0,85	0,10	0,56	0,48	0,11	1,52	0,18
7	53,75	29,10	0,32	1,09	0,26	0,42	0,60	0,16	1,12	0
8	48,52	30,95	0,30	0,81	0,30	0,66	1,03	0,15	0,92	1,04
9	50,90	29,38	0,28	0,64	0,20	0,47	0,68	0,10	1,19	0
10	53,42	36,83	0,29	0,86	0,10	0,59	0,39	0,10	1,09	0,20
12	47,37	18,02	2,83	0,73	0,02	3,13	5,10	0,57	8,23	0,26
13	42,97	27,60	0,32	0,46	0,41	1,84	1,28	0,19	1,37	2,03
14	50,05	24,29	0,39	0,89	0,24	0,58	0,62	0,12	4,27	0,07
15	50,51	23,40	0,42	1,41	0,17	0,34	0,75	0,19	3,90	0,23
16	51,23	22,46	0,35	1,30	0	0,32	0,79	0,15	4,00	0,45
17	47,16	25,17	0,38	0,92	0,38	0,55	0,96	0,14	2,71	0,42
18	49,38	25,22	0,30	0,75	0,11	0,70	0,95	0,47	2,14	0,51
19	43,60	28,52	0,31	0,58	0,38	0,79	2,12	0,27	1,13	2,71
20	52,13	25,13	0,40	1,18	0,17	0,34	0,71	0,02	3,73	0,23
21	48,42	26,30	0,31	1,19	0,32	0,70	0,96	0,27	3,29	0,84
22	45,77	28,85	0,29	1,09	0,37	0,56	0,65	0,15	1,29	0,44
23	50,14	30,99	0,32	2,19	0,32	0,44	0,54	0,22	1,19	2,39
24	46,65	15,17	1,01	0,71	0,43	2,72	2,44	0,78	4,28	1,63
25	44,91	26,98	0,87	1,63	0,13	0,67	0,81	0,34	2,80	0,70
26	44,05	28,71	0,31	0,92	0,30	0,62	0,46	0,27	1,17	0,33
27	47,45	29,65	0,29	0,57	0,11	0,44	0,65	0,16	1,20	0,15
28	49,63	31,86	0,26	0,65	0,05	0,48	0,51	0,14	1,04	0,42
29	44,73	28,62	0,36	1,0	0,13	0,42	0,66	0,13	2,29	1,38

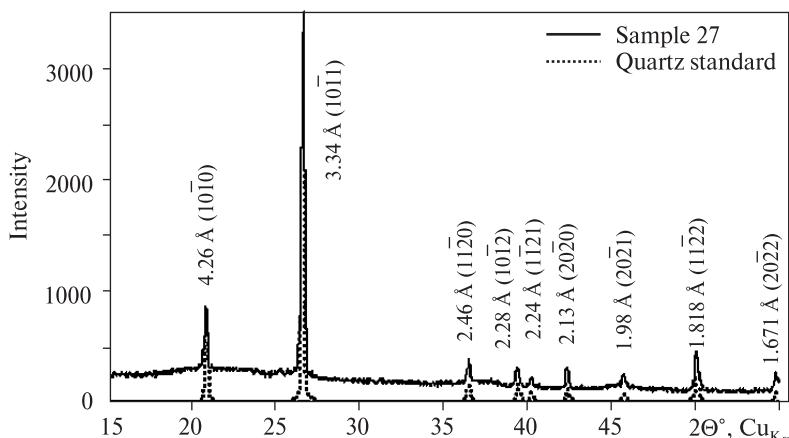


Рис. 2. Дифрактограма керамічного зр. 27, що містить (за підрахунками в шліфі) 22 % кварцу

Fig. 2. The diffractogram of ceramic sample 27 with quartz content determined as 22 % in thin section

програмного пакета *DIFWIN-1*. Ідентифікацію фаз здійснили за допомогою бази даних *Crystallography Open Database* (<http://www.crystallography.net/>). Для зовнішнього контролю

використано пакет *Crystallographica Search-Match* (*Oxford Cryosystems*, www.crystallographica.co.uk). Після виділення рефлексів головної кристалічної фази кераміки (кварцу) для діаг-

Таблиця 3. Хімічний склад поливи, мас. %
Table 3. Chemical composition of glaze, mas. %

Номер зразка	PbO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	SnO ₂	K ₂ O	CaO	Na ₂ O	FeO	MnO	CuO
1	60,95	27,0	2,0	0	0,17	0,07	0,35	0	0,27	0	0,82
2a	49,77	35,13	9,50	0,09	0	0,12	0,15	0	0,31	0,01	0,46
2b	49,11	31,64	15,96	0,03	0	0,24	0,20	0,08	0,28	0	0,22
3	59,14	30,54	2,03	0,31	0,08	0,29	1,95	0,14	0,56	0,08	0,61
4	52,80	32,60	4,36	0	0,01	0,13	0,14	0,06	0,47	0,03	1,68
5	66,65	23,69	5,11	0,01	0,10	0,10	0,06	0,11	0,29	0,03	0,69
6	61,57	29,89	4,65	0	0,05	0,09	0,09	0	0,30	0,08	1,21
7	63,72	29,11	3,84	0,02	0,02	0,07	0,08	0,06	0,21	0	0,72
8	66,68	24,99	3,38	0,02	0,07	0,10	0,11	0,11	0,21	0,04	0,78
9	66,22	26,13	8,31	0,08	0,04	0,10	0,19	0,08	0,31	0	0,63
10	48,42	33,28	11,57	0,11	0,01	0,18	0,14	0,01	0,36	0	1,72
11	55,97	32,26	4,03	0,17	0	0,60	2,57	0,26	1,63	0,07	0,11
12	78,21	16,31	2,23	0,22	0	0,20	0,32	0,23	0,80	0,01	0,60
13	75,93	17,26	0,45	0	0,32	0,12	0,14	0,07	0,21	0,01	1,56
14	59,93	29,66	5,18	0	0,09	0,13	0,11	0,13	0,57	0,04	0,36
15	72,02	22,22	1,23	0,08	0,24	0,12	0,10	0,11	0,46	0,01	1,53
16	68,32	17,73	5,09	0	0,08	0,17	0,21	0,17	0,85	0,01	0,04
17	55,30	29,52	5,98	0,12	0,02	0,14	0,18	0,48	2,55	0,05	0,01
18	67,79	23,60	3,38	0,04	0,03	0,19	0,09	0,10	0,22	0	0,69
19	72,48	21,34	0,67	0,01	0	0,09	0	0,09	0,31	0	0,92
20	68,80	27,03	0,88	0,02	0,51	0,08	0,13	0,04	0,14	0,04	0,32
21	75,82	19,15	1,21	0	0,15	0,08	0,08	0,15	0,26	0,01	2,71
22a	56,96	30,36	5,75	0,03	0,18	0,16	0,19	0,10	0,25	0,02	0,95
22b	58,41	29,66	5,79	0,12	0,22	0,11	0,16	0,10	1,20	0	0,06
23	65,07	27,13	5,44	0,14	0,08	0,11	0,14	0,13	0,19	0,05	0,78
24	48,57	32,0	6,35	0,39	0,04	0,68	3,71	0,15	0,70	0,03	2,74
25	66,74	27,09	5,39	0,06	0,06	0,27	0,19	0,12	0,35	0,02	1,21
26	65,74	26,27	1,18	0	0,12	0,12	0,11	0,12	0	0,05	0,29
27	64,95	22,77	5,52	0	0	0,16	0,13	0,06	0,20	0	0,72
28	64,94	26,20	3,37	0	0,06	0,15	0,12	0,03	0,18	0,02	1,26
29	73,74	18,17	1,66	0	0,60	0,12	0,11	0,18	0,26	0	1,58

Рис. 3. Дифрактограма зр. 24. *Максими:* Q — кварц, Hem — гематит, Fp — польові шпати, Pl:Ab — альбіт, Car — карбонати; S — релікти небазальних смектитових ліній

Fig. 3. The diffractogram of sample 24. *Maxima:* Q — quartz, Hem — hematite, Fp — feldspars, Pl:Ab — albite, Car — carbonates; S — relics of non-bazal smectite reflects

ностики додаткових фаз використали автоматичне перебирання бази даних, а також евристичний підхід, намагаючись підібрати фази, що могли зберігатися чи синтезуватись під час прожарювання досліджуваних глин.

Результати та їх обговорення. За результатами визначення хімічного складу кераміка поділяється на дві нерівні групи: 1) більшість — матеріал, збагачений на глинозем (25–30 % Al_2O_3), він містить домішки оксидів кальцію, магнію, лутів, заліза на рівні, що здебільшого не перевищує 1%; 2) два аналізи (№ 12 та 24) — матеріал з меншим вмістом глинозему (15 і 18 % Al_2O_3 відповідно) і вмістом оксидів заліза, кальцію, калію, натрію на рівні одниниць відсотків.

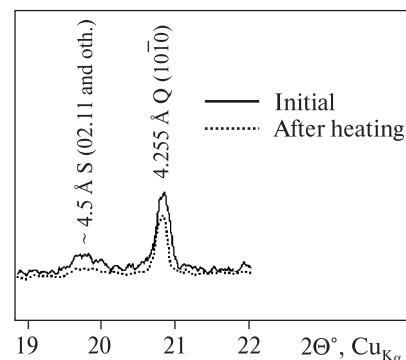
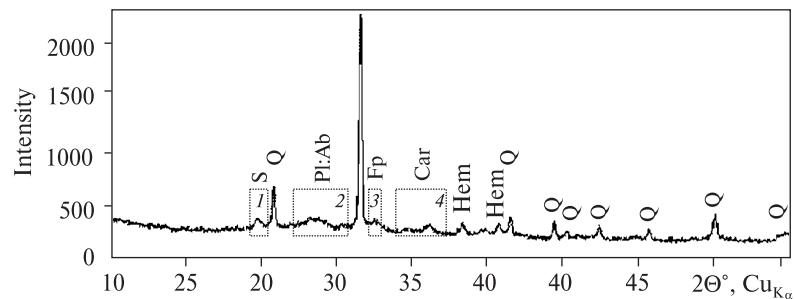


Рис. 4. Фрагмент рентгенограми зр. 24 (з рис. 3) до і після прожарювання зразка (0,5 год за 900 °C)

Fig. 4. The fragment of the diffractogram of sample 24 (Fig. 3) before and after heating of the sample (0.5 of hour at 900 °C)

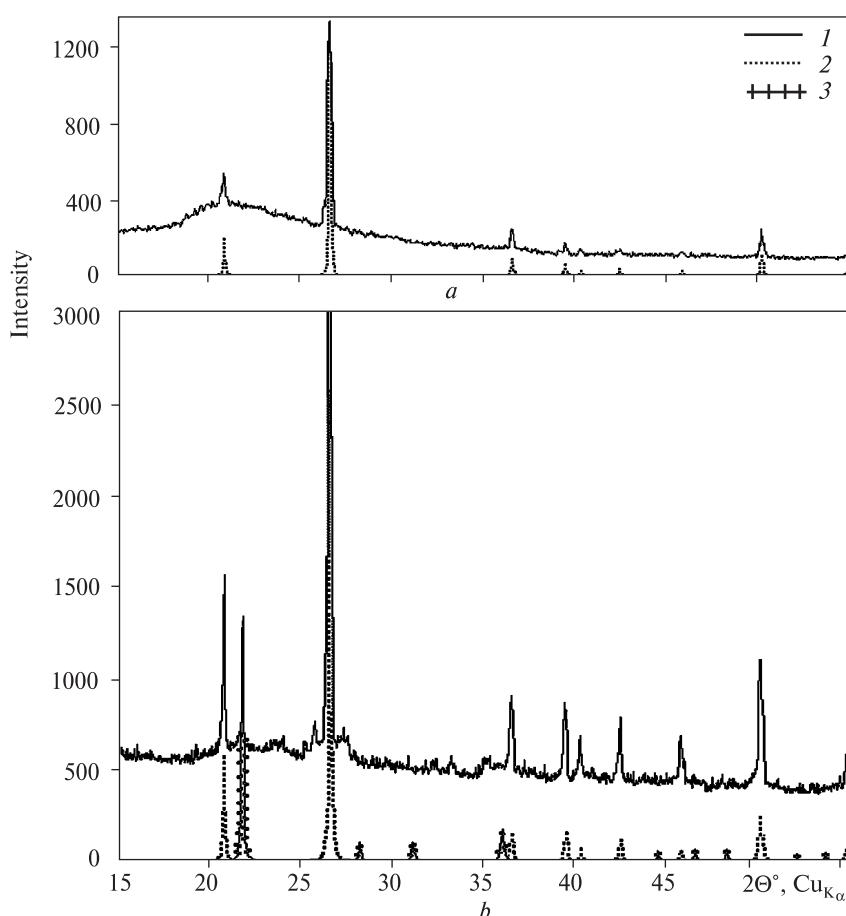


Рис. 5. Дифрактограма зразка кераміки з аморфним кремнеземом до (a) і після прожарювання (b): 1 — зр. 21, 2 — кварц, 3 — кристобаліт

Fig. 5. The diffractogram of ceramic sample with amorphous silica before (a) and after heating (b): 1 — sample 21, 2 — quartz, 3 — cristobalite

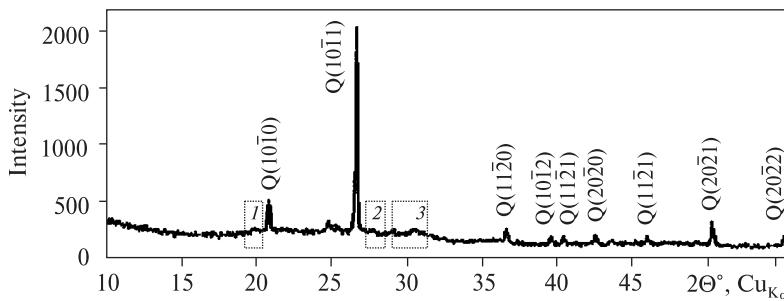


Fig. 6. The diffractogram of ceramic sample 13 with additional phases: 1 — relics of basal reflections of layer silicates; 2 — thin reflections on the place of the most intensive maximum of fieldspars; 3 — the section of small intensive lines at the place of general reflections of phosphates

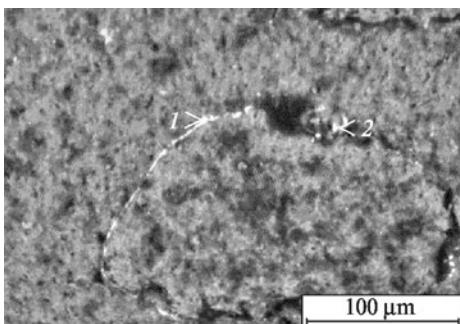


Рис. 7. Позиція свинець-фосфатної фази в облямівці навколо кварцового зерна в кераміці зр. 13. СЕМ-зображення

Fig. 7. The positioning of lead-phosphate phase in the rim around the quartz grain in ceramics sample 13. SEM-picture

Порівняння цих результатів зі складом природних глин свідчить, що кераміка першої групи походить з суттєво каолінових глин, головний мінерал яких — каолініт. Два аналізи другої групи, скоріш за все, характеризують вироби з монтморилонітової глини (главний мінерал — монтморилоніт).

Для виконання кристалооптичних і рентгенодифракційних визначень мінерального (фазового) складу взято зр. 9, 13, 21—23, 25—27 з першої групи і зр. 24 — з другої (табл. 1).

Зразок зі смектитової глини (рис. 1, а) відрізняється рожево-буруватим забарвленням шліфа через присутність тонко розпилених оксидів заліза і суттєвою домішкою алевритових часток — переважно кварцу.

У кераміці з каолінової глини домінує світло-сіра аморфна маса з вкрапленими зернами кварцу. В одному зразку (рис. 1, б) виділяється темно-сіра фаза, що утворює у розрізі цівкоподібні форми, іноді — облямівки навколо кварцових зерен. На границі з кварцом розрізняються тонкі призматичні крис-

талики довжиною до 10—15 мкм з показником заломлення ~1,62 та позитивним відовженням.

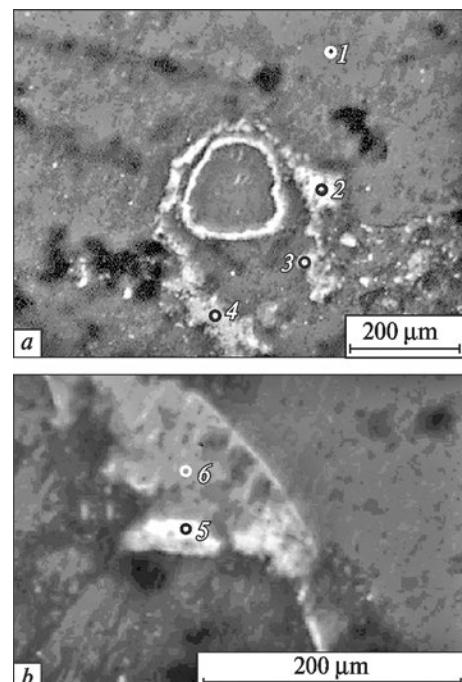


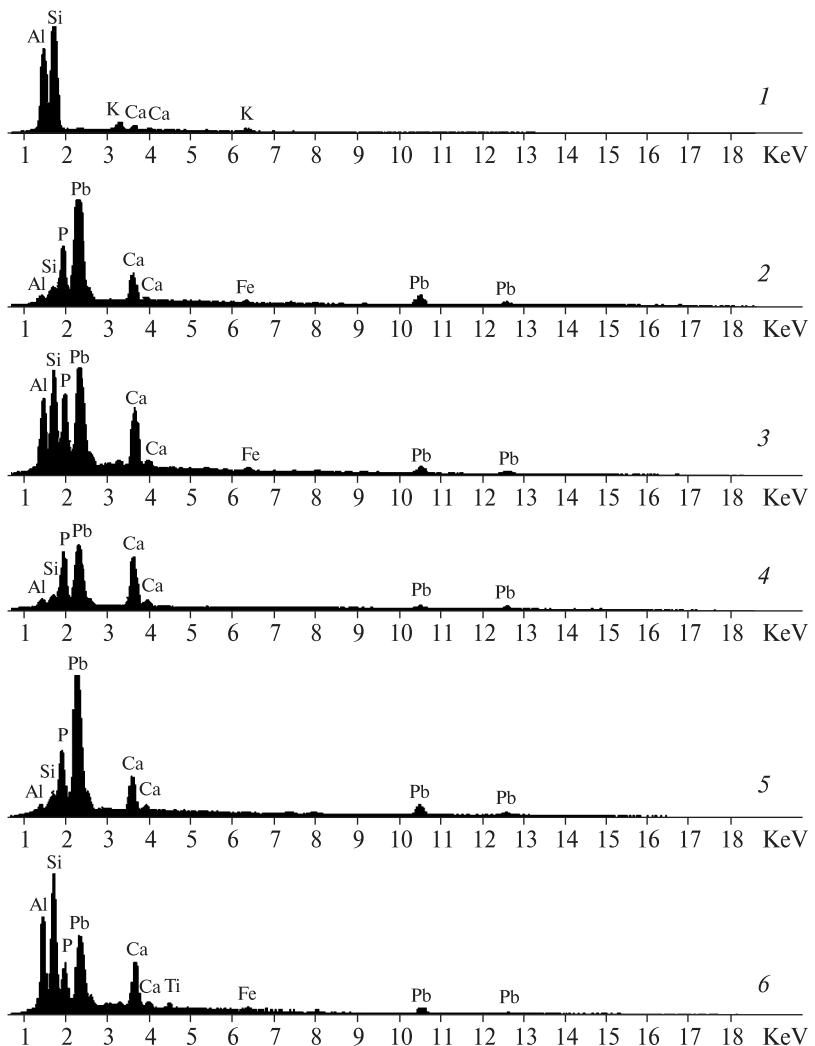
Рис. 8. СЕМ-зображення кальцій-свинцевих фосфатів у зр. 13. СЕМ-МА PEMMA-200M, аналітик О.В. Андреєв

Fig. 8. SEM-pictures of calcium-lead phosphates in the sample 13. SEM-MA REMMA-200M, analyst O.V. Andreev

талики довжиною до 10—15 мкм з показником заломлення ~1,62 та позитивним відовженням.

У шліфах кварцові зерна складають від 11,5 до 35 об. % кераміки (в середньому 22 %). Переважають зерна розміром 150—200 мкм, хоча деякі сягають 1 мм. Близько половини зерен — обкатані.

Кварц є головною й іноді єдиною кристалічною складовою, визначеною рентгенодифракційним методом у всіх досліджених зразках кераміки. На рис. 2 наведена дифракто-



Ruc. 9. Спектри характеристично-го рентгенівського випромінювання включень свинцево-фосфатної фази у зр. 13 смектитової кераміки. Номери спектрів відповідають номерам точок на рис. 8

Fig. 9. The X-ray characteristic spectrums of lead-phosphates phases inclusions in the smectite ceramic sample 13. The positions of spots of analysis are shown on the Fig. 8

грама зразка, де кварц є єдиною кристалічною фазою.

Співставлення з глинистими відкладами, поширеними на території Українського щита, показують, що кварцові зерна є звичайною природною домішкою в каолінах кори вивітрювання. Появу обкатаних зерен можна вважати наслідком домішки річкового піску, який, за даними [3], додавали задля "опіснення" жирної каолінової глини.

Нами вивчено фази, встановлені в кераміці у домішкових кількостях.

У зр. 24 (смектитова глина (рис. 1, а)) достовірно був діагностований гематит (рис. 3). Невеличкий максимум близько 4,5 Å був визначений як релікт рефлексу (11,02) монтморилоніту, що підтвердилося його зникненням після прожарювання зразка (рис. 4).

Для частини зразків каолінітової кераміки встановлено наявність широкого гало з мак-

*Таблиця 4. Елементний склад керамічного зр. 13 в точках 1 та 2 (рис. 7) утворення свинцево-фосфатної фази
Table 4. Element content of ceramic sample 13 at the points of lead-phosphorous phase formation (p. 1 and 2, Fig. 7)*

Номер точки	Одиниця вимірювання	Pb	Cl	Ca	Al	Si	P	O	Σ
1	мас. %	44,857	1,528	4,056	2,403	3,976	6,535	25,336	88,691
	ат. %	9,292	1,850	4,311	3,528	5,597	9,088	66,335	100
2	мас. %	50,105	1,837	4,643	0,398	0,631	7,515	20,914	86,043
	ат. %	12,119	2,591	5,784	0,732	1,120	12,153	65,501	100

Таблиця 5. Результати кількісного визначення складу кальцій-свинцевих фосфатів у смектитової глині (зр. 13)

Table 5. The results of determination of the content of calcium-lead phosphates in smectite ceramic sample 13

Номер точки	Одиниця вимірювання	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	Cl	K ₂ O	CaO	TiO ₂	FeO	PbO ₂	O
1	мас. %	36,26	56,89	1,10	0,00	2,09	1,04	0,75	1,80	0,06	63,52
	ат. % катіона	14,67	19,49	0,32	0,00	0,91	0,38	0,19	0,52	0,01	
2	мас. %	3,65	3,69	34,29	6,85	0,22	15,74	0,01	1,22	34,33	61,74
	ат. % катіона	2,19	1,87	14,73	5,89	0,14	8,55	0,00	0,52	4,37	
3	мас. %	18,07	23,18	31,58	1,79	1,02	12,70	0,21	0,99	10,45	64,12
	ат. % катіона	8,25	8,96	10,34	1,17	0,50	5,26	0,06	0,32	1,01	
4	мас. %	4,35	3,70	44,21	2,77	0,11	28,48	0,42	0,44	15,50	63,20
	ат. % катіона	2,19	1,58	15,98	2,00	0,06	13,03	0,13	0,16	1,66	
5	мас. %	1,55	1,61	35,67	6,80	0,08	18,81	0,00	0,05	35,43	61,64
	ат. % катіона	0,94	0,83	15,58	5,95	0,05	10,40	0,00	0,02	4,59	
6	мас. %	24,21	34,65	19,92	1,21	0,72	9,19	1,57	0,91	7,55	63,93
	ат. % катіона	10,65	12,91	6,28	0,76	0,37	3,67	0,44	0,28	0,71	

симумом у ділянці 19–22° 2ΘCu_{Kα}. Внаслідок прожарювання у таких зразках кристалізується кристобаліт (рис. 5).

Цікаві наслідки мінералоутворення поміченні у зр. 13 (рис. 1, б) під час дослідження двох ділянок вінця чаши: 1) внутрішньої і 2) зовнішньої, де фази утворювалися під дією свинцевої поливи.

На валовій порошковій рентгенограмі зразка (рис. 6) в ділянці значень міжплощинних відстаней 3,12–2,73 Å може бути виділена низка слабких максимумів, положення которых притаманні інтенсивним максимумам кальцієвих і плumbum-кальцієвих фосфатів (вілокіту — β-Ca₃(PO₄)₂ [7], графтоніту — (Ca, Fe, Mn)₃[PO₄]₂ [8], синтетичному Ca_{2,1}Pb_{7,9}Cl₂(PO₄)₆ [9]), але наявних даних недостатньо для точної фазової діагностики.

Присутність фосфору визначено завдяки дослідженню елементного складу зразка (табл. 2), а фосфатні фази — вивченю облямівок навколо зерен кварцу в зовнішній зоні вінця, де утворилися складні свинцево-кальцієві фосфати, діагностовані за допомогою електронного мікрозондування.

Тут В.М. Верещакою на приладі SX-50 з хвилювими детекторами отримані результати (рис. 7; табл. 4), що свідчать про наявність сполуки, близької за складом до CaPb₂(PO₄)₂Cl.

Ця фаза або суміш фосфатних фаз і аморфної матриці діагностуються й у інших ділянках препаратів як світлі виділення під час спостереження у відбитих електронах (рис. 8). Склад цієї фази визначено за спектрами ха-

рактеристичного рентгенівського випромінювання, збудженого електронами (рис. 9; табл. 5).

Висновки. Склад кераміки свідчить, що її переважно виготовляли з каолінітових глин, прояви яких широко розповсюджені у платформенній частині України. Вироби зі смектитових (монтморилонітових) глин можуть належати і до експорту з місцевостей, де їх прояви розповсюджені ширше, наприклад з Криму чи Греції.

Для уточнення походження сировини для виготовлення поливи даних бракус.

Шаруваті силікати практично не збереглися, але в деяких зразках присутні слабкі дифракційні рефлекси, що відповідають решткам їх небазальних рефлексів. Порівнюючи одержані відомості з узагальненнями щодо термічної стійкості каолініту та смектитів [4, 5] і використовуючи результати проведених нами дослідів з прожарювання зразків, максимальну температуру виготовлення цієї кераміки можна оцінити в ~850 °C.

Джерелом фосфору, що був встановлений у складі найдавнішого з досліджених зр. 13 (XI ст.), мали бути кістки — традиційна домушка до східної кераміки того часу. Цікаво, що майже чверть рубаїв Омара Хайяма містять згадки про гончарів, їхні вироби та виробництво. У багатьох вказано, що до керамічної сировини додавали кістки:

"Пока твой не смешан с гончарной глиной прах,
Пока другим не служишь ты круэжской
на пирах ..." [1].

А це — те саме XI ст., до якого належить наша знахідка. Про збереження цієї традиції в пізніші віки у сучасному нам ґрунтовному науковому огляді [2] згадувань немає.

Виходячи із розташування фосфатів, що утворюють облямівки навколо кварцових зерен, можна припустити, що домішка фосфатної сировини сприяла зміцненню виробів.

Автори вдячні вказаним у тексті статті аналітикам, професору В.І. Павлишину за пораду підготувати таку статтю і члену-кореспонденту НАН України О.Б. Брику за консультації.

Роботу виконано в рамках проекту MAGATE "Використання ядерних методів для характеристики і збереження предметів культурної спадщини в Європейському регіоні" (International atomic energy project RER/8/015 "Using Nuclear Techniques for the Characterization and Preservation of Cultural Heritage Artefacts in the European Region").

ЛІТЕРАТУРА

1. Алиев Р.М., Османов М.Н. Омар Хайям. — М. : Изд-во АН СССР, 1959. — 142 с.
2. Древнее гончарство: итоги и перспективы изучения / Ин-т археологии РАН ; Под ред. Ю.Б. Целина, Н.П. Салугина, И.Н. Васильева. — М., 2010. — 257 с.
3. Калюк О.П. До вивчення Київського керамічного виробництва // Слов'яни і Русь у науковій спадщині Д.Я. Самоквасова : Матеріали істор.-археол. сем., присвяч. 150-річчю від дня народж. Д.Я. Самоквасова. — Чернігів : Сівер. думка, 1993. — С. 93–94.
5. Минералы : Справ. Т. 4, вып. 1. Каолинит / Гл. ред. Ф.В. Чухров. — М. : Наука, 1992. — 598 с.
6. Минералы : Справ. Т. 4, вып. 2. Монтмориллонит / Гл. ред. Ф.В. Чухров. — М. : Наука, 1992. — 661 с.
7. ASTM. 70-186. Ca_{18.19}Mg_{1.17}Fe_{1.62}(PO₄)₁₄. Calcium Magnesium Iron Hydrate Phosphate Witlokite. International Centre for diffraction Data. Vol.2.2.2001.
8. ASTM. 76-0849. Ca_{0.4} Fe_{1.8}Mg_{0.8} (PO₄)₂. Iron Phosphate Graftonite. International3 / Centre for diffraction Data. Vol.2.2.2001.
9. ASTM. 84-815. Ca_{2.1}Pb_{7.9} Cl₂(PO₄)₆. Calcium and Lead Chlorite Phosphate. ICSD Number 211724.1997.

Надійшла 11.06.2012

*A.A. Вальтер, Г.Ю. Ивакин, Л.В. Чміль,
А.В. Андреев, А.И. Писанський, В.Н. Кузнецов*

МИНЕРАЛОГІЧНІ ДАННІ О ПРИРОДІ КЕРАМІКИ ДРЕВНЬОГО КІЄВА

Исследован состав керамических остатков, датированных XI—XVII ст. из раскопов фундамента Михайловского Златоверхого монастыря в Киеве. Показано, что большинство исследованных предметов изготовлено из каолиновых глин, остальные — из смектитовых при максимальной температуре обжига ~850 °C. Зафиксировано содержание кальций-свинцовых фосфатов. Предполагается, что источником фосфора служили кости.

*A.A. Valter, G.Yu. Ivakin, L.V. Chmil,
O.V. Andreev, A.I. Pysansky, V.M. Kuznetsov*

MINERALOGICAL DATA ON THE NATURE OF CERAMICS OF ANCIENT KIEV

The composition of the ceramic fragments of the 11—17th centuries from the foundation excavations of St. Michael's Monastery (Kyiv) has been studied. It is shown that the majority of the investigated objects were made of kaolin clay, and the rest — from smectite at a maximum temperature of firing ~850 °C. The main crystal admixture in ceramics are quartz grains, averaging 22 % of volume. In some specimens there is a broad halo of angles 19–22° 2θCu_{Kα}. After heating up to 900 °C cristobalite appeared in the samples. Besides, there are very faint lines on diffractograms that are interpreted as relics of maximum strong feldspars, carbonates and non-basal reflections of layered silicates. Hematite was found in some specimens. The sample of the 11th century contained phosphorus and phosphates: anhydrous phosphate near whitlockite and lead-calcium phosphate (close to the Pb glaze action) occurred near CaPb₂(PO₄)₂Cl. The source of phosphorus could be bones — the traditional admixture in the Eastern ceramics of that time.

УДК 552.232 + 550.42 : (546.42 + 546.657)

Л.В. Шумлянський

Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення
ім. М.П. Семененка НАН України
03680, м. Київ-142, Україна, пр. Акад. Палладіна, 34
E-mail: lshumlyanskyy@yahoo.com

ЕВОЛЮЦІЯ ВЕНДСЬКОГО ТРАПОВОГО МАГМАТИЗМУ ВОЛИНІ

Відклади волинської серії венду поширені на північному заході України, південному заході Білорусі та сході Польщі. На території України вулканогенна товща складена вулканітами основного й ультраосновного складу. Крім того, серед відкладів рифейської поліської серії відомі інтузивні тіла долеритів. На території України трапова формaciя представлена такими типами ефузивних та інтузивних порід (згори донизу): 1 — високотитаністі толейтovі базальти якушівських верств ратнівської світи; 2 — низькотитаністі низьконіобієві толейтovі базальти нижньої частини ратнівської світи (луччівські верстви); 3 — низькотитаністі глиноземисті базальтові потоки бабинської світи; 4 — олівінові базальти заболотівської світи; 5 — локально проявлені пікрити у складі горбащівської світи; 6 — сили олівінових долеритів і габро-долеритів серед порід поліської серії. Хімічний склад мінералів та порід формaciї закономірно варіює за її розрізом. Зокрема, найбільш основні плагіоклази (до $An_{86}Ab_{14}$), високомагнезіальні орто- ($En_{82}Fs_{13}Wo_5$) та клінопіроксени ($En_{59}Fs_9Wo_{32}$) характерні для пікритів. Крім того, ці породи містять вкраплення олівіну, а рудний мінерал репрезентований переважно хромітом. Угору за розрізом волинської серії основність плагіоклазів і магнезіальність піроксенів поступово зменшуються. Олівін ще наявний у базальтах бабинської світи, а вище за розрізом зникає зі складу порід. Вкраплення плагіоклазу в базальтах ратнівської світи за складом дуже близькі до плагіоклазів основної маси пікритів або ж базальтів заболотівської світи. Інтузивні долерити за складом мінералів подібні до базальтів ратнівської серії, але на відміну від них містять олівін замість ортопіроксену. Магнезіальність порід формaciї поступово і закономірно скорочується вгору за розрізом від $\#Mg = 69-73$ у пікритах до 35–60 у високотитаністих базальтах ратнівської світи та інтузивних долеритах. Концентрація РЗЕ і ступінь їх фракціонування поступово зростає вгору за розрізом. Втім існує виключення із цієї загальної тенденції — найвищий вміст РЗЕ притаманний базальтам бабинської світи. Негативна європієва аномалія властива пікритам та деяким з базальтів бабинської світи; слабка позитивна аномалія європію — низькотитаністим базальтам ратнівської світи та високотитаністим долеритам. Ізотопний склад неодиму поступово зростає від $\epsilon_{Nd} = -12$ у пікритах до $\epsilon_{Nd} = -1...-6$ та $-1...-3$ у високотитаністих базальтах ратнівської світи та долеритах відповідно. Проте і в цьому ряду є виключення — базальти заболотівської світи мають $\epsilon_{Nd} = -1$. Ефузиви кожної зі світів волинської серії формувалися із окремих порцій мантійних розплавів, кожна з яких мала специфічні геохімічні та ізотопні характеристики. Кожен цикл вулканізму відокремлений від інших туфовими товщами або перервами у вулканічній діяльності. Джерелом вихідних розплавів була літосферна речовина, але з часом глибина джерела збільшувалась. Початок формування високотитаністих розплавів знаменує переход осередку плавлення в сублітосферну мантію, де джерелом плавлення була плюмова речовина. Породи різних світів зазнавали різного ступеня контамінації коровою (та, вірогідно, мантійно-літосферною) речовиною, а також розрізнялися за геохімічними характеристиками джерел.

Передмова. Першою фундаментальною роботою, присвяченою дослідженню мінералогії порід трапової формaciї Волині (і магматичних комплексів Західної Волині взагалі), була опублікована в 1960 р. у Львові монографія Є.К. Лазаренка зі співавторами "Мінералогія вивергених комплексів Західної Волині". Окрім власне мінералогічних питань, авторами

зазначененої роботи детально описано петрографію базальтів Волині, а також розглянуто деякі питання їх походження. Стаття, що пропонується увазі читачів, значною мірою базується на підвілинах, закладених півторіччя тому видатним українським вченим-мінералогом Євгеном Костянтиновичем Лазаренком.

Вступ. Відклади волинської серії венду поширені на північному заході України, південному заході Білорусі та сході Польщі. На те-

риторії України вулканогенна товща складена ефузивами та туфами основного й ультраосновного складу, більш кислі відміні відомі лише в Білорусі. У розрізі волинської серії виділяють чотири світи [1]. Нижня горбашівська світа потужністю до 50 м складена гравелітами, пісковиками, аргілітами, які у верхній частині містять домішку туфового матеріалу. В окремих випадках були зафіковані потоки пікriticів. Наступною у розрізі є заболотівська світа потужністю до 166 м, складена переважно потоками олівінових базальтів з підпорядкованою кількістю туфових прошарків. Ці породи перекриваються відкладами бабинської світи, потужність яких сягає 200 м. Пірокластичні породи різко домінують у складі світи, хоча в центральній частині її розрізу нерідко відзначаються один або два базальтових потоки. Нарешті, верхня частина розрізу волинської серії утворена найбільш розповсюдженою ратнівською світою, потужність якої становить до 207 м. Складена світа переважно толеїтовими базальтами, як високо-, так і низькотитаністими. Товща небазальтових вулканітів розвинена на території Білорусі в центральній частині Подлясько-Брестської западини на площі 2,4 тис. км² і презентована породами нормального і сублужного рядів. Потужність товщі — 57–112 м, вона складена одним–трьома потоками і малопотужними пачками туфів [3, 4 та ін.].

Крім того, серед відкладів рифейської поліської серії виявлені інтузивні тіла долеритів та габро-долеритів, належність яких до трапової формациї не доведена. У Подністров'ї відома вулканогенна товща потужністю до 40–50 м, складена двома потоками базальтів та їх туфами. Вона виділена у складі кам'янської світи, проте її стратиграфічне положення та належність до волинської серії також лишаються дискусійними [11].

Результати дослідження геохімічних і ізотопно-геохімічних особливостей ефузивних та інтузивних порід Волині із застосуванням сучасних аналітичних методик викладені у багатьох роботах [5–7, 9, 14, 15]. Проте до цього часу відсутні роботи, де розглянуто всю трапову формaciю Волині, а також петрогенезис кожної зі світ та еволюцію магматизму в цілому. Саме цьому питанню і присвячена дана робота, метою якої є розгляд еволюції трапового магматизму Волині, що базується на результатах сучасних аналітичних досліджень.

Петрографія ефузивних порід волинської серії. Петрографія порід *ратнівської світи* детально описана в попередній публікації автора [8], згідно з якою типовий базальт, що належить до цієї світи, містить 1–15 % заміненого на палагоніт вулканічного скла. Вміст породоутворювальних мінералів зазвичай непостійний, %: плагіоклаз — від 65–70 до 45–50, піроксени (моноклінний і ромбічний) — від 20–25 до 35–40, рудні мінерали — 5–10.

Базальти бабинської світи зазвичай мають офітову та субофітову будову, завдяки чому їх нерідко описують як долеритові інтрузиви (див., зокрема [2]). Структури порід переважно порфірові або ж мікропорфірові, від повнокристалічних до інтерсерталічних. Досліджені авторами роботи [14] базальти бабинської світи не мали олівіну, натомість містили змінене інтерстиційне скло. Водночас долерити, досліджені [2], були повнокристалічними та містили до 15 % зміненого олівіну. Згідно зі спостереженнями автора, базальти бабинської світи відрізняються від базальтів ратнівської вищим вмістом клінопіроксену (до 40 %), підвищеним ідіоморфізмом плагіоклазу та наявністю повністю змінених дрібних кристалів олівіну.

Базальти заболотівської світи на загал презентовані олівіновими відмінами. Структура неповнокристалічна, рівномірнозерниста, текстура зазвичай мигдалекам'яна. Мінеральний склад, %: плагіоклаз — 30–50, релікти олівіну — 3–5, клінопіроксен — 20–40, змінене вулканічне скло та рудні мінерали — до 20–25.

Плагіоклаз утворює численні дрібні ($0,1 \times 0,5$ мм) таблитчасті кристали, центральні ділянки яких нерідко замінені (пелітизовані, хлоритизовані). Клінопіроксени розташовуються в інтерстиціях кристалів плагіоклазу, де утворюють більш-менш свіжі гіпідіоморфні до ксеноморфних кристали. Олівін у вигляді нечисленних ізометричних гіпідіоморфних зерен розміром до 0,5 мм повністю замінений на боулінгітоподібну масу. Іноді спостерігались скupчення кристалів олівіну розміром до 1 мм. Інтерстиції виповнені темним до непрозорого, озализним склом, що містить скелетні виділення рудних мінералів.

Інтузивні тіла габро-долеритів слабодиференційовані. Їх петрографічні особливості описано в роботі [10], згідно з якою головною породною відміною є олівіновий долерит, часто

суттєво змінений. Структура порід переважно середньо-, рівномірнозерниста до нерівномірнозернистої, гіпдіоморфнозерниста, субофітова до офтітової. Текстура масивна. Головними породоутворюальними мінералами є, %: плагіоклаз (40–65), олівін (5–20, іноді відсутній), авгіт (15–35), рудні (5, іноді — до 10–15). Новоутворені мінерали — хлорит (до 5–10) та серпентин.

Пікрити — олівінфірові породи з тонкозернистою структурою основної маси. Мінеральний склад досліджених автором пікристів такий, об. %: вкраплення олівіну — 15; основна маса: клінопіроксен — 50, плагіоклаз — 50.

У породі широко розповсюджені ідіоморфні порфірові вкраплення олівіну ізометричної або дещо видовжено-призматичної форми. Розмір кристалів становить 0,4–0,6, зрідка сягає 2 мм. Олівін повністю замінений. Найбільш розповсюдженим мінералом, що розвивається по олівіну, є безбарвний амфібол з прямим погасанням. Менше поширені карбонат і хлорит. Усі вкраплення олівіну оточені малопотужною облямівкою яскраво-червоного буолінгіту.

Основна маса складена дуже дрібними (максимальний розмір — до 0,02 × 0,1 мм) кристалами піроксену і плагіоклазу, кількість яких майже однакова. Подеколи порода набуває дещо більш крупнозернистої будови з типовими скелетними (дендритоподібними) кристалами плагіоклазу. На таких ділянках присутня невелика кількість (до 2–3 %) видовжено-призматичних кристалів рудного мінералу, цілком ідіоморфних.

Інколи розвинений тонкозернистий карбонат. Навколо порфірових вкраплень олівіну нерідко зафіковано дрібні ідіоморфні виділення хроміту.

Хімічний склад ефузивів волинської серії. Трапову формацію Волині на території України складають такі типи ефузивних та інtrузивних порід (згори донизу): 1 — високотитанисті толеїтові базальти, які утворюють якушівські верстви ратнівської світи; 2 — низькотитанисті низьконіобієві толеїтові базальти, що формують нижню частину ратнівської світи (лучічівські верстви); 3 — низькотитанисті глиноземисті базальтові потоки у складі бабинської світи і, можливо, деякі з нижніх потоків ратнівської світи; 4 — олівінові базальти заболотівської світи; 5 — локально

розповсюджені пікрити у складі горбашівської світи; 6 — сили олівінових долеритів і габродолеритів серед порід поліської серії. Розглянемо послідовно всі ці типи порід.

Високотитанисті базальти якушівських верств ратнівської світи є найбільш залізистими базальтоїдними породами волинської серії ($\#Mg = 58,0–34,7$, див. результати хімічних аналізів у роботі [8]). На варіаційних діаграмах вони утворюють закономірні тренди еволюції хімічного складу: зі скороченням магнезіальності порід дещо зростає вміст SiO_2 , TiO_2 , K_2O , Ba , Hf , Rb , Zr , а вміст Co та Ni , на відміну, зменшується. Вміст Al_2O_3 і CaO в породах спочатку зростає зі зменшенням магнезіальності, але коли вона досягає 50, починається зменшення їхнього вмісту, що пов’язано зі зростанням ролі плагіоклазу. Втім вміст Na_2O залишається таким, як і раніше.

Характерною рисою високотитанистих базальтів, яка виділяє їх з-поміж усіх інших ефузивів формації, є високий вміст TiO_2 (вищий 1,80 %, у переважній більшості випадків — понад 2,00 %). Більш високий вміст цього компонента мають лише інtrузивні олівінові долерити і габро-долерити серед пісковиків поліської серії. Так само високим є вміст цирконію і гафнію, який у середньому перевищує вміст цих елементів в інших ефузивах Волині (рис. 1). Вміст барію та хрому є найнижчим.

На хондритнормованих варіаційних діаграмах вмісту РЗЕ високотитанисті базальти проявляють тенденцію до закономірного поступового зменшення вмісту від 40–80 хондритнормових норм (х. н.) для лантану, до 7–15 — для лютесію. При цьому європієва аномалія взагалі відсутня або наявна дуже слабка негативна (рис. 2).

Хондритнормований розподіл мікроелементів характеризується великим діапазоном варіацій значень вмісту найбільш некогерентних елементів, у першу чергу, рубідію та калію, що пов’язане з високою мобільністю цих елементів під час вторинних змін. У цілому спайдерграма розподілу мікроелементів характеризується поступовим скороченням хондритнормованого вмісту від найбільш некогерентних елементів до когерентних. При цьому спостерігаються чіткі негативні піки стронцію та фосфору. Nb-Ta негативна аномалія дуже слабка.

Низькотитанисті низьконіобієві толеїтові базальти лучічівських верств ратнівської світи

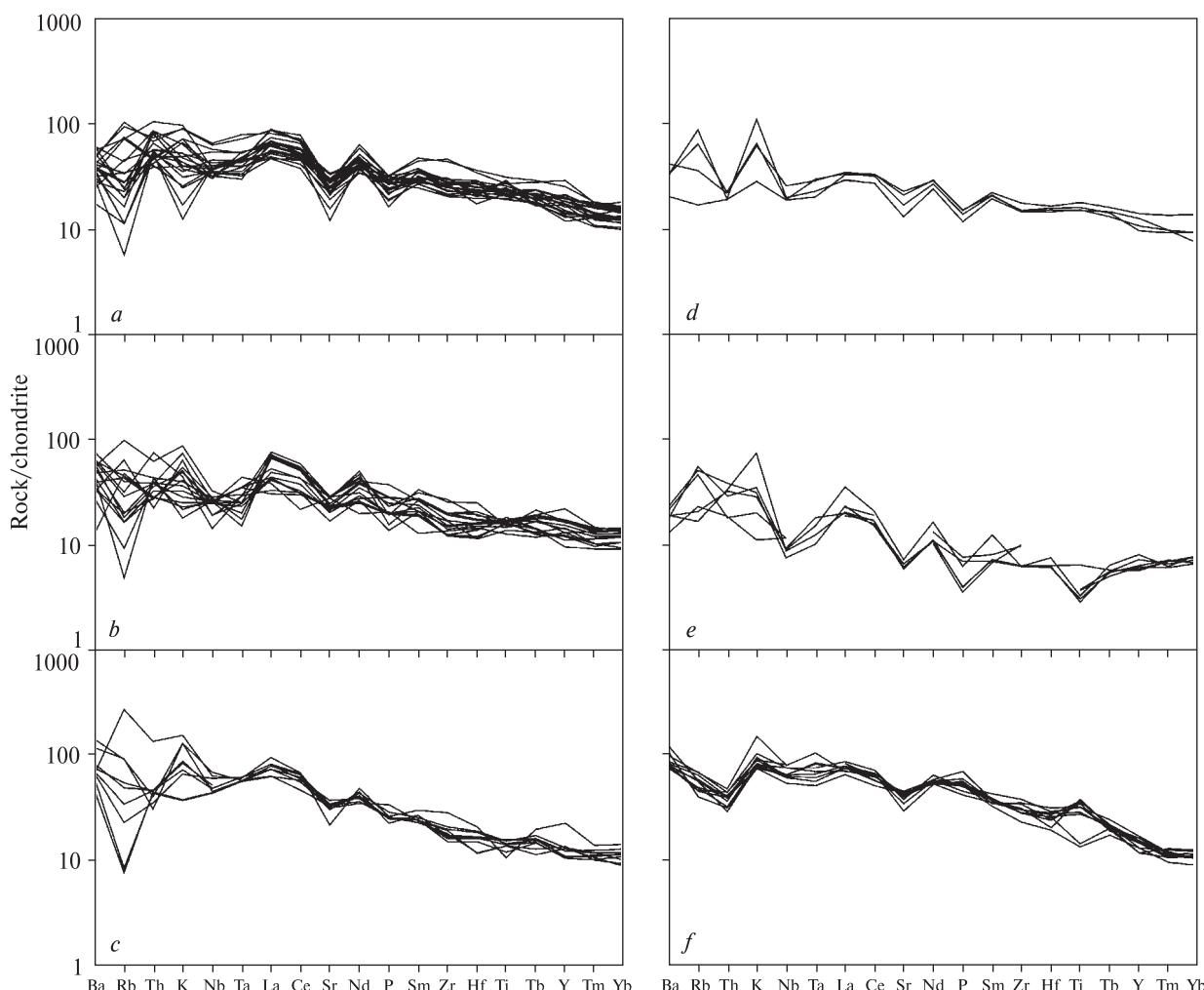


Рис. 1. Хондритнормований розподіл мікроелементів у породах трапової формації Волині: *a* — високотитаністі базальти якушівських верств ратнівської світи; *b* — низькотитаністі низьконіобієві толеїтові базальти лучічівських верств ратнівської світи; *c* — низькотитаністі глиноземисті базальтові потоки бабинської світи; *d* — олівінові базальти заболотівської світи; *e* — пікрити; *f* — олівінові долерити інтрузивних тіл

Fig. 1. Chondrite-normalized pattern of trace elements in the Volynian continental flood basalts: *a* — high-Ti basalts of the Ratne suite; *b* — low-Ti and -Nb basalts of the Ratne suite; *c* — low-Ti high-Al basalts of the Babino suite; *d* — olivine basalts of the Zabolotya suite; *e* — picrites; *f* — intrusive olivine dolerite

характеризуються змінною магнезіальністю — від 59,0 до 39,2. Вміст більшості петrogenічних оксидів не залежить від магнезіальністі, тоді як вміст некогерентних мікроелементів дещо зростає зі зниженням магнезіальністі порід.

Хондритнормований розподіл РЗЕ у базальтах лучічівських верств дещо нижчий від такого в базальтах якушівських верств. Помірна європієва аномалія (як негативна, так і позитивна) встановлена лише в поодиноких зразках.

Розподіл мікроелементів у лучічівських базальтах дещо відмінний від такого в якушівських. Так, їм притаманний нижчий вміст найбільш некогерентних елементів (так само з

високою дисперсією значень вмісту Rb та K), доволі чітко проявлені в більшості зразків негативна Nb-Ta аномалія, а також слабо виражені негативні піки Sr та P.

Низькотитаністі глиноземисті базальти бабинської світи за багатьма ознаками дуже подібні до базальтів лучічівських верств. На більшості варіаційних діаграм вони утворюють єдине поле і проявляють подібні закономірності еволюції хімічного складу. Проте існують і певні відмінності у складі, які дозволяють чітко їх розрізняти. Загалом, базальти бабинської світи дещо більш магнезіальні — #Mg варіює від 65,9 до 45,8 (табл. 1). Найбільш чітко відмінність між ними проявлені у

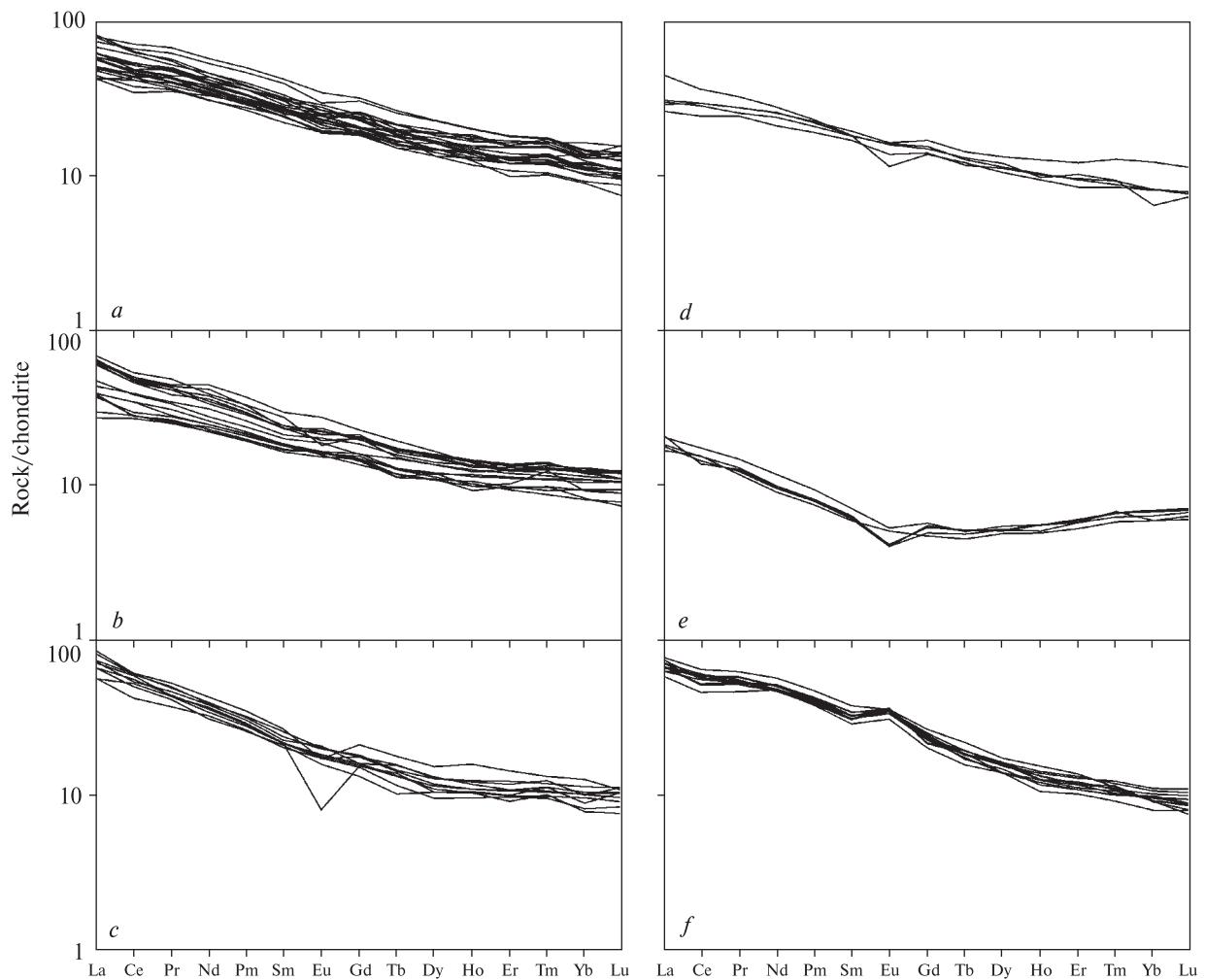


Рис. 2. Хондритнормований розподіл РЗЕ в породах трапової формації Волині. Позначення див. на рис. 1
Fig. 2. Chondrite-normalized REE pattern in the Volynian continental flood basalts. Legend see on Fig. 1

вмісті Al_2O_3 (13,22–14,71 % у лучічівських верствах проти 13,79–17,41 % в бабинських), K_2O (0,23–1,26 проти 0,46–2,23 %), Ba (191–613 і 266–1455 г/т), Sr (198–341 і 239–629 г/т), Nb (5–11 і 12–24 г/т), Ni (24–121 і 103–168 г/т) та V (269–458 і 195–384 г/т). Особливо чітко це проявлено на діаграмі $\text{Ni} - \text{Nb}$, на якій ці базальти утворюють окремі поля (рис. 3).

Хондритнормований розподіл РЗЕ у бабинських базальтах має певні особливості. Так, концентрація легких РЗЕ є найвищою серед усіх базитових ефузивів трапової формації Волині (вміст La становить 55–84 х. н.), водночас вміст важких РЗЕ — на рівні інших світ (вміст Lu — 7–11 х. н.). При цьому зменшення вмісту від легких до важких РЗЕ відбувається не рівномірно по всьому спектру, як у базальтах ратнівської світи, а доволі стрімко від La до Dy; далі, в області важких РЗЕ, їх

вміст є більш-менш сталим. Негативна Eu аномалія різної інтенсивності зафікована лише в кількох зразках.

Хондритнормована спайдерграма розподілу мікроелементів у базальтах бабинської світи також має свої особливості. Так, ці базальти характеризуються помірно високим вмістом найбільш некогерентних елементів, значно вищим від такого в базальтах ратнівської світи. Зазначимо високу дисперсію значень вмісту Rb та K , яка спостерігалась і в базальтах ратнівської світи. Вміст мікроелементів більш-менш рівномірно зменшується від найбільш некогерентних елементів до помірно когерентних. Вміст останніх в базальтах бабинської світи на тому ж рівні, що і в базальтах ратнівської. $\text{Nb}-\text{Ta}$ негативна аномалія відсутня або проявлена слабо. Так само практично не проявлена негативна аномалія P , негативна

Таблиця 1. Хімічний склад базальтів бабинської світи
 Table 1. Chemical composition of the Babino suite basalts

Компо-нент	P1-35	P1-45	P1-38	P1-40	8265/179-181	8265/167	8265/176,3	8265/192,5	8265/228,9
SiO ₂	43,52	49,35	47,73	46,07	47,17	43,62	47,80	45,48	50,83
TiO ₂	1,48	1,40	1,45	1,18	1,47	1,34	1,67	1,51	1,75
Al ₂ O ₃	15,46	16,14	16,52	15,35	15,3	15,29	15,02	14,69	13,77
Fe ₂ O ₃	7,88	14,02	14,62	10,57	14,10	4,86	15,82	5,48	13,73
FeO	5,00	—	—	4,29	—	7,20	—	7,06	—
MnO	0,52	0,22	0,74	0,27	0,18	0,34	0,28	0,39	0,12
MgO	8,78	5,65	7,31	7,25	6,17	7,45	6,53	5,87	12,68
CaO	4,51	8,85	6,20	5,32	8,82	8,97	9,02	9,68	2,98
Na ₂ O	3,95	2,66	3,14	3,40	2,62	2,26	2,66	2,42	2,31
K ₂ O	1,17	1,29	1,80	1,79	1,12	0,50	0,75	0,46	1,53
P ₂ O ₅	0,22	0,20	0,21	0,25	0,30	0,24	0,23	0,25	0,14
H ₂ O ⁻	0,86	—	—	0,46	—	4,53	—	2,97	—
В. п. п.	6,46	—	—	3,74	2,60	3,42	—	3,74	—
Сума	99,81	99,78	99,72	99,94	99,88	100,03	99,78	100,04	99,83
#Mg	57,8	45,8	51,2	49,8	47,9	54,9	46,4	48,0	65,9
Ba	566	575	1455	975	501	322	510	415	226
Co	69	—	—	53	58	63	—	57	—
Cs	1,4	—	—	0,6	<0,1	0,0	—	0,0	—
Ga	28	18	20	21	22	23	21	20	22
Hf	3	3	5	3	4	3	3	3	4
Nb	17	19	19	16	19	15	19	15	12
Rb	17,1	23,0	23,0	31,7	18,5	2,7	6,0	2,9	57,0
Sr	361	629	429	407	468	440	446	381	239
Ta	1,2	—	—	1,1	1,3	1,1	—	1,1	—
Th	1,9	3,0	4,9	1,7	1,9	1,9	4,0	1,8	6,0
U	0,4	—	—	0,4	0,4	0,4	—	0,4	—
V	266	279	303	277	297	284	339	288	384
Zr	118	121	125	103	130,8	115	143	111	126
Y	24,6	22,0	23,0	21,3	28,8	21,0	25,0	21,9	27,0
La	26,8	—	—	25,7	29,7	20,4	—	24,1	—
Ce	57,5	50,0	47,0	56,0	56,6	49,5	47,0	52,9	31,0
Pr	6,70	27,00	27,00	5,90	6,79	5,90	25,00	6,00	11,00
Nd	27,8	—	—	25,5	27,3	24,2	—	25,2	—
Sm	5,5	—	—	5,0	5,9	4,9	—	5,0	—
Eu	1,70	—	—	1,50	1,75	1,60	—	1,50	—
Gd	5,60	—	—	4,70	5,37	4,90	—	5,40	—
Tb	0,84	—	—	0,76	0,91	0,78	—	0,82	—
Dy	4,80	—	—	4,30	4,91	4,20	—	4,50	—
Ho	1,10	—	—	0,93	1,04	0,89	—	0,93	—
Er	3,10	—	—	2,70	2,94	2,50	—	2,70	—
Tm	0,42	—	—	0,38	0,44	0,35	—	0,37	—
Yb	2,80	—	—	2,50	2,49	2,40	—	2,50	—
Lu	0,43	—	—	0,37	0,43	0,35	—	0,40	—
Mo	0,2	—	—	0,3	0,5	0,5	—	0,4	—
Cu	229	274	194	162	118,4	324	433	334	157
Pb	16	13	19	18	2	6	7	6	11
Zn	220	—	—	170	91	152	—	129	—
Cr	73	66	77	53	68	59	83	58	287
Ni	120	109	113	115	111	168	110	128	103
Sc	32	—	—	27	30	28	—	29	—
Be	1,6	—	—	1,2	—	1,1	—	1,1	—
Li	40,2	—	—	32,2	—	9,2	—	7,1	—
Sn	6,8	—	—	6,4	—	3,5	—	3,6	—

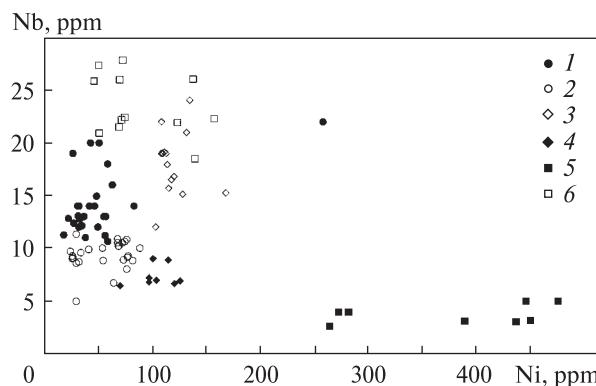


Рис. 3. Вміст Ni та Nb у породах трапової формації Волині: 1 — високотитанисті базальти якушівських верств ратнівської світи; 2 — низькотитанисті низьконіобієві толеїтові базальти лучічівських верств ратнівської світи; 3 — низькотитанисті глиноземисті базальтові потоки бабинської світи; 4 — олівінові базальти заболотівської світи; 5 — пікрити; 6 — олівінові долерити інтузивних тіл

Fig. 3. Concentrations of Ni and Nb in the Volynian flood basalts: 1 — high-Ti basalts of the Ratne suite; 2 — low-Ti and -Nb basalts of the Ratne suite; 3 — low-Ti high-Al basalts of the Babino suite; 4 — olivine basalts of the Zabolotya suite; 5 — picrites; 6 — intrusive olivine dolerite

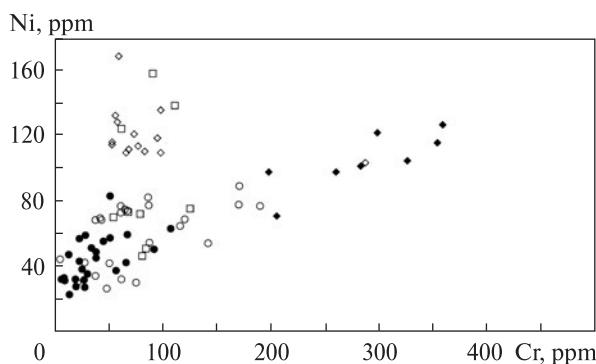


Рис. 4. Вміст Ni та Cr у породах трапової формації Волині. Позначення див. на рис. 3. Вміст Cr у пікритах становить 1420—2440 г/т (на рисунку не показаний)

Fig. 4. Concentrations of Ni and Cr in the Volynian flood basalts. Legend see on Fig. 3. Note, that due to the high Cr abundance (1420—2440 ppm) picrites are not shown on this figure

аномалія Sr в цих породах зберігається, але є незначною.

Олівінові базальти заболотівської світи мають найвищу серед всіх базальтових порід волинської серії магнезіальність (від 58,8 до 70,4) (табл. 2). Відповідно, вони мають найвищий вміст Cr (205—360 г/т) та високий вміст Ni (71—126) (рис. 4).

Базальти заболотівської світи мають тенденцію до зміни хімічного складу зі зменшен-

ням магнезіальності: дещо зростає вміст TiO_2 , Ba , Zr , доволі стрімко — K_2O , Rb , V ; дещо ско-рочується вміст SiO_2 . Отже, процеси фракційної кристалізації відігравали значну роль у еволюції цих порід.

Базальти світи мають невисокий вміст некогерентних мікроелементів. Хондритнормований розподіл РЗЕ відрізняється низькою концентрацією легких РЗЕ (вміст La становить 28—44 х. н.), а вміст важких РЗЕ відповідає такому в інших відмінах базальтів Волині (концентрація Lu становить 7 х. н.). Загалом, спостерігається поступове закономірне зменшення вмісту РЗЕ від легких до важких. В одному зі зразків проявлені чітка негативна Eu аномалія.

Хондритнормований розподіл мікроелементів у базальтах заболотівської світи чітко відрізняється від усіх описаних вище. Зокрема, їм притаманний більш-менш плаский або навіть "куполоподібний" характер розподілу мікроелементів — найбільшими хондритнормованими концентраціями відрізняються помірно некогерентні елементи — легкі та середні РЗЕ. Вміст найбільш некогерентних літофільних елементів з великими іонами (Ba, Rb, Th, K) порівняно низький. Nb-Ta, Sr та P аномалії присутні, але проявлені дуже слабо.

Пікрити є рідкісними породами. Вони відрізняються високою магнезіальністю (68,6—73,3) та підвищеним вмістом MgO — 12,05—14,54 % (табл. 2). Такий специфічний хімічний склад позначається і на вмісті інших елементів: вміст некогерентних елементів можна охарактеризувати як понижений, а когерентних — як підвищений.

Пікрити мають закономірні варіації вмісту деяких з елементів (компонентів) залежно від магнезіальності. Так, вміст SiO_2 дещо зменшується зі зменшенням магнезіальності (на загал, пікрити Волині відрізняються високим вмістом SiO_2 — 48,84—50,36, а в двох зразках навіть 54,09 та 57,06 %), а TiO_2 , Zr — дещо зростає, Al_2O_3 — зростає дуже сильно (від 11,30 до 14,72 %). Пікрити вирізняються дуже високим вмістом Cr (1420—2440) і Ni (264—476 г/т), який є найвищим серед всіх порід трапової формації Волині (рис. 4).

Пікрити мають велими специфічний профіль хондритнормованого розподілу РЗЕ. На загал, вміст РЗЕ є найнижчим серед усіх порід трапової формації Волині — для La він становить 17—20 х. н., а для Lu — 6—7. Але най-

Таблиця 2. Хімічний склад базальтів заболотівської світи і пікритів горбашівської світи

Table 2. Chemical composition of the Zabolottya suite basalts and Gorbashi suite picrites

Компо-нент	Заболотівська світа							Горбашівська світа			
	8265/275,5	8265/257,5	8265/276,2	8265/289	8265/261,3	8265/296,5	8265/309,7	P1-78	P1-79	P1-76	P1-77
SiO ₂	47,18	49,47	48,95	48,20	46,61	45,09	49,01	47,87	47,70	47,81	47,54
TiO ₂	1,45	1,56	1,76	1,64	1,53	1,49	1,83	0,28	0,63	0,34	0,35
Al ₂ O ₃	13,18	13,73	14,89	13,50	13,58	12,21	14,94	11,60	11,43	11,96	12,29
Fe ₂ O ₃	11,40	12,80	12,68	11,93	11,96	11,38	14,21	2,37	2,80	11,63	11,29
FeO	—	—	—	—	—	—	—	7,65	6,86	—	—
MnO	0,19	0,21	0,16	0,17	0,16	0,15	0,25	0,17	0,17	0,19	0,18
MgO	9,73	12,07	10,51	10,82	10,92	10,16	9,66	14,33	14,36	14,01	14,47
CaO	7,37	5,62	6,81	6,36	5,36	5,14	6,39	9,14	9,83	8,36	8,99
Na ₂ O	2,90	2,68	3,23	2,32	2,62	2,25	2,49	1,22	1,22	1,98	1,36
K ₂ O	0,38	1,57	0,69	0,92	1,33	0,82	0,88	0,39	1,02	0,93	1,06
P ₂ O ₅	0,15	0,12	0,14	0,14	0,16	0,19	0,16	0,04	0,04	0,04	0,04
C	0,3	—	—	—	0,09	0,52	—	—	—	—	—
H ₂ O [—]	—	—	—	—	—	—	—	1,23	1,03	—	—
В.п.п.	6,20	—	—	—	6,80	11,10	—	3,24	2,55	2,69	1,99
Сума	100,18	99,83	99,83	100,00	100,09	100,02	99,80	99,54	99,64	99,59	99,56
#Mg	64,2	66,4	63,5	65,5	65,7	65,2	58,8	73,5	74,3	71,6	72,9
Ba	140	222	259	221	365	640	281	128	129	600	650
Co	44	50	—	51	48	42	40	68	68	—	—
Cs	0,2	—	—	0,5	0,3	0,5	—	0,4	0,3	—	—
Ga	21	17	22	20	20	16	19	12	11	11	13
Hf	3	3	4	3	3	3	3	1	1	4	3
Nb	7	7	9	7	7	7	9	3	3	5	5
Rb	5,9	30,0	11,0	22,2	29,9	18,2	12,3	7,2	5,7	33,0	44,0
Sr	246	154	291	198	368	560	266	77	69	131	164
Ta	0,4	0,5	—	0,6	0,4	0,4	0,6	0,4	0,3	—	—
Th	0,8	0,8	4,0	0,9	1,0	1,0	0,9	1,3	1,4	3,0	4,0
U	0,2	0,2	—	0,3	0,1	0,3	0,4	0,3	0,3	—	—
V	314	318	382	354	322	315	340	205	192	234	240
Zr	100	99	127	102	109	105	119	42	43	60	60
Y	25,0	21,1	20,0	19,1	23,4	28,6	27,6	11,7	11,3	14,0	13,0
La	10,5	9,5	—	10,9	11,6	13,3	11,2	6,5	6,7	—	—
Ce	28,0	23,2	23,0	26,9	28,9	36,0	28,0	13,6	14,4	17,0	6,0
Pr	3,75	3,3	13,00	3,4	3,77	4,93	3,8	1,70	1,80	7,00	11,00
Nd	18,2	14,9	—	16,8	17,7	20,1	18,0	6,7	7,0	—	—
Sm	4,2	3,9	—	4,2	4,4	5,3	4,4	1,4	1,5	—	—
Eu	1,38	1,2	—	1,40	1,5	1,82	1,4	0,36	0,35	—	—
Gd	4,53	4,3	—	4,70	4,88	5,83	5,2	1,60	1,70	—	—
Tb	0,75	0,67	—	0,73	0,83	0,96	0,83	0,29	0,30	—	—
Dy	4,55	4,2	—	4,30	4,42	5,51	5,0	1,90	2,00	—	—
Ho	0,83	0,86	—	0,88	0,86	0,99	1,10	0,47	0,47	—	—
Er	2,53	2,40	—	2,30	2,5	2,7	3,00	1,50	1,50	—	—
Tm	0,33	0,33	—	0,31	0,35	0,38	0,46	0,24	0,23	—	—
Yb	1,59	2,00	—	2,00	1,46	1,99	3,00	1,70	1,70	—	—
Lu	0,28	0,29	—	0,30	0,33	0,30	0,43	0,27	0,26	—	—
Mo	0,4	0,3	—	0,4	0,2	0,2	0,3	0,3	0,1	—	—
Cu	47	165	154	145	16	21	164	194	97	263	213
Pb	3	8,8	8	9	2,6	3,5	20,5	11	7	11	8
Zn	104	125	—	133	77	80	164	85	91	—	—
Cr	205	303	283	299	260	198	293	1537	1420	2226	2440
Ni	71	119	101	121	97	97	106	450	437	446	476
Sc	32	42	—	35	33	28	46	48	42	—	—
Be	—	0,3	—	0,5	—	—	0,9	0,4	0,4	—	—
Li	—	13,2	—	10,6	—	—	35,3	12,5	16,8	—	—
Sn	—	6,3	—	6,0	—	—	6,3	8,5	4,1	—	—

менші значення концентрації мають середні РЗЕ — 5—6 х. н. Отже, розподіл РЗЕ характеризується увігнутим донизу профілем. Іншою особливістю є наявність майже у всіх зразках суттєвої негативної Eu аномалії.

Хондритнормований профіль мікроелементів також доволі специфічний. Він має "пилкаподібний" вигляд з чіткими негативними аномаліями вмісту Ba, Nb—Ta, Sr, P та Ti. На загал, вміст мікроелементів є найнижчим серед всіх порід трапової формациї. Він закономірно скорочується від найбільш некогерентних до більш когерентних; найменший хондритнормований вміст — у Hf, Ti і Tb; далі, в напрямку до менш некогерентних важких РЗЕ хондритнормований вміст знову починає зростати.

Сили олівінових долеритів вирізняються з-поміж всіх порід трапової формациї Волині своїм складом, #Mg варіює від 40,4 до 60,3 [10], тобто на тому ж рівні, що і в більшості базальтів. Зі зростанням магнезіальноти закономірно зменшується вміст SiO_2 , K_2O , Ba, Hf,

Rb, V, Zr, Zn, Ni та зростає — Co. Отже, в ході еволюції розплави накопичують некогерентні елементи, що не увійшли до складу жодного з породоутворювальних мінералів.

Долеритам, у порівнянні з ефузивними породами трапової формациї Волині, включаючи й пікрити, притаманний найнижчий вміст SiO_2 і V та найвищий — TiO_2 , K_2O , P_2O_5 і Sr. Вони характеризуються повільним, але цілком закономірним зменшенням вмісту РЗЕ від 72—56 х. н. для La до 9—7 — для Lu та наявністю незначної негативної аномалії Ce і позитивної Eu. Вміст легких та середніх РЗЕ у долеритах Волині загалом вищий, ніж у базальтах, а концентрація важких РЗЕ в долеритах — на рівні найнижчого вмісту в базальтах. Отже, РЗЕ в долеритах є більш фракціонованими, ніж в базальтах. Крім того, для базальтів характерна помірно негативна аномалія Eu.

Вміст найбільш некогерентних елементів у габро-долеритах становить 70—120 х. н., а більш сумісних знижується до 10 норм. На діаграмі спостерігається "плато" високих значень вміс-

Таблиця 3. Ізотопний склад стронцію та неодиму в породах трапової формациї Волині

Table 3. Isotope composition of Sr and Nd in Volynian flood basalts

Проба	Вміст, г/т		Ізотопні співвідношення			Sr ₍₅₅₀₎	Вміст, г/т		Ізотопні співвідношення			Nd ₅₅₀
	Rb	Sr	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(0)}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(550)}$		Sm	Nd	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}_{(0)}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}_{(550)}$	
<i>Сили олівінових долеритів / Intrusions of olivine dolerite</i>												
60/1	20,6	456,2	0,1305	$0,707112 \pm 10$	0,706089	29,2	6,9	31,3	0,1342	$0,512313 \pm 7$	0,511830	-2,0
60/130	15,6	401,0	0,1125	$0,707031 \pm 7$	0,706150	32,6	6,7	29,5	0,1372	$0,512334 \pm 8$	0,511839	-1,8
94/126	28,0	334,0	0,2426	$0,708164 \pm 8$	0,706262	31,6	6,7	30,0	0,1356	$0,512317 \pm 7$	0,511828	-2,0
<i>Високотитанисті базальти якушівських верств ратнівської світи / High-Ti basalts of the Ratne suite</i>												
8253/320,5	15,3	322,0	0,1375	$0,709808 \pm 11$	0,708730	66,7	6,9	30,2	0,1381	$0,512165 \pm 7$	0,511667	-5,1
Янова	12,1	347,6	0,1007	$0,705887 \pm 6$	0,705097	15,1	7,2	29,4	0,1479	$0,512418 \pm 7$	0,511885	-0,9
Долина	15,3	342,3	0,1297	$0,706170 \pm 13$	0,705150	18,0	7,4	31,0	0,1449	$0,512400 \pm 6$	0,511878	-1,0
<i>Низькотитанисті низьконіобеві толейтові базальти лучічинських верств ратнівської світи / Low-Ti and -Nb basalts of the Ratne suite</i>												
5920/6	49,3	172,9	0,8255	$0,713790 \pm 13$	0,707318	46,6	4,9	18,8	0,1592	$0,512764 \pm 5$	0,512190	—
5923/16	8,3	247,8	0,0962	$0,708112 \pm 12$	0,707352	47,1	3,9	16,4	0,1438	$0,512312 \pm 10$	0,511794	-2,7
5923/23	6,1	270,8	0,0652	$0,707635 \pm 14$	0,707124	43,9	—	—	—	—	—	—
5923/27	3,0	261,1	0,0332	$0,707544 \pm 12$	0,707283	46,1	4,0	16,7	0,1448	$0,512304 \pm 6$	0,511728	-2,9
8143/399	4,5	256,4	0,0508	$0,708433 \pm 9$	0,708035	56,8	3,9	16,7	0,1423	$0,512265 \pm 6$	0,511752	-3,5
4599/299	3,3	269,0	0,0355	$0,708893 \pm 10$	0,708620	67,7	3,9	15,7	0,1509	$0,512307 \pm 6$	0,511736	-3,3
<i>Низькотитанисті глиноземисті базальтові потоки бабинської світи / Low-Ti high-Al basalts of the Babino suite</i>												
8265/167	2,7	440,0	0,0178	$0,706589 \pm 7$	0,706450	36,9	4,7	23,0	0,1244	$0,512109 \pm 7$	0,511666	-5,3
<i>Олівінові базальти заболотівської світи / Olivine basalts of the Zabolottya suite</i>												
8265/257,5	30,0	154,0	0,5644	$0,708987 \pm 7$	0,704562	7,5	3,68	14,35	0,1551	$0,512442 \pm 8$	0,511883	-0,9
8265/309,7	12,3	266,0	0,1338	$0,706562 \pm 7$	0,705480	20,5	4,64	18,01	0,1559	$0,512445 \pm 13$	0,511883	-0,9
8265/289	22,2	198,0	0,3244	$0,706890 \pm 14$	0,704350	7,0	3,9	15,2	0,1554	$0,512440 \pm 7$	0,511881	-1,0
<i>Пікрити / Picrites</i>												
KAP-1770	17,6	72,3	0,7052	$0,720928 \pm 16$	0,715399	161,4	2,1	9,4	0,1345	$0,511791 \pm 7$	0,511306	-12,2
WIZ-408	16,0	429,0	0,1079	$0,709221 \pm 9$	0,708375	61,6	1,3	6,2	0,1301	$0,511804 \pm 9$	0,511335	-11,6
P1-79	5,7	69,2	0,2385	$0,717106 \pm 22$	0,715240	162,0	1,5	6,3	0,1412	$0,511829 \pm 6$	0,511322	-11,9

ту елементів від Ba до R, а починаючи з Sm відбувається стрімке зменшення їх в напрямку до Yb. На діаграмі виразно проявлені негативні піки вмісту Th, Sr, в деяких пробах і Rb, та позитивні піки K, P i Ti; Nb-Ta аномалія відсутня.

Порівняння хондритнормованого розподілу мікроелементів у габро-долеритах і базальтах трапової провінції Волині показує, що вміст некогерентних мікроелементів (від Ba до Ti) в габро-долеритах більший, ніж такий у базальтах, а помірно некогерентних елементів від Tb до Yb швидко скорочується. Вміст Yb в габро-долеритах майже такий, як в найбідніших на цей елемент базальтах.

Ізотопний склад стронцію та неодиму. Він досліджений автором та [6, 7] в 41 зразку, що представляють всі породні відміни трапової формaciї Волині. Безпосередньо автором ізотопний склад було досліджено у 19 зразках (табл. 3). За результатами досліджень виявлено цікаву закономірну варіацію ізотопного складу порід за розрізом формaciї.

Перш за все відзначимо, що всі зразки трапової формaciї мають негативні значення ϵ_{Nd} і позитивні ϵ_{Sr} , перераховані на вік в 550 млн рр. (рис. 5). Отже, всі вони мають доволі "розвинений" ізотопний склад і радше корові ізотопні характеристики, ніж мантійні. Найбільш "корові" характеристики мають пікрити, в яких ϵ_{Nd} становить -12, а ϵ_{Sr} варіює від 41 до 49. У базальтах заболотівської світи ϵ_{Nd} становить -1, а ϵ_{Sr} варіює від 7 до 20, тобто їх ізотопний склад є доволі примітивним. Низькотитаністі глиноземисті базальти бабинської світи мають такі ізотопні характеристики: ϵ_{Nd} варіює від -5 до -9, а ϵ_{Sr} — від 36 до 95. Низькотитаністі базальти ратнівської світи мають дещо "примітивніший" ізотопний склад: ϵ_{Nd} варіює від -3 до -7, а ϵ_{Sr} — від 44 до 68. Високотитаністі базальти ратнівської світи ще більш "примітивні": ϵ_{Nd} варіює від -1 до -6, а ϵ_{Sr} — від 15 до 85. Нарешті, високотитаністі долерити мають ізотопний склад стронцію та неодиму, близький до встановленого у високотитаністих базальтах: ϵ_{Nd} в них варіює від -1 до -3, а ϵ_{Sr} — від 30 до 34.

Як видно з цього опису, існує певна закономірність між ізотопним складом стронцію і неодиму в породах та їх положенням у розрізі волинської серії (рис. 5). Так, найбільш розвинений ізотопний склад мають пікрити, що залягають у підошві розрізу, вище їх замінюю-

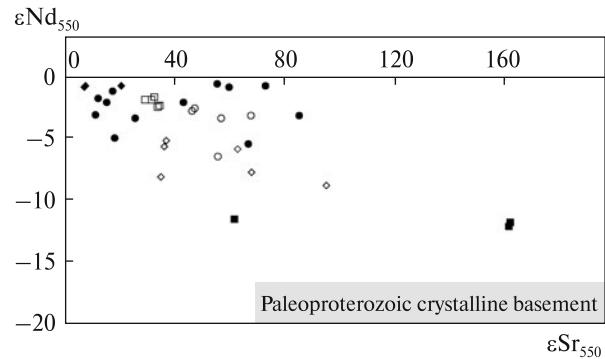


Рис. 5. Варіації ізотопного складу стронцію та неодиму в породах трапової формaciї Волині. Позначення див. на рис. 3

Fig. 5. Variations of the Sr and Nd isotopic compositions in the Volynian flood basalts. Legend see on Fig. 3

ють базальти зі все менш і менш розвинутим ізотопним складом (виключенням тут є базальти заболотівської світи). Найбільш примітивний ізотопний склад стронцію та неодиму притаманний високотитаністим базальтам ратнівської світи, що завершують розріз трапової формaciї. Близький ізотопний склад мають і високотитаністі долерити, які, можливо, виникли одночасно або дещо пізніше, ніж базальти якушівських верств. Автором виявлена також певна залежність між ізотопним та хімічним складом порід. Так, ізотопний склад неодиму проявляє чітку залежність від вмісту в породах TiO_2 — зі збільшенням вмісту цього компонента відбувається і збільшення величини ϵ_{Nd} (рис. 6).

Петрогенезис порід трапової формaciї Волині. Хімічний склад мінералів та порід трапової формaciї Волині цілком закономірно змінюється за її розрізом. Зокрема, найбільш основні плагіоклази (до $\text{An}_{86}\text{Ab}_{14}$) і високомагнезіальні орто- ($\text{En}_{82}\text{Fs}_{13}\text{Wo}_5$) та клінопіроксени ($\text{En}_{59}\text{Fs}_9\text{Wo}_{32}$) характерні для пікритів. Крім того, ці породи містять вкраплення олівіну, а рудний мінерал тут переважно хроміт. Угору за розрізом волинської серії основність плагіоклазів і магнезіальність піроксенів поступово зменшуються. Олівін ще наявний у базальтах бабинської світи, а вище за розрізом зникає зі складу порід. Зазначимо, що вкраплення плагіоклазу в базальтах ратнівської світи за складом дуже близькі до плагіоклазів основної маси пікритів або ж базальтів заболотівської світи.

Вміст Al_2O_3 в ортопіроксенах поступово зростає знизу догори розрізу, а вміст гематитового міналу в ільменіті скорочується. Втім базальти бабинської світи дещо випадають із

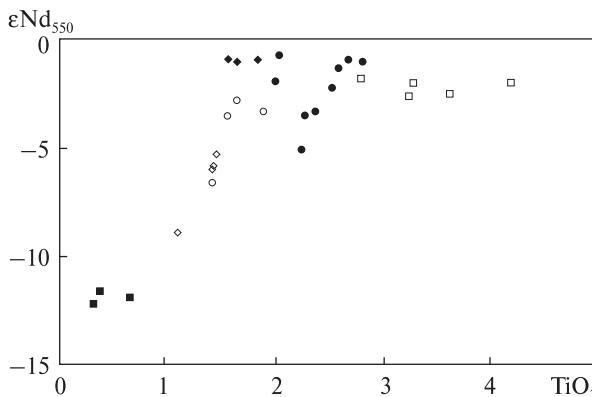


Рис. 6. Варіації ізотопного складу неодиму в породах трапової формації Волині в залежності від вмісту в них TiO_2 . Позначення див. на рис. 3

Fig. 6. Variations Nd isotopic compositions vs TiO_2 concentrations in the Volynian flood basalts. Legend see on Fig. 3

загального тренду — ортопіроксени в них є найбільш залізистими серед усіх базальтоїдних порід трапової формації Волині, а клінопіроксени містять найбільшу кількість CaO , TiO_2 та збагачені на Al_2O_3 .

Інtrузивні долерити за складом мінералів близькі до базальтів ратнівської серії, але на відміну від них містять олівін замість ортопіроксену.

Магнезіальність порід трапової формації також поступово і закономірно скорочується угору за розрізом від $\#Mg = 69—73$ у пікрытах до 35—58 у високотитаністих базальтах ратнівської світи. Магнезіальність долеритових інtrузивів загалом відповідає такій у базальтах ратнівської світи.

Концентрація РЗЕ поступово зростає знизу вгору за розрізом, як і ступінь фракціонування РЗЕ. Втім існує виключення із цієї загальної тенденції — найвищий вміст РЗЕ притаманний базальтам бабинської світи. Окрім того, ці породи мають високий вміст Al_2O_3 , K_2O , Ba та Ni . Негативна європієва аномалія притаманна пікрытах та деяким зі зразків базальтів бабинської світи; слабка позитивна аномалія європію спостерігається в низькотитаністих базальтах ратнівської світи та високотитаністих долеритах.

Нарешті, ізотопний склад неодиму поступово зростає від $\epsilon\text{Nd} = -12$ у пікрытах до $\epsilon\text{Nd} = -1...-6$ та $-1...-3$ у високотитаністих базальтах ратнівської світи та долеритах відповідно. Проте і в цьому ряду є виключення — базальти заболотівської світи мають $\epsilon\text{Nd} = -1$.

Таким чином, знизу додори розрізу трапової формації Волині можна спостерігати такі закономірні зміни складу порід і мінералів: 1 — плагіоклази стають більш кислими, а піроксені, на загал, більш залізистими. Виключенням тут є базальти бабинської світи, які містять найбільш залізисті ортопіроксени та найбільш вапністі клінопіроксени; 2 — ступінь окиснення ільменітів зменшується, зі складу порід зникають хроміт та олівін; 3 — магнезіальність порід поступово зменшується, як і вміст нікелю та хрому. Виключенням тут є знову-таки базальти бабинської світи, які характеризуються помірними вмістом хрому, але високим — нікелю; 4 — вміст легких РЗЕ та ступінь фракціонування зростають. І знову-таки виключенням є базальти заболотівської світи, що мають найвищий вміст легких РЗЕ та найбільший ступінь фракціонування РЗЕ; 5 — ізотопний склад неодиму угору за розрізом стає все більш і більш "примітивним". Виключенням є базальти заболотівської світи, що характеризуються найбільш примітивним ізотопним складом неодиму і стронцію.

Будь-яка модель еволюції трапової формації Волині має базуватись на цих спостереженнях та адекватно їх пояснювати.

Поступове скорочення магнезіальності порід знизу додори розрізу, зростання вмісту некогерентних елементів, а також закономірна зміна хімічного складу мінералів дозволяють запропонувати просту модель формування трапової формації Волині. На думку автора роботи [16], первинні розплави трапових провінцій за складом мають відповідати пікрытах. У складі трапової формації Волині такі породи наявні у підошві розрізу. Цілком справедливим є припущення про те, що саме вони відповідають вихідним розплавам, а товща базальтових вулканітів, що залягає вище, — продукт їх диференціації. На користь такого припущення свідчить і асоціація мінералів-вкраплень у базальтах ратнівської світи, яка включає плагіоклаз, авгіт і титаномагнетит. За складом ці мінерали різко відмінні від мінералів основної маси, що свідчить про їх формування за інших умов, ніж основна маса, та з розплаву іншого складу. Водночас вкраплення за складом відповідають мінералам основної маси пікрытів і олівінових базальтів заболотівської світи. Таким чином, асоціація мінералів-вкраплень починала кристалізуватись ще з примітивних вихідних розплавів пікрытового

складу, а мінерали основної маси кристалізувались з пізніших низькомагнезіальних розплавів, що зазнали значного фракціонування. Наявність в асоціації мінералів-вкраплень плагіоклазу свідчить про відносну малоглибинність її формування [19], отже, фракціонування, радше за все, відбувалось у межах земної кори. Лінійні тренди диференціації, що спостерігаються на варіаційних діаграмах, вказують на те, що фракціонування відбувалось за рахунок відсадження олівін-габрового парагенезису. Таким чином, різниця у складі базальтів різних світ волинської серії значною мірою пояснюється різницею у ступені фракціонування.

За багатьма ознаками (високий вміст некогерентних елементів, низьке значення співвідношення $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ тощо) високотитанисті долерити є більш диференційованими, ніж ефузиви трапової формациї Волині. Якщо розглядати ці породи як найбільш пізні фракціонати вихідних розплавів трапової формациї, то вони укладаються в загальний тренд еволюції. Поява високотитанистих базальтів може бути обумовлена фракціонуванням парагенезису мінералів, до складу яких не входить титан (а також цирконій та ніобій), тобто олівіну, клінопіроксену, хромшпінелі та, можливо, плагіоклазу. Автори роботи [24] наводять приклад еволюції вмісту TiO_2 у пікритах та базальтах о-вів Возз'єднання. Фракціонування темно-колірних мінералів (олівіну і клінопіроксену) призводить до помірного зростання вмісту TiO_2 у залишкових розплавах. Проте поява у парагенезисі з ними плагіоклазу зумовлює стрімке збільшення вмісту титану у залишкових розплавах до 4–4,5 %. Втім у разі трапової формациї Волині таке припущення не підтверджено — фракціонування плагіоклазу мало б призводити до появи значної негативної аномалії європію на хондритнормованих діаграмах розподілу РЗЕ, а також до зростання негативної аномалії стронцію, чого насправді не спостерігається. Навпаки, долерити характеризуються помірною позитивною аномалією європію. Отже, високий вміст титану та ніобію в найпізніших продуктах трапового магматизму Волині не може бути пояснений простим фракціонуванням габрового парагенезису мінералів.

Крім того, геохімічні та ізотопно-геохімічні дані однозначно вказують на те, що ефузиви різних світ волинської серії та інтрузивні до-

лерити не можуть бути продуктом диференціації єдиного вихідного розплаву, який відповідав би за складом пікритам горбашівської світи. Зокрема, якби всі ефузивні породи волинської серії були продуктом диференціації розплаву, з якого сформувались пікритові потоки у складі горбашівської світи, то вони б мали значно більш "розвинений" ізотопний склад стронцію та неодиму, ніж наявний. Навпаки, більш пізні ефузивні породи трапової формациї Волині мають значно "примітивніший" ізотопний склад, ніж пікрити. Найбільш характерним з цієї точки зору є ізотопний склад олівінових базальтів заболотівської світи, які формувались одразу після виливів пікритів, але мають кардинально інші ізотопні характеристики. Отже, вони формувались із різних порцій мантійних розплавів, що мали різну історію формування і, можливо, походять із різних джерел.

Серед геохімічних ознак існування декількох вихідних розплавів можна зазначити склад базальтів бабинської світи. Зокрема, ці породи мають високий вміст нікелю і ніобію та помірний — хрому (рис. 3, 4), чим різко відрізняються від всіх інших порід трапової формациї Волині — "примітивні" пікрити та високомагнезіальні базальти заболотівської світи мають високий вміст хрому та нікелю і водночас низький — ніобію. Відносно розвинені високотитанисті базальти ратнівської світи, навпаки, мають низький вміст когерентних елементів та підвищений — ніобію. Комбінація високих значень вмісту когерентного (нікель) та некогерентного (ніобій) елементів не могла утворитись внаслідок процесів фракціонування, а є свідченням особливого складу вихідного розплаву, який, очевидно, був зображенний на ніобій. Як зазначено вище, окрім високого вмісту ніобію, базальти бабинської світи характеризуються також високим вмістом легких РЗЕ, калію та барію, що можна було б пояснити коровою контамінацією. Проте таке припущення суперечить високому вмісту ніобію (корова контамінація мала б призводити до негативних аномалій вмісту ніобію, чого не спостерігається) та відносно "примітивному" ізотопному складу неодиму — величина ϵ_{Nd} в базальтах бабинської світи, хоча і є значно нижчою, ніж в інших базальтах волинської серії, водночас є суттєво вищою, ніж у пікритах. Отже, геохімічний склад базальтів бабинської світи успадковує геохімічні

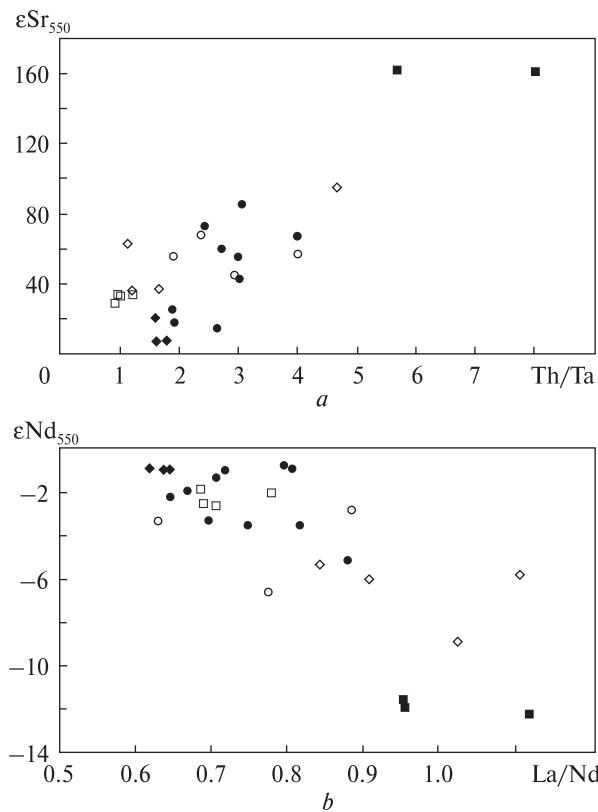


Рис. 7. Діаграма для визначення впливу корової контамінації на породи трапової формації Волині в координатах: *a* — Th/Ta — ε Sr; *b* — La/Nd — ε Nd. Позначення див. на рис. 3

Fig. 7. Diagrams that demonstrate level of crustal contamination in the Volynian flood basalts: *a* — plot Th/Ta vs ε Sr; *b* — plot La/Nd vs ε Nd. Legend see on Fig. 3

особливості вихідного розплаву, який характеризувався високим вмістом некогерентних елементів, включаючи ніобій.

На думку автора, ефузиви кожної зі світ волинської серії (пікрити горбашівської світи, базальти заболотівської та бабинської світи, а також високо- і низькотитаністі базальти ратнівської світи) формувались із окремих порцій мантійних розплавів, кожна із яких мала специфічні геохімічні та ізотопні характеристики. Інtrузивні сили високотитаністичних долеритів та високотитаністі базальти ратнівської світи формувались, вочевидь, з одного вихідного розплаву. Тут цікаво зазначити, що кожен із циклів вулканізму в межах трапової провінції Волині відокремлюється один від одного доволі потужними туфовими товщами або ж перервами у вулканічній діяльності.

Кожна з порцій мантійного розплаву мала, вочевидь, пікритовий склад, але зазнавала фракціонування різної інтенсивності. На за-

гал, фракціонування габроїдного (або олівін-габроїдного, олівін + клінопіроксен + плагіоклаз + хроміт) парагенезису мінералів має призводити до збільшення вмісту некогерентних та скорочення вмісту когерентних (в першу чергу нікелю і хрому) елементів, а також до скорочення магнезіальноті порід. Втім фракціонування не повинно істотно впливати на співвідношення між парами некогерентних елементів, а також на характер хондритнорівноважного розподілу РЗЕ (за виключенням появи європієвої аномалії). Таким чином, співвідношення між парами некогерентних елементів навіть у фракціонованих базальтах має зберігатись таким же, яким воно було у вихідних мантійних розплавах.

Одним із найкращих способів оцінити вплив корової контамінації на мантійні розплави є діаграма в координатах Th/Ta — ε Sr (рис. 7). Верхньокорові породи характеризуються високим співвідношенням Th/Ta та високим початковим співвідношенням $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (або в даному разі величиною ε Sr), тоді як мантійним породам притаманні низькі значення цих величин. З рис. 7 видно, що найменшого впливу корової контамінації зазнали олівінові базальти заболотівської світи — їхній склад наближується до такого, який мали вихідні мантійні розплави. Помірно контаміновані також високотитаністі долерити та деякі з високотитаністичних базальтів ратнівської світи. Подібного ж висновку можна дійти, розглядаючи діаграму в координатах La/Nd — ε Nd (рис. 7, *b*), яка також використовується для оцінки корової контамінації [23].

Якщо розглядати трапову провінцію Волині в цілому, то стає очевидним, що ступінь корової контамінації поступово скорочується в пізніших продуктах вивержень — найбільш контамінованими є пікрити, дещо менше — базальти бабинської світи, низько- та високотитаністі базальти ратнівської світи та високотитаністі долерити інtrузивних силів. Найменш контаміновані базальти заболотівської світи випадають з цього ряду.

Подібна ситуація спостерігається у траповій провінції Емейшан (*Emeishan*) в південно-західному Китаї [28], де збагачені на некогерентні елементи та менш контаміновані високотитаністі базальти перекривають низькотитаністі відміни цих порід. Скорочення ступеня контамінації з часом у зазначеній роботі пояснено зменшенням асиміляції вмісних по-

рід у системі підвідних каналів, оскільки під час послідовних вивержень породи оточення поступово деплекуються на легкоплавкий матеріал, який може контамінувати розплави.

На думку автора, така модель певною мірою могла мати місце, особливо у відношенні перших, найбільш високотемпературних пікристових розплавів, які виявляються найбільш контамінованими з усіх порід. З часом система підвідних каналів "промивалася" свіжими порціями розплавів і ступінь контамінації пізніших порцій поступово скорочувався. Втім у таку модель зовсім не вкладаються базальти заболотівської світи, найменше контаміновані коровою речовиною з усіх порід трапової формациї Волині. Вочевидь, це вказує на те, що різні порції розплавів формувались у різних ділянках мантії та вкорінювались по різних системах каналів. Тому загальне зменшення ступеня контамінації розплавів з часом може означати не деплекацію стінок підвідних каналів, а міграцію джерела плавлення у менш контаміновану область.

Особливо показовими є діаграмами, на які винесено співвідношення між парами мікроелементів у базальтах Волині, а також у нижній корі та базальтах океанічних о-вів (БОО, рис. 8, a). На всіх подібних діаграмах ефузивні породи трапової формациї Волині розташовуються між полями БОО та точкою середнього складу нижньої кори. Це є ще одним свідченням того, що джерело базальтів мало мішаний склад — матеріал плюму (аналогічний до того, з якого формуються БОО), матеріал літосферної мантії та нижньої кори.

Цікаво також розглянути діаграму в координатах Dy/Yb — La/Yb (рис. 8, b). Ця діаграма показує співвідношення між значеннями вмісту середніх та важких РЗЕ (Dy/Yb) і легких та важких РЗЕ (La/Yb) для оцінки відносної глибини плавлення джерела і ступеня його плавлення. Збільшення ступеня плавлення відображається у зменшенні значення La/Yb, оскільки за незначного плавлення гранат все ще лишається в мантійному реститі, тож профіль РЗЕ є сильно фракціонованим (високе значення співвідношення легких до важких РЗЕ). Внаслідок виснаження джерела через істотне плавлення гранат зникає з реститу і профіль РЗЕ стає менш фракціонованим. Водночас співвідношення Dy/Yb відображає відносну кількість гранату у джерелі. З заглибленням джерела кількість гранату зростає

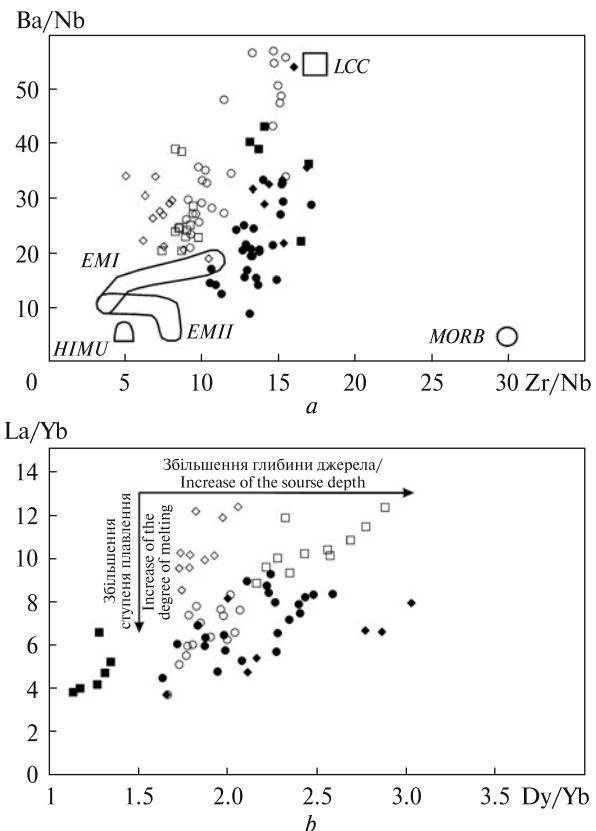


Рис. 8. a — співвідношення пар елементів (Zr/Nb та Ba/Nb) у породах трапової формациї Волині. Для порівняння винесено також склад базальтів океанічних о-вів (HIMU, EMI та EMII, за [25]), базальтів середньо-оceanічних хребтів (MORB, за [25]), а також нижньої континентальної кори (LCC, за [26]); b — положення порід трапової формациї Волині на діаграмі Dy/Yb — La/Yb , яка характеризує ступінь плавлення та глибину розташування мантійного джерела. Позначення див. на рис. 3

Fig. 8. a — relation of pairs of trace element (Zr/Nb vs Ba/Nb) in the Volynian flood basalts. Compositions of the ocean island basalts (HIMU, EMI and EMII, [25]), mid-ocean ridge basalts (MORB, [25]), and low continental crust (LCC, [26]) are shown for comparison; b — distribution of the Volynian flood basalts on the Dy/Yb vs La/Yb that deciphers degree of partial melting and depth of the location of the initial melts source. Legend see on Fig. 3

(відбувається перехід від шпінелевої фазії глибинності до гранатової), відповідно, зростає значення Dy/Yb . На рис. 8, b чітко видно, що найранішні породи трапової формациї є відносно малоглибинними і характеризуються високим ступенем плавлення. Проте з розвитком магматизму джерело стає все більш глибинним, а ступінь плавлення — все меншим.

У більшості трапових провінцій світу існує чітке розділення ефузивних порід на високо-

та низькотитанисті. Походження цих відмін є однією із найбільш цікавих і складних проблем сучасної петрології магматичних порід.

Високотитанисті породи завжди збагачені на некогерентні елементи у порівнянні із низькотитанистими відмінами, а також мають більш фракціонований розподіл РЗЕ. Окрім того, характерною особливістю є просторове розділення високо- та низькотитанистих відмін — вони або утворюють різні ареали розповсюдження, або ж формують різні частини розрізу трапових формаций.

На загал, можна виділити кілька гіпотез, за допомогою яких пояснюються походження цих двох типів порід. Серед них такі:

- різний ступінь плавлення мантійної речовини (високотитанисті базальти є продуктом нижчого ступеня плавлення) [22]. Цю різницю пояснюють: 1 — різною відстанню від осьової частини мантійного плюму: низькотитанисті породи утворилися за рахунок значного плавлення в осьовій частині, а високотитанисті розплави — менш інтенсивного плавлення в більш холодній периферійній частині плюму [17]; 2 — різною потужністю літосфери, від якої залежить ступінь плавлення сублітосферної (астеносферної) мантії. За такої моделі, під потужною літосферою процес плавлення є дуже обмеженим і відбувається за присутності залишкового гранату, що призводить до утворення високотитанистих базальтів, збагачених на некогерентні елементи. За умов потоншеної літосфери плавлення може бути більш інтенсивним і відбуватись у полі стабільності шпінелі, що призводить до формування низькотитанистих базальтів [13];

- різниця у хімічному складі мантійних джерел [12, 23, 27];

- різниця у хімічному складі літосферної мантії [18, 21], яка може бути або джерелом вихідних розплавів, або речовиною, що їх контамінує.

У траповій провінції Волині високо- та низькотитанисті магматичні породи чітко розрізняються за рівнем збагачення на некогерентні елементи, а також за рівнем корової контамінації. Водночас ступінь диференціації цих порід, виражений у їх магнезіальності, практично співпадає. Таким чином, високотитанисті породи не могли утворитись завдяки фракціонуванню низькотитанистих розплавів. Геохімічні дані (рис. 8, b) вказують на те, що високотитанисті породи утворились за

умов менш інтенсивного плавлення і на більшій глибині, ніж низькотитанисті. Натомість останні зазнали значно більшої контамінації коровою речовиною. На думку автора, геохімічні дані свідчать про поступову міграцію джерела плавлення углиб. У цей час плавлення ставало менш інтенсивним, а розплави збагачувались на некогерентні елементи.

Пікрыти горбашівської світи є найбільш примітивними ефузивними породами у складі трапової формациї Волині. Зокрема, вони характеризуються найбільшою магнезіальністю, найбільшим вмістом когерентних та низьким вмістом некогерентних елементів. Але при цьому вони також найбільш контаміновані — співвідношення некогерентних елементів у них наближується до характерного для порід нижньої кори, а ізотопний склад стронцію та неодиму набуває типових корових значень. Втім така контамінованість пояснюється низьким "базовим" вмістом некогерентних елементів у пікрытових розплавах — навіть невелика домішка корового матеріалу на тлі дуже низького вмісту "власних" хімічних елементів у пікрытах може утворити картину "корових" геохімічних характеристик.

Характер розподілу РЗЕ в пікрытах вказує на їх походження завдяки високому ступеню плавлення мантійного джерела на помірній глибині (у межах поля стабільності шпінелевих перидотитів).

Як зазначалося вище, пікрыти мають значні негативні аномалії вмісту ніобію, стронцію, фосфору та титану. Ці аномалії (особливо стронцію та фосфору) різною мірою властиві всім ефузивним породам трапової формациї Волині. Подібні геохімічні характеристики були виявлені також і в низькотитанових базальтах трапових формаций Гондвані [20], автори якої стверджують, що такі характеристики притаманні лише породам, що походять з субконтинентальної літосферної мантії, і відсутні в інших типах базальтів (БСОХ, БОО, БАКО). Якщо мантійний плюм і мав якийсь вплив на походження цих порід, то він обмежувався лише тепловим ефектом.

Базальти заболотівської світи є найменш контамінованими серед усіх порід трапової провінції Волині (рис. 8, a). Вони мають високу магнезіальність, порівняно високий вміст когерентних елементів, а також низький вміст некогерентних мікроелементів. Більшість із досліджених проб базальтів цієї світи має зна-

чні позитивні аномалії вмісту рубідію та калію, які автор пояснює або контамінацією коровим матеріалом під час вкорінення розплавів, або ж післямагматичним привнесенням цих елементів. У жодному разі позитивна аномалія вмісту рубідію не була характерною для джерела, з якого виплавлялись вихідні для базальтів розплави — інакше ми спостерігали б набагато більш "розвинений" ізотопний склад стронцію. Якщо аномалії рубідію та калію "прибрали", то ми отримаємо типовий "деплетований" спектр хондритнормованого розподілу мікроелементів, який характеризується "куполоподібним" профілем. Отже, джерело базальтів заболотівської світи було деплетованім некогерентними мікроелементами. Водночас ці базальти, хоча і є "найпримітивнішими" щодо ізотопного складу стронцію та неодиму, тим не менш не виявляють ізотопних характеристик, типових для деплетованої мантії. Радше за все ці базальти походять з деплетованого літосферного мантійного джерела. Глибина плавлення цього джерела могла бути різною, очевидно, в зоні переходу від гранатових до шпінелевих перидотитів, а ступінь плавлення був доволі значним.

Базальти бабинської світи помірно контаміновані коровою речовиною і, очевидно, є продуктом плавлення літосферної мантії на глибині, що відповідає переходу від шпінелевих до гранатових перидотитів.

Низькотитанисті базальти лучічівських верств ратнівської світи походять, очевидно, з того самого джерела, що і базальти бабинської світи, але ступінь плавлення дещо зростає, що призводить до помірного зубожіння цих порід на некогерентні мікроелементи. При цьому базальти лучічівських верств мають геохімічний склад, дуже близький до складу порід нижньої континентальної кори, що свідчить про їх контамінацію нижньокоровим матеріалом. Втім ізотопний склад стронцію та неодиму в цих породах більш "примітивний", ніж у базальтах бабинської світи.

Високотитанисті базальти якушівських верств ратнівської світи належать до найменш контамінованих порід трапової формaciї Волині (рис. 7, 8). За геохімічними та ізотопно-геохімічними ознаками вони подібні до порід, що походять із плюмового матеріалу — джерелом їх була збагачена мантія. Очевидно, початок формування високотитанистих базальтів та долеритів знаменує собою переход джерела

плавлення з літосферної мантії до сублітосферної — плюмового матеріалу.

Базальти якушівських верств утворювались за доволі високого ступеня плавлення на значній глибині, а внаслідок переходу до джерела, з якого утворювались високотитанисті долерити, глибина джерела суттєво зростала, а ступінь плавлення — зменшувався.

За петро- і геохімічними особливостями *високотитанисті долерити* не мають аналогів серед базальтів. Найближчими до них за рівнем збагачення на мікроелементи є високотитанисті базальти якушівських верств ратнівської світи. Про це ж свідчить ізотопний склад стронцію та неодиму в долеритах. Втім значущою відмінністю високотитанистих базальтів від долеритів є наявність у перших піжоніту, а в других — олівіну. Таку відмінність можна пояснити іншими умовами кристалізації долеритів — за більш повільної кристалізації на субвулканічному рівні олівін утворювався за міст піжоніту, присутнього в базальтах.

На думку автора, високотитанисті долерити є найбільш пізнім продуктом трапового магматизму Волині.

Висновки. 1. Знизу догори розрізу трапової формациї Волині спостерігаються такі закономірні зміни складу порід і мінералів: 1 — плагіоклази стають більш кислими, а піроксени, на загал, більш залізистими. Виключенням тут є базальти бабинської світи, які містять найбільш залізисті ортопіроксени і найбільш вапністі клінопіроксени; 2 — ступінь окиснення ільменітів зменшується, зі складу порід зникають хроміт і олівін; 3 — магнезіальність порід, вміст нікелю і хрому поступово знижується. Виключенням є базальти бабинської світи, які характеризуються помірним вмістом хрому, але високим — нікелю; 4 — вміст легких РЗЕ та ступінь фракціонування зростають. І знову виключенням є базальти бабинської світи, які мають найвищий вміст легких РЗЕ та найвищий ступінь фракціонування РЗЕ; 5 — ізотопний склад неодиму вгору за розрізом стає все більш "примітивним". Виключенням є базальти заболотівської світи, що характеризуються найбільш "примітивним" ізотопним складом неодиму і стронцію.

2. Ефузиви кожної зі світ волинської серії формувались із окремих порцій мантійних розплавів, кожна із яких мала специфічні геохімічні та ізотопні характеристики. Інтузиви високотитанистих долеритів і високотитанис-

ті базальти якушівських верств ратнівської світи формувались, вочевидь, з єдиного вихідного розплаву. Кожен із циклів вулканізму відокремлюється один від одного туфовими товщами або ж перервами у вулканічній діяльності.

3. Джерелом вихідних розплавів для ефузивних порід волинської серії була літосферна речовина, але з часом глибина джерела збільшувалась. Початок формування високотитанистих розплавів знаменує перехід осередку плавлення в сублітосферну мантію, де джерелом плавлення була плюмова речовина. Породи різних світ зазнавали різного ступеня контамінації коровою (та, вірогідно, мантійно-літосферною) речовиною, а також розрізнялись між собою за геохімічними характеристиками джерел.

ЛІТЕРАТУРА

- Бирulev A.E. О стратиграфии волынской серии (верхний докембрій) Волині // Сov. геология. — 1968. — № 3. — С. 23—28.
- Кузьменкова О.Ф., Носова А.А., Веретенников Н.В. Минералогия и петрогенезис венденських базальтов и долеритов Беларуси // Літасфера. — 2008. — 28, № 1. — С. 76—95.
- Махнac A.C. Эффузивные породы среднего состава венденского комплекса Брестской впадины // Докл. АН БССР. — 1968. — 12, № 2. — С. 148—151.
- Махнac A.C., Веретенников Н.В. Вулканогенная формация верхнего протерозоя (венда) Белоруссии. — Мінск : Наука и техника, 1970. — 236 с.
- Носова А.А., Веретенников Н.В., Кузьменкова О.Ф. Венденські траппи запада Восточно-Европейского кратона (Волинская провінція): геохіміческие, минералогические, изотопные (Sr, Nd) данные и вопросы петрогенезиса // Происхождение магматических пород : Материалы междунар. (Х всерос.) петрограф. совещ. "Петрография XXI века" (г. Апатиты, 20—22 июня 2005 г.). — Апатиты : Изд-во Кол. науч. центра, 2005. — Т. 2. — С. 163—165.
- Носова А.А., Веретенников Н.В., Левский Л.К. Природа мантийного источника и особенности коровой контаминации неопротерозойских траппов Волынской провінції (Nd- и Sr-изотопные и ICP-MS-геохіміческие данные) // Докл. Акад. наук. — 2005. — 400, № 4. — С. 1—5.
- Носова А.А., Кузьменкова О.Ф., Веретенников Н.В. и dr. Неопротерозойская Волинско-Брестская магматическая провінція на западе Восточно-Европейского кратона : особенности внутріплитного магматизма в области древней шовной зоны // Петрология. — 2008. — 16. — С. 115—147.
- Шумлянський Л.В. Геохімічні особливості та генезис базальтів ратненської світи венденської трапової фор-
- мації Волині // Мінерал. журн. — 2008. — 30, № 1. — С. 48—65.
- Шумлянський Л., Деревська К. Перші Sm-Nd та Rb-Sr ізотопно-геохімічні дані стосовно венденських базальтів Волині // Наук. пр. Ін-ту фундам. досліджень. — К. : Знання, 2001. — С. 67—75.
- Шумлянський Л.В., Кузьменкова О.Ф., Цимбал С.М. та ін. Геохімія та ізотопний склад Sr i Nd в інтрудтивних тілах високотитанистих долеритів Волині // Мінерал. журн. — 2011. — 33, № 2. — С. 72—82.
- Шумлянський Л.В., Шумлянський В.О., Деревська К.І. Петрологія кам'янських базальтів // Наук. пр. Ін-ту фундам. досліджень. — К. : Знання, 2009. — С. 40—46.
- Arndt N.T., Christensen U. The role of lithospheric mantle in continental flood volcanism : thermal and geochemical constraints // J. Geophys. Res. — 1992. — 97, No B7. — P. 10967—10981.
- Arndt N.T., Czamanske G.K., Wooden J.L., Fedorenko V.A. Mantle and crustal contributions to continental flood volcanism // Tectonophysics. — 1993. — 223. — P. 39—52.
- Bakun-Czubarow N., Bialowolska A., Fedoryshyn Yu. Neoproterozoic flood basalts of Zabolotya and Babino beds of the volcanic Volhylian series and Polesie series dolerites in the western margin of the East European craton // Acta Geol. Polonica. — 2002. — 52, No 4. — P. 481—496.
- Bialowolska A., Bakun-Czubarow N., Fedoryshyn Yu. Neoproterozoic flood basalts of the upper beds of the Volhylian series (East European craton) // Geol. Quatern. — 2002. — 46, No 1. — P. 37—57.
- Cox K.G. A model for flood basalt vulcanism // J. Petrol. — 1980. — 21. — P. 629—650.
- Fodor R.V. Low- and high-TiO₂ flood basalts of southern Brazil : origin from picritic parentage and a common mantle source // Earth and Planet. Sci. Lett. — 1987. — 84. — P. 423—430.
- Gibson S.A., Thompson R.N., Dickin A.P., Leonardos O.H. Mafic potassiac magmatic key to plume-lithosphere interactions and continental flood-basalts // Ibid. — 1996. — 141. — P. 325—341.
- Green D.H., Ringwood A.E. The genesis of basaltic magmas // Contribs Mineral. and Petrol. — 1967. — 15. — P. 103—190.
- Hergt J.M., Peate D.W., Hawkesworth C.J. The petrogenesis of Mesozoic Gondwana low-Ti flood basalts // Earth and Planet. Sci. Lett. — 1991. — 105. — P. 134—148.
- Krzemińska E. The late Neoproterozoic flood basalts of eastern Poland // Наук. пр. Ін-ту фундам. досліджень. — 2006. — Вип. 10. — С. 59—170.
- Peate D.W. The Paraná-Etendeka province // Large igneous provinces : continental, oceanic and planetary flood volcanism // Geophysical monograph. — 1997. — Vol. 100. — P. 217—241.
- Peate D.W., Hawkesworth C.J. Lithospheric to astenospheric transition in low-Ti flood basalts from southern Paraná, Brazil // Chem. Geol. — 1996. — 127. — P. 1—24.

24. Prytulak J., Elliot T. TiO₂ enrichment in ocean island basalts // Earth and Planet. Sci. Lett. — 2007. — 263. — P. 388—403.
25. Rollinson H. Using geochemical data : evaluation, presentation, interpretation. — Longman, 1998. — 352 p.
26. Rudnick R.L., Gao S. The Composition of the Continental Crust // The Crust. — Oxford : Elsevier-Pergamon, 2003. — P. 1—64. — (Treatise on Geochemistry / Eds H.D. Holland, K.K. Turekian; Vol. 3).
27. Smithies R.H., Van Kranendonk M.J., Champion D.C. It started with a plume — early Archaean basaltic proto-continental crust // Earth and Planet. Sci. Lett. — 2005. — 238. — P. 284—297.
28. Xu Y., Chung S.-L., Jahn B., Wu G. Petrologic and geochemical constraints on the petrogenesis of Permian-Triassic Emeishan flood basalts in southwestern China // Lithos. — 2001. — 58. — P. 145—168.

Надійшла 15.05.2012

Л.В. Шумлянський

ЭВОЛЮЦИЯ ВЕНДСКОГО ТРАПОВОГО МАГМАТИЗМА ВОЛЫНИ

Отложения волынской серии венда широко распространены на северо-западе Украины, юго-западе Беларуси и востоке Польши. На территории Украины вулканогенная толща сложена вулканитами основного и ультраосновного состава. Кроме того, среди отложений рифейской полесской серии известны интрузивные тела долеритов. На территории Украины трапповая формация представлена такими типами эфузивных и интрузивных пород (сверху вниз): 1 — высокотитанистые толеитовые базальты якушивских слоев ратненской свиты; 2 — низкотитанистые низкониобиевые толеитовые базальты нижней части ратненской свиты (лучичивские слои); 3 — низкотитанистые глиноземистые базальты бабинской свиты; 4 — оливиновые базальты заболотьевской свиты; 5 — локально распространенные пикриты в составе горбашевской свиты; 6 — силлы оливиновых долеритов и габбро-долеритов среди пород полесской серии. Химический состав минералов и пород формации закономерно варьирует по ее разрезу. В частности, наиболее основные пластины (до An₈₆Ab₁₄), высокомагнезиальные орто- (En₈₂Fs₁₃Wo₅) и клинопироксены (En₅₉Fs₉Wo₃₂) характерны для пикритов. Кроме того, эти породы содержат вкрапленники оливина, а рудный минерал представлен преимущественно хромитом. Вверх по разрезу волынской серии основность пластины и магнезиальность пироксенов постепенно уменьшаются. Оливин еще присутствует в базальтах бабинской свиты, а выше по разрезу уже исчезает из состава пород. Вкрапленники пластины в базальтах ратненской свиты по составу очень близки к пластинаам основной массы пикритов или же базальтам заболотьевской свиты. Интрузивные долериты по составу минералов подобны базальтам ратненской свиты, но, в отличие от них, содержат оливин вместо ортопироксена. Магнезиальность пород формации постепенно и закономерно уменьшается вверх по раз-

резу от #Mg = 69—73 в пикритах до 35—60 в высокотитанистых базальтах ратненской свиты и интрузивных долеритах. Концентрация РЗЭ и степень их фракционирования постепенно возрастают снизу вверх по разрезу. Однако существует и исключение из этой общей тенденции — наиболее высокая концентрация РЗЭ присуща базальтам бабинской свиты. Негативная европеевская аномалия характерна для пикритов и некоторых из базальтов бабинской свиты; слабая положительная аномалия европия наблюдается в низкотитанистых базальтах ратненской свиты и в высокотитанистых долеритах. Изотопный состав неодима постепенно возрастает от εNd = -12 в пикритах до εNd = -1...-6 и -1...-3 в высокотитанистых базальтах ратненской свиты и долеритах соответственно. Однако и в этом ряду существует исключение — базальты заболотьевской свиты имеют εNd = -1. Эффузивы каждой из свит волынской серии формировались из отдельных порций мантийных расплавов, каждая из которых имела специфические геохимические и изотопные характеристики. Каждый из циклов вулканизма отделяется друг от друга туфовыми толщами или же перерывами в вулканической деятельности. Источником исходных расплавов было литосферное вещество, но со временем глубина источника возрастала. Начало формирования высокотитанистых базальтов знаменует переход очага плавления в сублитосферную мантию, где источником плавления было плутоновое вещество. Породы разных свит в разной мере испытывали контаминацию коровым (и, вероятно, мантийно-литосферным) веществом, а также различались между собой по геохимическим характеристикам источников.

L.V. Shumlyanskyy

EVOLUTION OF THE VENDIAN CONTINENTAL FLOOD BASALT VOLCANISM IN THE VOLYN

Deposits of the Vendian Volyn series are widely distributed on the northwest of Ukraine, south-west of Belarus and east of Poland. In Ukraine the flood basalts sequence is composed by mafic and ultramafic volcanics. Beside these, there are dolerite intrusions known to cut terrigenous deposits of the Riphean Polissya Series. Flood basalts sequence includes the following types of effusive and intrusive rocks (from the up downwards): 1 — high-Ti tholeiitic basalts of the Yakushi strata of the Ratne suite; 2 — low-Ti and -Nb tholeiitic basalts of the bottom part of the Ratne suite (Luchichiv strata); 3 — low-Ti, high-Al basalts of the Babino suite; 4 — olivine basalts of the Zabolotya suite; 5 — locally developed picrites in the Gorbashi suite; 6 — sheet-like bodies of olivine dolerite and gabbro-dolerite among terrigenous rocks of the Polissya Series. Chemical compositions of minerals and whole-rocks vary regularly in the vertical section of the Volyn Series. In particular, calcic plagioclases (up to An₈₆Ab₁₄), and magnesian orthopyroxene (En₈₂Fs₁₃Wo₅) and clinopyroxene (En₅₉Fs₉Wo₃₂) are characteristic for picrites. These rocks contain olivine phenocrysts while opaque mineral is represented by chromite. Upward in the section plagioclase be-

comes more sodic and pyroxenes — more ferrous. Olivine is still present in the Babino suite basalts but disappear in basalts of the Ratne suite. Plagioclase phenocrysts found in the Ratne suite basalts are very close in composition to groundmass plagioclases of picrite or Zabolotya suite basalts. Intrusive dolerites are similar in mineral chemistry to the Rante suite basalts but contain olivine instead of orthopyroxene. Whole rock Mg-number gradually decreases upward in the section from $\#Mg = 69\text{--}73$ in picrite to $35\text{--}60$ in high-Ti basalts of the Ratne suite and intrusive dolerites. REE abundances and degree of their fractionation gradually increases upwards in the section. However, there is an exception from the general tendency of REE evolution — highest REE concentrations were revealed in the Babino suite basalts. Negative Eu anomaly is characteristic for picrites and some of the Babino suite basalts while weak positive Eu anomaly was found in low-Ti basalts of

the Ratne suite and in dolerites. ϵ_{Nd} in rocks gradually increases from -12 in picrites to $-1\text{...}-6$ in high-Ti Ratne basalts and to $-1\text{...}-3$ in dolerites. However, there is another exception from this regularity — highest ϵ_{Nd} values were found in Zabolotya suite basalts ($\epsilon_{Nd} = -1$). Effusive rocks of each of the suites of the Volyn Series were formed from separate batches of mantle melts. Every of these batches had specific geochemical and isotopic features. All of the cycles of effusive activity are separated from each other by tuff horizons or by temporal cessation in the volcanic activity. Source of the initial melts was represented by lithospheric rocks. With time the source of melting gradually deepened and formation of high-Ti basalts indicates migration of the site of melting into the sub-lithospheric mantle. Each of the batches of the initial melts experienced various contamination by crystal substance and differed by geochemical features of their sources.

ІСТОРІЯ НАУКИ
До 150-річчя від дня
народження В.І. Вернадського

THE HISTORY OF SCIENCE
On the 150th Anniversary
of V.I. Vernadsky Birth

МІНЕРАЛОГІЧНИЙ ЖУРНАЛ
MINERALOGICAL JOURNAL
(UKRAINE)

УДК 55.09

НАУКОВА СПАДЩИНА ВЕРНАДСЬКОГО В ЕПІСТОЛЯРНОМУ ЖАНРІ*
**З. В.І. ВЕРНАДСЬКИЙ ПРО МЕТОДОЛОГІЮ ПІЗНАННЯ,
МЕТОДИ І МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Окрім наукових праць, опублікованих за життя геніального вченого і пізніше, В. Вернадський залишив у спадок нашадкам щоденники, бібліографічні записи, офіційні та приватні листи, в яких він торкається різних наукових проблем. Продовжено публікацію цитат, що стосуються окремих питань геології та геохімії, мінералогії та кристалографії, організації науки тощо, з листів вченого до дружини Наталії Єгорівни, а також відомих геологів — В.В. Докучаєва, Б.Л. Лічкова, О.Є. Ферсмана, Д.П. Григор'єва та ін.

...Странная судьба. Больше всего прельщали меня, с одной стороны, вопросы исторической жизни человечества и, с другой — философская сторона математических наук. И я не пошел ни по той, ни по другой отрасли. Не пошел по исторической, потому что хотел раньше получить подготовку естественноисторическую и потом перейти на историю, не пошел по математической, потому что не верил и не верю в свои математические способности [...]. Теперь я занялся областью, где математика есть настоящий фундамент, а его у меня нет, но геометрия все более и более захватывает меня — есть стремление, но нет сил [2, л. 134].

...Главное то, что я разобрался в основном, хотя, конечно, чувствую огромные пробелы *понимания*. Между прочим, для меня ясно, как мало сейчас учтена логическая структура того естествознания, которое составляет основу современной науки. Математика, теоретическая физика, науки опытные дали материал для логики — но эмпирическое описательное естествознание — науки о Земле в научном понимании: геологические и биологические — оставлены логикой без внимания. Мне пришлось внести новое понятие — дедуктивного научного понятия, выделяемого мною из "рабочей гипотезы". Это не гипотеза, не аксиома, не эмпирическое обобщение — например, понятие о том, что поле тяготения Земли определяет всю структуру организма, или то, что я ввожу сейчас,

что *размеры* поверхности Земли определяют и сказываются количественно на заселении планеты размножением организмов, и т. д. [6, л. 138].

...Мне кажется, теория познания в наших конкретных науках о Земле не может дать очень много. Она выросла на научных теориях физики и на научных теориях математического характера, всецело основанных на *понятиях*. Между тем в науках о Земле мы имеем дело с понятиями, неотделимыми от реального объекта, и наша логика должна с этим считаться [6, л. 171].

...Периодичность свойств в пространстве, проявляемая как это должно быть для космоса, указывает на ход явления *по спирали*. И мне кажется, было бы интересно перенести Ваше (А.Е. Ферсмана — Ред.) обобщение на спираль, тем более что спираль для периодической системы элементов очень определенная и важная в эмпирической картине космоса. То, что у Вас нет гипотез, мне очень дорого, я считаю, что для нас на первом месте стоит эмпирическое обобщение. Удивительно, что в философских и логических обработках разница между ними не сознается с достаточной четкостью [8, л. 123].

....Я никогда не ограничивался эмпирическими обобщениями и не отбрасывал научные теории, но я не считал их венцом научной работы и неставил (и не ставлю) их достоверности на один уровень с эмпирическими обобщениями. Но, конечно, это огромная и важнейшая часть научной работы. Периодическая система элементов — эмпирическое обобщение. Сейчас она охвачена научными тео-

* Продовження. Початок у № 1, 3 за 2012 р. Упорядник Г. Кульчицька.

риями — но эти научные теории *проверяются* прежде всего *сю* (то есть эмпирическим обобщением) [6, л. 139].

...Дедуктивные научные понятия не обладают той достоверностью, как эмпирические обобщения, но они и не являются теориями, так как дают не объяснения, а обобщающие представления [6, л. 139].

...Несомненно, тут у меня много нового, и многое новое открывается при обработке; подхожу к новым заданиям и вопросам. Так или иначе я ясно чувствую, что надо было это сделать, так как так или иначе это результат всей моей прошлой научной работы. И вместе с тем глубокое неудовлетворение результатом и странное столь обычное для меня чувство, что я делаю не настоящую научную работу. Отчасти чувство "ученого" — настоящей научной работой кажется опыт, анализ, измерение, новый факт — а не обобщение. А тут все главное — и все новое — в обобщении [4, л. 948].

...Конечно, надо приобретение новых фактов, но и все мы их приобретаем, только внимательно и постоянно следя, работая над какой-нибудь **одной** областью, а по другим — стараясь пополнять свое знание с помощью общих обзоров, статей или отдельных популярных очерков, лекций, разговоров. И я считаю, что только имея определенную, строго ясную цель, человек теперь может получать новый материал для мысли, ведь вся сила, какую может получить человек из знания, состоит в том, чтобы у него было солидное знание, чтобы у него не было легкости, дилетантизма. А это возможно только при практически возможной, небольшой области изучения [2, л. 81].

...не в количестве изученных фактов, не в их значении является сила нашего мышления, а в том, чтобы эти факты составляли так называемое знание, т. е. являлись продуманными, ясна была нам взаимная между ними связь. А это возможно только при ясном, определенном предмете изучения, это возможно только с помощью строго научного **изучения**. А при этом необходимо иметь цель — что именно изучаешь, для чего и как; а раз изучаешь что-нибудь, то, так как все находится в связи, сразу кладутся рамки и остальных знаний в размере, необходимом для действительного понимания явлений. Это определяет не всю сумму знаний, но определяет его характер и отделяет, таким образом, довольно резко во всех делах — дилетанта от человека, привыкшего к научной работе. Но для нас это еще не все — надо необходимо сохраняться на той высоте современного знания, какой достигнут был при изучении, надо умело набирать новые факты, выбирать из безбрежной массы сырья, наносимого всюду сознательной и несознательной работой целых тысяч работников. А это

тоже возможно только при имении сознанного района исследования и старания понять изучаемое возможно полно и глубоко [2, л. 81].

...можно экспериментом решать задачи только тогда, когда научно ставится вопрос, на который опыт должен научно ответить. Я уже пользовался в значительной части чужим экспериментом, массовым экспериментальным фактическим материалом так же, как и массовым наблюдательным материалом, выводя этим путем эмпирические обобщения [6, л. 167].

...Интерес научной деятельности состоит в исследовании или в ясном понимании цели, но научная деятельность не легкая, и большая часть времени посвящена механической, совсем не интересной работе; следовательно, совершенно неверно, что я могу посвятить мою деятельность, весь день, как **хочу и интересно**. Совершенно неверно — то, что я хочу, я делаю урывками, а того, что меня интересует, добиваюсь массой времени, потраченного неинтересно и утомительно [2, л. 160].

...одно из самых важных для какой бы то ни было практической и общественной работы — это имение ясно формулированного плана деятельности с ясно определенными задачами. Такой план, несомненно, будет неверен, задачи будут во многом также нехорошо и неумело формулированы — но это не беда. Неверность и неформулированность могут быть замечены только по сравнению и по приложению чего-нибудь определенного, т. е. этого плана, и можно делать что-нибудь, только **зная**, куда хочешь и **как** хочешь в данную минуту идти [2, л. 127].

...у меня сейчас идет пересмотр прошлого моей научной деятельности. Я чувствую, что я давно, с молодости стал на тот путь, который сейчас становится господствующим. Многое из того, что мною было еще тогда понято, теперь воспринимается окружающими как новое, помимо моей работы — очень многое до сих пор не сознано. У меня не было тогда характера и выдержки, чтобы проводить с боя эти идеи — нет и теперь достаточного в этом смысле желания и, я думаю, уклада работы [4, л. 904].

...Много приходится читать в связи с этой работой [...]. Все это очень интересно, но как-то особенно сильно чувствуешь свое незнание. Чем дальше живешь, думаешь и работаешь, тем все ярче и глубже встает картина непонятного! [4, л. 853].

...я чувствую свое большое незнание в целых областях при соприкосновении с такой работой и такими людьми. И в то же время мой ум никак не может попасть в рамки, в которых идет их работа, и укладывает ее в свои, им неизвестные или кажущиеся неверными, несомненно я выношу из этих

посещений очень много — особенно много всяких указаний для будущего [...] [4, л. 903].

...Я просто сейчас философски не думаю, когда могу научно идти. "Сpirituализм" для меня, словесно выраженный, есть явная нереальность. Я думаю, что бессловесно и бессознательно я в *научной* работе проникаю так глубоко, как не проникает философ и религиозный мистик-мыслитель, словесно мыслящие. Это как какой-нибудь музыкант — Бах, или Бетховен, или Моцарт, или кто другой — проникал "до конца" бессловесно [6, л. 238].

...читаю сейчас библию. И как-то странно **одновременно** я вижу и чувствую в ней отражение самых несводимых вместе и резко различных настроений моей личности. Я сразу на нее смотрю с непримиримых точек зрения и чувствую целое и единое. Мне часто казалось, что один и тот же человек об одном и том же в одно и то же время может **мыслить** разное и несводимое в одно и **чувствовать** единое. И вот теперь это я ярко переживаю при чтении библии [4, л. 949].

...Работаю хорошо и, мне кажется, глубоко и, между прочим, как Вам (Б.Л. Личкову — Ред.) говорил, *научно* подхожу к областям и системам объяснений, которые до сих пор были только *философскими*. Но я подхожу к ним научно и как к научным эмпирическим обобщениям [7, л. 249].

...Но главное и основное — это происшедшее в 1936—1937 годах мое решительное отрицание примата философии для науки. Я философский скептик потому, что наука дала столько *нового*, не тронутого *философской мыслью*, что пока философия их не усвоит и не подвергнет анализу — *под их влиянием не изменится*, она нам сейчас неинтересна. В 1932 г. я думал, что для симметрии нужны философские работы; в 1942 г. я считаю, что нужно идти научным анализом [7, л. 297].

...Сомнение — великая сила, сомнение вызвало и создало то могучее, чудное знание, которое еще так малодоступно большинству человечества, но иной раз оно страшно тяжело ложится на отдельных лиц. Иной раз оно доставляет невыразимое удовольствие, но в другие минуты, когда беспощадно анализирует все созданные идеалы, когда всюду и везде все колеблет, оно давит, оно мучит [2, л. 14].

...Мне кажется самым главным, чтобы человек никогда не падал духом, чтобы он вел смело, энергично и неутомимо каждую полезную работу, какая ему является возможной в данную минуту, чтобы он из-за **возможности** ошибки не относился вяло к какому-нибудь делу и, таким образом, по необходимости делал уже ошибку не возможную, а **реальную**. Если Вы (Наталья Егоровна — Ред.) хорошенко вдумаетесь во всякое полезное дело, то

всегда окажется вероятие той пользы, какую оно принесет, большим вероятия ошибок. А все колебания, все падения духом, все терзания из-за возможности сделать злое вместо доброго должны быть выгнаны вон, должны быть отброшены со всем, совсем... Им нет места у того человека, который ясно понимает, что и все сомнения, все слабые действия его, все удаления от дела — есть уже сами по себе известные поступки, имеющие общественное значение. Он сам явился недаром и находится в постоянной, вечной связи со всеми окружающими. И особенно теперь, [...] когда так мало людей, поставленных в условия, мало-мальски благоприятные для дела, и действительно что-нибудь делающих. Теперь нет права сомневаться, колебаться, теперь надо смело, упорно, во что бы то ни стало идти вперед и добиваться всякого полезного дела со всей возможной энергией и силой. И горе нам, если мы будем колебаться. Вперед, вперед и смело [2, л. 9].

...Когда я вижу, как колеблются, мне иногда просто хочется взять их в охапку, этих колеблющихся людей, и ринуться вместе с ними, чтобы они в горячке работы и среди получаемых отовсюду щелчков очнулись и поневоле энергично принялись за работу. [...] нужнее всего теперь горячая работа, смелая, гордая мысль и неутомимая, неукротимая сила порыва [2, л. 9].

...Всегда, когда я начинал какое-нибудь дело, у меня в голове проносилась старинная запорожская поговорка, с какой они бросались на какое-нибудь трудное дело: "**Або збуду, або дома не буду**", и когда хотело напаст отчаяние, я повторял себе эту поговорку, и мне казалось, точно целая масса насмешливых голосов раздавалась кругом: "Эге, эге, гарный хлопец, та с первого ж разу и виру потеряв", "Та я ж думав, шо вин и зправда що-небудь зробить, а вин тильки бреше" и т. д. И мне представлялось, среди каких невероятных усилий добивались люди своей цели, и мне становилось стыдно, далеко-далеко отгоняя я от себя все сомнения и снова бросался на работу, и каждая неудача только больше подстрекала, подзадоривала меня, еще большую вызывала во мне энергию [2, л. 9].

...Приближается время, когда наука, когда знание человека достигнет многоного, когда даст оно ясную цель жизни, но раньше, как все установится, страшно тяжело и трудно будет жить отдельным лицам, в такие переходные эпохи невыносимо больно бывает, оттого-то так много слабохарактерных, нервных лиц впадает в оптимизм или пессимизм, равно вредные, в сумасшествие, в грубый эгоизм и в ту "практичность", какая особенно вредна и особенно опасна [2, л. 14].

...цельную, ясную цель жизни, цель деятельности на пользу людей, на достижение известного идеа-

ла, я думаю, даст наука. Она должна дать такую цель, которая бы вполне удовлетворяла скептический ум, чтобы сомнение свободно здесь гуляло, а цель оставалась. В религии исключается сомнение, и потому она так мертва по своим продолжительным **положительным** результатам, в философии одно сомнение царствует, но, кроме него, целый ряд должно установленных, вследствие недостатка знания, перегородок, а только в одной науке есть полная свобода сомнению наряду с положительными результатами. Здесь сомнение — сила созидающая [2, л. 14].

...Как достигнуть такого идеала? И это последнее положительно в состоянии указать одна только наука. Развитие науки в последнее время определило главные причины бедности и позволило вести борьбу против нее не какими-нибудь паллиативами или случайными средствами, а позволило направить силы на самые коренные причины. Сбивая предрассудки, она доставила человеку большую свободу etc. Но дело не в том, что дала наука, важно то, что дает она не туманный желательный идеал, а указывает ясно причины, почему *de facto* нет того идеала, какой должен был бы быть *de jure*; на чем зиждутся противодействующие причины, какова их сила или их слабость; она дает уверенность, что недаром пройдет жизнь и что при продолжительном, определенном образе действий победа обеспечена. Конечно, много еще теперь неясного, неизвестного, но это неясное, неизвестное должно быть открыто при дальнейшем развитии науки. Еще более того: она прямо указывает на невозможность или непрочность тех идеалов, какие строит жизнь человечества без соответствующего развития науки [2, л. 14].

...Наука одна, неразделенна, она дала и много даст, она не знает ни племен, ни сословий; она не знает и времени, так как в ней все преемственно переходит от поколения к поколению и память об этом ходе тщательно сохраняется [2, л. 24].

...Когда работаешь над каким-нибудь научным вопросом, в уме мелькают облики лиц, раньше над этим думавших, чувствуешь, точно какая-то неведомая, невидная цепь сильно связывает тебя с философом-греком, средневековым монахом, арабским врачом или одним из великих ученых последних трех столетий — над тем же вопросом они работали, думали, на каждом шагу видишь следы их работы, их мысли и только дальше продолжаешь их, а твоя мысль сливаются с их мыслью, и все вместе является общей непрерывной работой к неясному, но всем нам понятному идеалу, куда мы все неуклонно, сильно стремимся [2, л. 14].

...Мне представляется, как в далекой башне герцогского замка сидит, следя пытливо за начавшейся кристаллизацией, Джузеппе Гульельмини. [...] И

мне кажется, будто его непреклонное стремление узнать внутреннее строение вещества сообщило тем веществам, над которыми он работал, частичку его мысли, и оттого-то, кристаллизуя это вещество, мне так страстно хочется проникнуть по-глубже внутрь, узнать, что там внутри происходит, почему и чем вызывается эта правильность формы [2, л. 14].

...А если взять оптические свойства, то тесно и сильно связывают они меня с нынешними, средневековыми, древними учеными и с теми первыми пытливыми умами, которых поражала радуга и которые создали начало мифологии — это начало религии. Всюду, всюду непрерывная цель, всюду, всюду живешь в разных эпохах, в разных обстоятельствах, в разных странах, и такая тесная, такая глубокая является связь со всем человечеством, со всем земным шаром, а следовательно, и дальше, со всей вселенной... [2, л. 14].

...Есть общие задачи, которые затрагивают основные вопросы, которые затрагивают идеи, над решением которых бились умы сотен и сотен разных лиц, разных эпох, народов и поколений. Эти вопросы не кажутся практически важными, а между тем в них вся суть, в них вся надежда к тому, чтобы мы не увлеклись ложным камнем, приняв его за чистой воды бриллиант [2, л. 38].

...Относительно: человек существует для науки, а не наука для человека — мне кажется, я не только высказываю какое-нибудь абсурдное положение, а наоборот, выражаю даже факт, не раз наблюдавшийся. Я не вижу в природе никакой цели, а цель есть продукт человеческого развития, и им самим эта цель создается. По-видимому, это что-то, что в общей природе не существует, или по крайней мере мне неизвестны данные или явления, не позволяющие так думать. Я думаю, что таким же созданием человеческого развития является и представление о природе как о чем-то целом, едином, правильном, чего человек является лишь частью, связанной с целым. Очевидны все важные последствия для человеческого мировоззрения, раз вселенная как целое есть лишь продукт его же собственной несовершенной организации. Я думаю, что нет никаких данных, этому представлению противоречащих, и, с другой стороны, по моему крайнему убеждению, данные естественных наук не говорят совсем за иное мировоззрение. Единственным путем решения этого коренного вопроса является наука, является мышление, которое единственное как будто заключает в себе что-то, вне человека находящееся. Поэтому раз **цель** человеком создается, то легко можно и должно принять целью науку. [...] А приняв целью науку, проследить ее влияние — именно этой цели, т. е. искания, мысли, на всю человеческую деятельность, на все отношения его ко всему окружающему. Существование

вание человека для науки (называется иногда в жизни служением науке, а я не отдаляю от науки стремящееся к истине и искусство) вносит в жизнь светлые лучи идеала [3, л. 230].

...Неверно твое (Наталья Егоровна — Ред.) мнение и об интересе научной работы; интересно известное обобщение, может быть интересна иная обработка результатов, очень интересно читать ту или иную работу научную, но в самой сути научных работ громадная масса работы чисто механической, которую делаешь по чувству долга, по предвидению цели — работы скучной, утомительной, **тяжелой**. Эта работа является превосходной школой терпения, требует нервной выдержки. Если ты наблюдаешь лиц, работающих научно, или делаешь наблюдения над самим собой, ты замечаешь, как часто они находятся в раздраженном состоянии вследствие хода и сути работы или как часто они не могут заставить себя работать, потому что вся их воля ушла в мелкой, напряженной работе и им надо опять собраться с силами... [2, л. 160].

...Меня интересуют те или иные вопросы, но я не могу ими заняться, потому что моя деятельность должна направиться на другое. Меня интересуют многие книги — читать их нет времени, хотя мне бы было несравненно приятнее читать их, чем делать ту работу, которую я делаю. Мои вычисления, в большинстве случаев громадные, меня не интересуют — как, я знаю, не интересуют и всех других, я делаю это как неприятную механическую работу, а на это уходят часы; [...] я измерял углы, причем ни самые углы, ни самые результаты меня почти не интересовали, потому что они значения особого иметь не могут, взятые отдельно, да, и может, и вообще. [...] Мне пришлось так потратить все это время, потому что я думаю, что это будет нужно для моей будущей деятельности [2, л. 160].

...стремление к знанию, к наслаждению прекрасным — одни из коренных свойств человеческого организма, так как вызываются окружающей его природою [2, л. 14].

...так скорее хочется бороться с ней, с этой далекой, мощной природой, обезопасить себя от ее бесцельных, но смелых случайностей. И в этом интерес научной работы, тот огонь, который часто заставляет все приносить в жертву науке. Не преклонение перед ней, не восхищение ее псевдозакономерностями, а понимание, а получение возможности известным, мне желательным образом координировать ее явления, изменять и перестраивать их по своему плану и желанию. В этом большая прелесть научных знаний, отдельных опытов, наблюдений на месте [2, л. 33].

...Мы знаем только малую часть природы, только маленькую частичку этой непонятной, неясной, всеобъемлющей загадки. И все, что мы ни знаем,

мы знаем благодаря мечтам мечтателей, фантазеров и ученых-поэтов; всякий шаг вперед делали они, а массы только прокладывали удобные дорожки по первому проложенному смелой рукой пути в дремучем лесе незнания [2, л. 38].

...Я хочу понять те силы, какие скрываются в материи, я хочу узнать те причины, которые заставляют ее являться в тех правильных, математически гармоничных формах, в каких мы всюду видим и чувствуем ее. И одно из звеньев этой гармонии материи — мы сами и все живые существа [2, л. 38].

...Свойства одного сущего — одной материи — мы представляем себе в виде сил, в виде света, теплоты, электричества, магнетизма, и в последнее время магнетизм занял мое внимание; я много думал и мечтал над тем, что не могут дать никаких верных теоретических представлений о силах электричества и магнетизма, и мне кажется, что причина, здесь только в логическом методе, только в том, что рассматривают эти силы в связи с субстратом, в связи с формой материи [2, л. 38].

...Много столетий тому назад заметили, что особый минерал — магнитный железняк — обладает способностью притягивать частички другого минерала — железа; это наблюдение положило начало всему учению о магнетизме, из него вышли все многочисленные его применения, позволившие нам глубже вникнуть в явления природы, страшно увеличившие силы человека [2, л. 38].

...магнетизм есть только частичка, маленькая частичка тех особых свойств, которых мы не знаем и которыми обладает материя в прямой зависимости от формы, — магнетизмов много... [2, л. 38].

...Все это исходило из наблюдений над особыми свойствами магнитного железняка — тела, особых свойств вообще не имеющего; и у меня является вопрос: нет ли подобных свойств у других минералов, нет ли взаимных притяжений и отталкиваний между ними и каким-нибудь другим веществом, кроме железа, и если есть, то не откроет ли это нам целый ряд новых **сил**, не даст ли нам возможности новых приложений, не удешевит ли силы людей... Землю, которую рассматривают как магнит, едва ли можно так рассматривать, в ней видны какие-то неясные, но вполне, вполне ощущимые особые свойства; если так, то не располагаются ли относительно нее правильным образом, но не так, как железо или магнитный железняк, другие тела? И если они располагаются, не даст ли это нам возможности открыть в них новые свойства, целые новые, скрытые от человека силы? [2, л. 38].

...Есть старинные, забытые, заброшенные наблюдения, что минералы кианит (представляющий из себя соединение кремнекислоты и глинозема) и

особенно кассiterит (окись олова) располагаются особенным, им только свойственным образом относительно земли; что палочки кассiterита, или оловянного камня, располагаются в направлении, диаметрально противоположном тому, в каком располагается магнитный железняк или железо. [...] Мы знаем, что оловянный камень не притягивает железа, но почему ему не притягивать тел одинакового с ним строения — порошок оловянного камня и т. п. А если так, то нельзя ли вызывать **невидимые, страшные** силы в разных телах простым движением около тех тел или иных других тел [2, л. 38].

...разве нет в природе массы явлений, которые **никак** не могут быть объяснены, но отбрасывать которые как неправдоподобные, ложные, кажущиеся мы не имеем права, рассуждая научно и логически... Все явления в природе, по-видимому, зависят от внутреннего строения вещества, от формы, а на это до сих пор почти не обращали внимания, и нет еще отдельной отрасли знания, захватывающей этот отдел во всем объеме, и этот отдел должен быть создан... [2, л. 38].

...Теперь же пишу, чтобы исправить одну свою ошибку: пространство Эйнштейна действительно четырех измерений, но не евклидово, а римановское. Понятие о римановском пространстве в последнее время изменилось, а я об этом не знал [7, л. 291].

...Ученые — те же фантазеры и художники; они не вольны над своими идеями; они могут хорошо работать, долго работать только над тем, к чему лежит их мысль, к чему влечет их чувство. У них идеи сменяются; появляются самые невозможные, часто сумасбродные; они роятся, кружатся, сливаются, переливаются. И среди таких идей они живут, и для таких идей они работают; они совершают много сравнительно механической, временно нужной работы, но удовлетворить их она не может. Не может удовлетворить вольную душу художника со-ставление рисунков для каких-нибудь народных изданий, не может удовлетворить ученого работа над каким-нибудь вопросом, который кажется теперь нужным и необходимым [2, л. 38].

...По природе я мечтатель, и это опасная черта; я вполне сознаю, что я могу увлечься ложным, обманчивым, пойти по пути, который заведет меня в лебри; но я не могу не идти по нему, мне ненавистны всякие оковы моей мысли, я не могу и не хочу заставить их идти по дорожке, практически важной но такой, которая не позволит мне хоть несколько более понять те вопросы, которые мучат меня. Знаешь, нет ничего сильнее желания познания, силы сомнения; знаешь, когда при знании фактов доходишь до вопросов "почему, отчего", их непременно надо разъяснить, разъяснить во что бы

то ни стало, найти решение их, каково бы оно ни было. И это искание, это стремление есть основа всякой ученой деятельности; это только позволит не сделаться какой-нибудь ученой крысой, роющейся среди всякого книжного хлама и сора; это только заставляет вполне **жить, страдать и радоваться** среди ученых работ, среди ученых вопросов; ищешь правды, и я вполне чувствую, что могу умереть, могу сгореть, ища ее, но мне важно найти и если не найти, то стремиться найти ее, эту правду, как бы горька, призрачна и скверна она ни была! [2, л. 38].

...Я вполне сознаю, что только немногим из многих мечтателей удалось чего-нибудь добиться, и потому я говорю, что, может быть, я никуда не годюсь, И почему у меня являются дни отчаяния, дни, когда я вполне и мучительно болезненно сознаю свою неспособность, свое неумение и свое ничтожество. И тогда я не хочу быть ученым, я стремлюсь к другой деятельности, но и ее я рисую бурной, блестящей, иногда печальной, но бурной и огромной, потому что и в этих сомнениях я все же остаюсь тем же бедным мечтателем-сумасбродом. Часто все во мне клокочет, рвется, мне хочется высказать все, что волнует и мучит меня, а я не имею сил и возможности, у меня нет способности высказать ясно всем и каждому, что так ясно, ре-льефно и, казалось бы, полно я вижу в своих образах фантазии. И тогда становится еще тяжелее... Но бывают другие минуты, когда сильно и смело рвешься вперед, когда видишь, понимаешь все, что казалось раньше непонятным и недостижимым; тогда является вера в себя; тогда чувствуешь какую-то особую живую силу в себе, чувствуешь ясно связь свою со всеми, что было и **жило** раньше, что работало на **том же** пути, чувствуешь ясную, непонятную, невыразимую словами связь с тем, что будет работать на том же пути много позже... Но всегда у меня являлась одна мысль, и она разбивала все: никогда не сумел ты доказать, что то, что ты в эту минуту чувствуешь, не самообман, а правда [2, л. 38].

...Когда человек живет умом и фантазией, тогда такие мысли парализуют волю, они способны сделаться *idies fixes*; они доводят или до успеха, или до сумасшествия. У меня лично есть одна черта — и дурная и хорошая, но для всего этого дела гибельная. Я имею привычку относиться хладнокровно-скептически к самому себе, я не могу вполне отогнать эти мысли, я могу отгонять их, могу не допускать себя тратить на их проверку время. [...] Я чувствую, что если убеждусь, что все мои идеи и фантазии (а их у меня масса!) в применении к естественным наукам неудачны, я брошуся, всей душой, всем существом брошуся в другие области, в деятельность общественную, или в философию, или юриспруденцию [2, л. 38].

...Иногда мне кажется, что из меня выработается порядочный кабинетный ученый-экспериментатор, но часто снова и снова рисуется в моей фантазии план местного деятеля, работающего и научно, и занимающегося сельским хозяйством, и так хочется тогда этого, а иной раз рисуются планы чисто политического общественного деятеля. И все, кажется, имеет свои хорошие стороны, свой интерес, и то кажется, что я более способен к одному, то к другому, то к третьему. Но передумал — перемечтал я в это последнее время по всем этим вопросам очень много и так чувствую, что становлюсь серьезнее и определеннее. Я это вижу и в своих научных работах, где я вырос, как мне теперь кажется, за последнее время [2, л. 127].

...Меня интересует чувствовать будущие шаги человеческой мысли и человеческого сознания в предположении их неуклонного роста. И я стараюсь фантазией и мыслью почувствовать это будущее в проблесках нового, что теперь является в науке. [...] В науке я всюду вижу зарождение этих новых ростков. И мы, уже немолодые ее деятели, должны идти им навстречу, стараться ввести их в наше мировоззрение — только в этом и есть возможность обеспечить возможно долгий неуклонный прогресс человеческого знания [4, л. 805].

...Я думаю, уже сейчас научная мысль не может пойти назад, и устоят те формы общественной жизни, которые этому не противоречат [6, л. 77].

...Конечно, радиогеология будет частью геологии, как радиохимия — часть химии. Но методика так отлична, что с этим нельзя будет не считаться [6, л. 90].

...Я очень усердно теперь принялся за химию и за органическую и очень этому рад, потому что тут масса таких живых, горячих вопросов, так хорошо, когда ум углубляется в эти интересные вопросы, когда мысленно анализируешь строение материи, ищешь законы. [...] Мне очень нужно знать органическую химию, потому что, я думаю, тогда можно совсем изменить систему минералов [...] [2, л. 50].

...Для меня ясно, как много я **потерял** от того, что наблюдать явления я не умел. А я в этом случае не представляю исключения — большинство нас таково. [...] Я — натуралист, вот уже 7 лет так или иначе занимаюсь естественными науками и только в последнее время начинаю овладевать этим методом и начинаю сознавать и чувствовать значение этого умения для моего общего развития [2, л. 71].

...В университете я набросился с жадностью на естественные науки, но больше читал, чем наблюдал, и настоящим образом начал наблюдать, мне кажется, только в прошлом году, просматривая некоторые силикаты нашей университетской коллекции [...] [2, л. 71].

...я, кажется, научусь здесь тому, чему до сих пор никак не умел научиться, да, впрочем, и не мог научиться, — это знанию минералов, уметь различать их не только друг от друга, но и определять местности, откуда тот или другой минерал происходит, — например, различать друг от друга какие-нибудь кварцы из Каррары, Альп или Кавказа и т. п. До сих пор все это знание чисто эмпирическое, достигается оно больше всего опытностью и умением хорошо изучать данные образчики, т. е. на выку глаза к различию блеска, различному цвету, различию в группировке минералов друг с другом. У меня недоставало до сих пор этого умения наблюдать явление, и теперь мне приходится учиться ему, учиться тому, чему я должен был бы научиться с детства [2, л. 71].

...удивительно, как многое получаешь из поездки на место по сравнению с тем, что дают книги! [4, л. 801].

...Знание [...] практической минералогии мне нужно для того, чтобы быть хорошим хранителем музея, да чтобы читать хорошо минералогию, оно очень важно и практически — во всех вопросах, касающихся рудного дела [2, л. 71].

...Я считаю себя обязанным быть хорошо осведомленным в области минералогии России, не только в ее чисто научном значении, но и прикладном. Поэтому я стараюсь видеть главные типы рудных и полезных ископаемых России и получить в этом отношении определенную картину. С другой стороны, в качестве академика, изменяю и другую сторону своей поездки — стараюсь всюду завязывать связи с целым рядом лиц на местах, интеллигентных и полуинтеллигентных и интересующихся практически или научно минералами для того, чтобы от них получить в Академию материал [4, л. 836].

...Точное научное мышление и business. Но business в своих наиболее важных влиятельных формах целиком и с каждым годом все больше — проникает-ся точным научным мышлением [4, л. 891].

...Главные два прибора будут стоить 2500 руб., но зато я получу, наконец, возможность вести работу как следует! [...] Думаю, что, сделав некоторые методологические поправки, можно этим путем захватить и открыть **все** элементы! [4, л. 851].

...о приборе — будет стоить не менее 5000 марок, но зато я ясно вижу, что получаю огромное орудие для проникновения в неизвестное [4, л. 852].

...в соседней комнате стоит новый аппарат, из которого струя воды вытягивает воздух и где кристаллизуются у меня соли ниода и того, что я считаю ниодом и tantalом, а рядом на водяной бане шипят другие растворы. И в этих звуках улавливаю приятный шум идущей мысли — работы... [4, л. 914].

...Знаешь, я это **физически** чувствую. Мне кажется, я сейчас в своей работе иду отчасти бессознательно: странное ощущение, точно ведет какая-то неприменимая мне сила! [4, л. 852].

...мысль все время напряженно работала, и в уме рисовалась картина научной сознательной работы — как-то, по временам, вспыхивала и искрилась вера в то, что основные тезисы моей работы верны и новы и что путь мой есть путь, каким шли раньше в других областях химии [3, л. 238].

...В мысли не [волен] [4, л. 985].

...Одна беда — это леность, которая никак покинуть меня не хочет, и она может мне мешать на всех путях, и тогда окажусь негодным ни к одному из них [2, л. 127].

...Я сегодня опять мало сделал!! [8, л. 282].

...Эти многие месяцы, которые мы с Вами (Личковым Б.Л. — Ред.) не виделись, я находился в странном и необычном в моем возрасте (71 год) состоянии — непрерывного *роста*. Многое сделалось мне ясным, чего не видел раньше [6, л. 77].

...со мной случился casus — я хотел выяснить, **кто** первый ясно и определенно поставил в науке вопрос о значении на нашей планете свободных атомов, и забыл, что сделал это я [...] давно, 50 лет назад [...] и возвращался, углубляя и уточняя, в течение всей жизни. Теперь перечитал свои старые статьи и сделал крупный шаг вперед [4, л. 986].

...Посылаю выдержки из моих записей 1920 г. — двадцать (более) лет тому назад. Меня поразила первая страница [...] прямо **предвидение**: читал теперь — это видно [4, л. 991].

...Вот какова человеческая жизнь! Конечно, несколько дерзко было [...] начать писать главную работу жизни в 73 года. [...] Голова чрезвычайно свежа, и мысль работает, как прежде [6, л. 168].

...Очень хорошо работаю последнее время. Впервые разобрался в учении о симметрии, ровно через 60 лет после того, как об ней узнал [7, л. 290].

...А вместе с тем все мое научное прошлое переживается. И работы, и мечты, неисполненные во многом, — о структурной химии алюминия [...], а затем увлечение полиморфизмом и мало сделанное в этой области, отложенное до лучших времен, когда в начале века я ушел в минералогию как динамическую научную дисциплину, а затем в геохимию [8, л. 139].

...чем более узнаешь, тем все более убеждаешься и в своем полном незнании и в то же время в недостаточной еще пока обработке сырого материала [1, л. 27].

...Многим не доволен, но движение научной работы идет так быстро и моя собственная мысль

сейчас в таком напряжении, что надо положить какой-нибудь формальный предел, и я его кладу [8, л. 126].

...Как всегда, при углублении является ряд мыслей, и я только с сожалением себя сдерживаю, учитывая свои годы. Как-то Гёте не мог понять, как это вдруг обрывается нить жизни, когда человек шел все время вперед и перед ним открывалось все новое и глубокое. Можно построить на этих переживаниях очень глубокое и красивое построение смысла жизни. Но я думаю, что смысл жизни переживается (до конца иногда) индивидуально, а понимается только поколениями в геологическом, а не в историческом времени [8, л. 140].

...И меня порадовало в Вашем (В.В. Докучаева — Ред.) письме желание работать и тот интерес к научным вопросам, который всем нам так много всегда давал у Вас. Мне кажется, это та точка опоры, которая может быть найдена среди сумятицы жизни и среди горя и тяжелых утрат. Поле научной работы действует тем началом бесконечности, которое в нем всюду разлито и которое невольно отвлекает душу от земного и житейского. А между тем оно не заставляет забывать тяжелые утраты и горе, но лишь придает им более глубокий и менее острый характер. Мне кажется, в области научного искания есть тот же элемент, который может быть также силен в искусстве, особенно музыке. Но действие научной работы действует более непрерывно: она дает возможность (хотя бы бессознательно) понять горе и настроить высоко душу [1, л. 67].

...Пока чувствую себя мыслью моложе большинства молодых: надо это сознавать — и я рад, что я так чувствую, но надо сознавать свои силы [...] [7, л. 329].

...Я сейчас усиленно работаю над отделкой законченной моей работы: "Геологическое значение симметрии. На фоне роста науки XX столетия". Эта книжка (5—6 листов) сейчас переписывается. Я придаю ей лично значение, т. е. это — итог моей больше чем 60-илетней научной работы [5, л. 8].

...Жизнь моя близится к концу, и "История минералов" — одно из тех подведений итогов, которые я хочу и считаю себя обязанным дать. Ее наиболее ценные новые и нужные части начинаются как раз со 2-го выпуска (истории отдельных минералов) [8, л. 101].

...Мы жили с Вами (Е.А. Ферсманом — Ред.) все время рядом, но не пользовались [...] научным общением в сколько-нибудь настоящей форме. Тем научным общением, которое нужно нам обоим [8, л. 124].

...В старости как-то не замечаешь нового года и как-то не встречаешь его, как встречал в молодые

годы. Но все же по-новому относишься к нему, особенно в связи с теми научными проблемами, которые меня захватили за последние 22 года и о которых постоянно думаю. [...] Я живу будущим, а не прошлым и уверен, сколько может быть уверен ученый, несмотря на все окружающее, в необходимости создания ноосферы, которая даст лучшие условия жизни, даже для отдельных лиц [6, л. 179].

ЛІТЕРАТУРА

1. *В.В. Докучаев и В.И. Вернадский // Научное наследие.* — М. : Изд-во АН СССР, 1951. — Т. 2. — С. 745—842.
2. *В.И. Вернадский. Письма Н.Е. Вернадской (1886—1889) / Сост. Н.В. Филиппова.* — М. : Наука, 1988. — 304 с.
3. *В.И. Вернадский. Письма Н.Е. Вернадской (1889—1892) / Сост. Н.В. Филиппова.* — М. : Наука, 1991. — 320 с.
4. *В.И. Вернадский. Письма Н.Е. Вернадской (1909—1940) / Сост. Н.В. Филиппова, В.С. Чесноков.* — М. : Наука, 2007. — 299 с.
5. *Григорьев Д.П. Из писем В.И. Вернадского // ЗВМО.* — 1988. — Ч. 67, вып. 1. — С. 116—121.
6. *Переписка В.И. Вернадского с Б.Л. Личковым (1918—1939) / Сост. В.С. Неаполитанская.* — М. : Наука, 1979. — 270 с.
7. *Переписка В.И. Вернадского с Б.Л. Личковым (1940—1944) / Сост. В.С. Неаполитанская.* — М. : Наука, 1980. — 224 с.
8. *Письма В.И. Вернадского А.Е. Ферсману / Сост. Н.В. Филиппова.* — М. : Наука, 1985. — 272 с.

Надійшла 05.03.2012

НАУЧНОЕ НАСЛЕДИЕ ВЕРНАДСКОГО В ЕПІСТОЛЯРНОМУ ЖАНРЕН

3. В.И. ВЕРНАДСКИЙ О МЕТОДОЛОГИИ ПОЗНАНИЯ, МЕТОДАХ И МЕТОДИКАХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Кроме научных трудов, опубликованных при жизни гениального ученого и позже, научное наследие В.Вернадского включает дневники, библиографические заметки, официальные и личные письма, в которых он затрагивает различные научные вопросы. Продолжена публикация цитат из писем ученого жене Наталье Егоровне, геологам В.В. Докучаеву, Б.Л. Личкову, А.Е. Ферсману, Д.П. Григорьеву и др., в которых раскрываются взгляды В. Вернадского на некоторые проблемы геологии и geoхимии, минералогии и кристаллографии, организации науки в целом.

SCIENTIFIC LEGACY OF VERNADSKY IN EPISTOLARY GENRE

3. V.I. VERNADSKY ABOUT METHODOLOGY OF COGNITION, METHODS AND RESEARCH PROCESSES

Besides the scientific works by the scientist of genius which were published in his lifetime and later, the scientific legacy of V. Vernadsky includes his diaries, bibliographic notes, official and personal letters, where he touched various scientific problems. The publication of quotations from the scientist's letters is continued; they were sent to his wife Natalia Yegorovna, V.V. Dokuchaev, B.L. Lichkov, A.E. Fersman, D.P. Grigoriev, and others, and revealed the views of V. Vernadsky on some problems of geology and geochemistry, mineralogy and crystallography, organization of science as a whole.

УДК 549.0

Г. Кульчицька, Д. Черниш

Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення
ім. М.П. Семененка НАН України
03680, м. Київ-142, Україна, пр. Акад. Палладіна, 34
E-mail: kulchec@igmof.gov.ua

ПРОБЛЕМИ УКРАЇНСЬКОЇ МІНЕРАЛОГІЧНОЇ ТЕРМІНОЛОГІЇ

У статті звернено увагу на деякі проблеми номенклатури і термінології, що виникли через використання українськими мінералогами різних стандартів: радянських, російських і міжнародних після надання українській мові статусу державної. Зокрема, не існує одностайної думки щодо об'єктів мінералогії, виникло багато синонімів серед назв мінералів, нема контролю за дотриманням держстандартів України. Автори статті пропонують застосовувати термін *відміна*, а не *різновид* для характеристики хімічних і фізичних варіацій мінерального виду, як це пропонував академік Є. Лазаренко, *синтетичний*, а не *штучний* мінерал для отриманих людиною аналогів природних мінералів, передавати з англійської назви мінералів за допомогою літери "г", як це дозволяє сучасний український правопис — галіт (сульфід Cu і Ga), магнетіт (магнітний Fe₂O₃), що дасть змогу уникнути утворення омонімів. Проблеми, що виникли, під силу вирішити лише центральним науковим установам або загальноукраїнським громадським об'єднанням на зразок Українського мінералогічного товариства.

Після надання українській мові статусу державної, що закріплено в Конституції України 1996 р., неминуче виникли проблеми з використанням наукової термінології. Адже в останнє десятиріччя існування Радянського Союзу українська наукова термінологія, зокрема в галузі природничих наук, зовсім не використовувалася. Наука розвивалася, виникали закономірні проблеми номенклатури і термінології, для вирішення спірних питань організовували наради, однак рішення, що приймалися, стосувалися вживання виключно російськомовних термінів. Як приклад можна навести нараду "Основные понятия минералогии" (м. Керч, 1978), організовану ще за життя академіка Є.К. Лазаренка під егідою Українського мінералогічного товариства і Комісії з мінералогічної термінології та номенклатури при Всесоюзному мінералогічному товаристві, на якій доповідачі з різних куточків СРСР намагалися донести до слухачів свою думку. Що таке "мінерал", яка різниця між "мінералом" і "мінеральним видом", чим

відрізняються "подвид", "разновидність" і "разність" — це ті питання, на які мінералоги світового рівня (Г. Бокій, А. Булах, Є. Лазаренко, Н. Петровська, О. Поваренних, Л. Яхонтова та ін.) хотіли сформулювати однозначну відповідь. Не можна стверджувати, що це їм вдалося, але молоде покоління мінералогів щонайменше отримало змогу орієнтуватися і посилятися на опубліковану думку [7] наукових авторитетів.

Після розпаду Союзу і падіння "залізної завіси" табір мінералогів розділився на дві частини. Одна з них, здебільшого вже досвідчені дослідники, продовжували орієнтуватися на Москву і С.-Петербург як найбільші наукові центри Росії. Українські наукові терміни вони дослівно копіювали (калькували) з російської. Учні лазаренківської школи ще час від часу звірялися з підручниками свого вчителя, які до 1971 р. виходили українською, а також з українсько-російсько-англійським "Мінералогічним словником" Є. Лазаренка і О. Винар [6]. Опорою також став "Російсько-український словник наукової термінології. Математика. Фізика. Техніка. Науки про Землю та

"Космос" [10], що побачив світ невдовзі після запровадження української мови в ранзі державної. Останній на сьогоднішній день є єдиним офіційно рекомендованим словником української наукової термінології. Попри наявні помилки і описки, словники виконали покладену на них функцію — забезпечили передачу на папері результатів мінералогічних досліджень українською мовою. Також суттєву допомогу надали чотиримовний "Гірничий енциклопедичний словник" (2001—2004) і "Мала гірнича енциклопедія" (2004—2007) за редакцією В.С. Білецького, видані у Донецьку, та шестимовний "Словник-довідник ювелірного і колекційного каміння" (2006, авт.: Р. Вовченко, О. Матковський, І. Бакуменко та ін.), виданий у Львові. Зовсім недавно список поповнився "Російсько-українським геологічним словником" (Львів, 2011), який увібрал у себе все цінне з лексичних багатств української мови, опрацьоване вченими трьох сторіч, залишивши, однак, невирішеною проблему сьогодення.

Друга частина мінералогів звернула свої погляди на захід і почала всі терміни копіювати з англійської, без спроби знайти синоніми не те, що в українській, навіть у російській мові. Звичайно, за сучасних умов міжнародної інтеграції та кооперації наукових досліджень необхідно створювати єдину термінологію, узгоджувати класифікації, однак слід також враховувати специфіку вітчизняної науки. Розпочинаючи від об'єктів мінералогії до визначення мінерального виду і різновиду.

Об'єкти мінералогії. Комісія з нових мінералів і назв мінералів (*CNMMN*)^{*} при Міжнародній мінералогічній асоціації (*IMA*), заснована в 1959 р. з метою контролю за появою нових мінералів і введенням нових назв, рекомендує мінералом вважати елемент або хімічну сполуку, зазвичай кристалічну, що утворилася внаслідок геологічного процесу [12, 13]. Ні біогенні, ні антропогенні субстанції до мінералів не належать. Біогенна субстанція стає мінералом лише тоді, коли вона зазнала впливу геологічних процесів. Зроблене людиною — це не мінерал, а "синтетичний еквівалент" (*synthetic equivalent*) мінералу. Хімічні сполуки, утворені внаслідок дії геологічних процесів на антропогенну субстанцію, за пра-

вилами *CNMMN*, також не будуть розглядатися як мінерали [13]. Однак за сьогоднішнього стану геолого-розвідувальних робіт в Україні екологія, медицина і біологія — це єдині галузі, в яких ще можна отримати якісь гранти на дослідження. Якщо мінералоги не будуть займатися вивченням сучасного мінералоутворення у терионах, хвостозвалицах і відстійниках, не досліджуватимуть кістки і патологічне каміння в організмі людини, мінералогія, як свого часу палеонтологія, перетвориться на суто музейну науку. Тому природно, що техногенні процеси здавна сприймаються в Україні як один із чинників земного мінералоутворення [5], а технологічна, екологічна і біомінералогія сьогодні розглядаються як самостійні напрями мінералогічної науки [2, 8, 9].

Мінеральний вид. *CNMMN* виконала велику роботу з упорядкування назв мінеральних видів (*species*), оскільки велика кількість назв мінералів призводить до конфузів у науковій літературі. Із 4700 мінеральних видів схвалено і затверджено *IMA* 4300, список їх можна знайти на сайті <http://webmineral.com/>. Ще майже 2700 назв позначені як синоніми. У списку залишилися ті терміни, які або затверджені раніше, або більш поширені в англомовній літературі. Отже, такі назви мінералів як *сфен*, *ортит*, *калушит*, *лепідомелан*, *керченіт*, *саліт*, *камасит* тощо, які вживалися в російськомовних виданнях, переведено в ранг синонімів або зовсім виключено зі списку. Відповідно до рекомендацій *CNMMN*, терміни *біотит*, *лепідоліт*, *апатит*, *брітоліт*, *монацит* стали називами серій, так само як *гранат*, *олівін*, *піроксен*. Для позначення мінеральних видів використовують ці самі терміни із суфіксом Левінсона, що вказує, який із компонентів ізоморфної суміші домінує в цьому виді, наприклад *апатит-(Ca)*, *апатит-(OH)* або *апатит-(F)*. Особливо це стосується мінералів з рідкісноземельними елементами, де суфікс вказує на той елемент, частка якого найбільша (*брітоліт-(Y)* замість *абукумуліт*). Не всі рекомендації *CNMMN* можна прийняти беззаперечно. Важко погодитися, що *аметист*, *цитрин* — це просто синоніми кварцу, а *волнін* — бариту, що *агат* — це смугаста відміна кварцу, а не смугастий агрегат кварцових індивідів. Багато запитань спричиняє ідентифікація мінералів з групи фосфатів заліза — *керченіту*, *азовськіту*, *сантабарбариту* (*сантабарбараїту*), *метавівіаніту* тощо. "Мінералоги-

* У 2006 р. переіменована в *CNMMNC*.

ческий словар'ї" В.Г. Кривовичева [3], що побачив світ зовсім недавно, адаптував рекомендації *IMA* для російських мінералогів і частково врахував деякі суперечності. Українським мінералогам цей словник малодоступний, тому й орієнтуються вони здебільшого на всесоюзні стандарти минулого.

Вид, різновид, відміна. В англомовній мінералогічній літературі фактично функціонують два терміни для позначення мінерального виду і різноманітних проявів цього виду: *species* і *variety* відповідно. Два терміни залишилося також у російськомовній літературі [1] — *вид* і *разновидність*, хоча донедавна використовували також третій термін — *разноть* [7]. Також лише два терміни запропоновано [8] вживати в українській мові — *вид* і *різновид*.

Не заперечуючи проти двочлененої (замість тричленної) термінології для позначення виду, вважаємо, що англійський термін *variety* і російський *разновидність* краще, на нашу думку, передавати в українській мові терміном *відміна*, а не *різновид*. Його пропонується вживати як еквівалент *variety* і *разновидність* на позначення відхилень, які не спричиняють зміни виду, наприклад, відхилення за хімічним складом (*паладієсте золото, мідисте золото*), структурними особливостями (*політипи мусковіт-1M* і *мусковіт-2M₁* або *молібденіт-2H* і *молібденіт-2R*) або за фізичними властивостями (забарвленням, ступенем прозорості, морфологією кристалів). Різновид, не вважаючи його таксоном систематики мінералів, логічніше вживати як синонім до "різний вид". Наприклад, різні мінеральні види (різновиди) в групі (серії) біотиту — це флогопіт, аніт, істоніт, сидерофіліт, або різні види кремнезему — кварц, стишовіт, коесит.

Це дуже близько до того, що пропонував академік Є. Лазаренко, який послуговувався трьома таксонами систематики мінералів: "... Мінеральні індивіди, у яких склад і структура однакові або змінюються безперервно, об'єднуються поняттям *мінеральний вид*. ... Крайні члени мінерального виду змінного складу є його *різновидами*. В наведеному прикладі різновидами олівіну є форстерит і фаяліт" [4, с. 158]. І далі: "Крім мінеральних видів і різновидів, для багатьох мінералів виділяються *відміни*. *Відміни* — це сукупності мінеральних індивідів одного і того самого мінерального виду, що відрізняються від інших індивідів деякими додатковими особливостями: фізични-

ми, хімічними, структурними або морфологічними. Номенклатура відмін достатньо не розроблена. Поряд з простими назвами відмін, утвореними одним словом (аметист, фуксит тощо), вживають складні терміни, які включають в себе слова, що підкреслюють характерні властивості або особливості знаходження мінералу (наприклад, зернистий барит, молочний кварц, жилкуватий гіпс та ін.)" [4, с. 162]. Якщо врахувати, що згадані вище мінеральні види змінного складу тепер, за правилами *CNMMN*, представляють собою серії (ізоморфні ряди), а крайні члени цих серій (*різновиди*, за визначенням Є. Лазаренка) є мінеральними видами, то таксон *різновид* у наведеній вище цитаті відпадає і систематика Є. Лазаренка автоматично стає двочлененою з таксонами *мінеральний вид* і *відміна*. Поняття останнього таксону, як бачимо, повністю збігається з таким для *variety* і *разновидність*.

Штучний чи синтетичний мінерал? Ці терміни словники трактують як синоніми, однак перший термін, як правило, подають з деяким негативним відтінком. Штучний (рос. *искусственный*) означає вміло підроблений, несправжній, фальшивий (порівняйте, *штучна шкіра, штучні квіти*), а синтетичний (від грецького — *поєднуючий*) — отриманий внаслідок синтезу, узагальнений. У 1970-х рр., коли в Інституті надтвердих матеріалів синтезували перші алмази (діаманти), В.М. Бакуль — директор Інституту, що тепер носить його ім'я, у своїх публічних виступах і під час екскурсій по Інституту неодноразово підкреслював, що їхні алмази не штучні, а синтетичні, бо штучний алмаз — це лише імітація алмазу, а вони зробили справжній мінерал в умовах, близьких до природних. У Всеросійському НДІ синтезу мінеральної сировини (м. Александров) у технічних умовах кристалізовано кілька десятків мінеральних видів і їх відмін: гірський криштал, аметист, цитрин, ісландський шпат, опал тощо. Але ж відомі й імітації опалу (камінь Слоукума), бірюзи, амазоніту. Тому недоцільно, як пропонує [8], всі отримані людиною в лабораторних чи заводських умовах кристалічні сполуки вважати штучними мінералами. Доцільно терміном *штучний* позначати імітації, а термін *синтетичний* вживати стосовно синтезованої продукції того самого складу й структури, що й природні аналоги. Термін *штучний мінерал* можна застосувати також до кристалічних спо-

лук, дуже близьких за структурою або складом до мінеральних видів, але синтезованих людиною в умовах, які не реалізуються в природі (в штучних умовах), наприклад — рідкісноземельні "гранати" (фіаніт, дамонер), синій і зелений кварц тощо. За правилами CNMMN, продукти синтезу належать до об'єктів мінералогії лише у тому випадку, коли існують їхні природні аналоги із зазначенням, що це синтезований мінерал. Є. Лазаренко вважав, що "одержанням штучних мінералів, а також моделюванням процесів мінералоутворення у різних фізико-хімічних умовах, що дозволяє експериментально перевіряти уявлення про магматогенні, матаморфогенні й екзогенні процеси" [4, с. 19], повинен займатися окремий розділ мінералогічної науки — експериментальна мінералогія.

Подвоєння приголосних у назвах мінералів. Згідно з українським правописом [11], у загальних словах іншомовного походження приголосні зазвичай не подвоюються. За цим правилом назви мінералів, які російською або англійською пишуть з подвоєнням (берилл, гросуляр, cassiterite, cerussite, pyrrhotite) в українській мові зберігають лише одну приголосну (берил, гросуляр, каситерит, церусит, піротин). Цього правила дотримується "Мінералогічний словник" [6], що привело до появи омонімів — однакового написання назв різних мінеральних видів — *галіт*, *пірит*, *талліт*. У російській і англійській мові назви цих видів відрізняються: halite (галіт) — NaCl і gallite (галліт) — CuGaS₂, pyrite (пірит) — FeS₂ і pyrrhite (пірріт) — вогняно-червона відміна пірохлору — NaCaNb₂O₆, thallite (талліт) — синонім сапоніту і *thallite* (талліт) — синонім епідоту. Оскільки вказані синоніми назви епідоту, сапоніту і пірохлору нині практично не вживаються, проблема існує лише стосовно вживання терміну *галіт*. Український правопис дозволяє деякі винятки в написанні слів іншомовного походження (ванна, тонна, брутто тощо), тому можна було б зробити такий виняток для сульфіду міді та галію, хоча таким чином втрачається логічний зв'язок з назвою елементу, від якої походить назва мінералу.

Якщо підходити формально, то подвоєння приголосних повинно зберігатися у більшому числі назв мінералів. За українським правописом подвоєння приголосних зберігається у власних іменах (Гесс, Гаусманн, Галлуа, Вол-

ластон, Аллан, Бассані) і географічних назвах (Іллінойс, Скоттеруд) іншомовного походження та залишається у всіх вивідних від них слівах. Тобто назви мінералів, утворені від прізвищ або географічних назв, повинні писатися з подвоєнням: гессит, гаусманніт, галлуазит, волластоніт, алланіт, бассаніт, ілліт, скоттерудит тощо. Оскільки більша частина мінералів названа на честь природодослідників або за місцевою назвою, то виходить, що дуже велика кількість назв мінералів в українській мові порівняно з оригіналом має право писатися з однією приголосною замість подвоєння.

Використання літери "г". Не так давно в українську мову повернули літеру "г", з чого однак не випливає, що всі назви мінералів, які пишуться через "g" в англійській, повинні українською писатися через "г". Правопис дозволяє передавати латинську літеру "g" через "г", "г" і "х" і тому більшість назв мінералів нема потреби змінювати. Але назву такого мінералу, як *maghemite*, яку пишуть російською як *маггеміт*, а українською і *магеміт* [10] і *маггеміт* [6], варто писати з урахуванням змін до правопису — *магеміт*. У зв'язку з появою літери "г" назву вищезгаданого сульфіду Cu і Ga (*gallite*) також можна передавати через українське "г", як це дозволяє сучасний український правопис [11]. CuGaS₂ стає *галітом*, а NaCl залишається *галітом* і, таким чином, відпадає необхідність робити виняток щодо подвоєніх приголосних.

Висновки і пропозиції. Наведених прикладів достатньо, щоб переконатися у необхідності провести авторитетну роботу з впорядкуванням української мінералогічної номенклатури і термінології. Потрібне лише бажання і мінімум коштів. Зазначимо, що на другій сторінці згадуваного вище "Мінералогического слова-ря" В.Г. Кривовичева вказано, що робота виконана в рамках програми Міністерства освіти і науки Російської Федерації "Розвиток наукового потенціалу вищої школи". В Україні сподіватися на допомогу міністерств марно, її можна очікувати хіба що з боку громадських організацій, таких, як Українське мінералогічне товариство, Спілка геологів України та ентузіастів мінералогічної науки. Без допомоги держстанов також не обйтись. Не достатньо впорядкувати номенклатуру, необхідно запустити механізм упровадження прописаних норм у вигляді держстандарту, що під силу лише центральним науковим установам. Хоча прак-

тика показує, що в Україні державні стандарти існують самі по собі, а кожен редакторський колектив створює свої внутрішні.

Прикладом може слугувати робота Комісії з хімічної номенклатури (УНКоЗіТерН), яка з 1992 р. функціонує при Київському національному університеті імені Тараса Шевченка. За її рекомендаціями, в зв'язку з приведенням української номенклатури у відповідність до міжнародній (*IUPAC*), деякі назви хімічних елементів — *миш'як*, *кремній*, *сурма*, *вісмут*, *марганець*, було вилучено з української мови і замінено на міжнародні латинські: *Арсен*, *Сіліцій*, *Стибій*, *Бісмут*, *Манган*. Змінено також деякі інші національні назви на латинські. Законодавчо це закріплено Держстандартом ДСТУ 2439-94: "Елементи хімічні, речовини прості", проти якого стоїть позначка "чинний". Однак досвід показує, що навіть викладачі Київського університету цих норм не дотримуються або взагалі про них не знають.

Отже, перед мінералогами України на черзі стоїть важливе завдання: орієнтуючись на міжнародні стандарти і наслідуючи позитивний досвід сусідів, докласти максимум зусиль, щоб створити свою термінологію в кращих традиціях школи академіка Е.К. Лазаренка.

ЛІТЕРАТУРА

1. Булах А.Г. Общая минералогия: Учеб. — СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2002. — 356 с.
2. Довгий С., Павлишин В. Екологічна мінералогія України. — К.: Наук. думка, 2003. — 152 с.
3. Кривовичев В.Г. Минералогический словарь. — СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2008. — 556 с.
4. Лазаренко Е.К. Курс мінералогії. — К.: Вища шк., 1970. — 600 с.
5. Лазаренко Е.К. Опыт генетической классификации минералов. — Киев : Наук. думка, 1979. — 316 с.
6. Лазаренко Е.К., Винар О.М. Мінералогічний словник. Українсько-російсько-англійський. — К.: Наук. думка, 1975. — 773 с.
7. Основные понятия минералогии / Отв. ред. Е.К. Лазаренко. — Киев : Наук. думка, 1978. — 139 с.
8. Павлишин В., Довгий С. Мінералогія. — К.: Вид-во Київ. ун-ту, 2008. — 536 с.

9. Пирогов Б. Методологія технологічної мінералогії та природа технологічних властивостей мінералів // Мінерал. зб. Львів. ун-ту. — 2007. — № 57, вип. 2. — С. 17—34.
10. Російсько-український словник наукової термінології. Математика. Фізика. Техніка. Науки про Землю та Космос. — К.: Наук. думка, 1998. — 892 с.
11. Український правопис / Ін-т мовознавства ім. О.О. Потебні НАН України, Ін-т укр. мови НАН України. — К.: Наук. думка, 2007. — 288 с.
12. Nicel E.H. The definition of a mineral // The Can. Miner. — 1995. — 33. — Р. 689—690.
13. Nicel E.H., Grice J.D. Procedures and guidelines on mineral nomenclature // Ibid. — 1998. — 36. — Р. 3—16.

Надійшла 01.08.2012

A. Кульчицкая, D. Черныш

ПРОБЛЕМЫ УКРАИНСКОЙ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОЙ ТЕРМИНОЛОГИИ

В статье уделено внимание некоторым проблемам номенклатуры и терминологии, возникшим из-за использования украинскими минералогами разных стандартов: советских, российских и международных после закрепления за украинским языком статуса государственного. В частности, не существует единого мнения относительно объектов минералогии, возникло множество синонимов среди названий минералов, отсутствует контроль над соблюдением госстандартов Украины. Возникшие проблемы под силу разрешить только центральным научным учреждениям или всеукраинским общественным организациям, например, Украинскому минералогическому обществу.

H. Kulchytska, D. Chernysh

PROBLEMS OF UKRAINIAN MINERALOGICAL TERMINOLOGY

The article attracts attention to some problems of nomenclature and terminology that appeared because Ukrainian mineralogists used different standards: the Soviet, Russian and international after adopting official status for Ukrainian language. In particular, there is no consensus regarding the objects of mineralogy, there was a lot of synonyms of names of minerals, there is no control over compliance with state standards of Ukraine. Only central research institutions or all-Ukrainian public organizations such as Ukrainian Mineralogical Society can solve appeared problems.

И.М. Наумко, М.Д. Братусь

ОЧЕНЬ НУЖНЫЕ И ПОЛЕЗНЫЕ КНИГИ (РЕЦЕНЗИЯ НА КНИГИ ОБ АЛМАЗАХ)

В 2000—2010 гг. в Новосибирске были изданы три книги (Атлас морфологии алмазов России / В.П. Афанасьев, Э.С. Ефимова, Н.Н. Зинчук, В.И. Коптиль. — Новосибирск : Изд-во СО РАН, НИЦ ШТТМ, 2000. — 298 с. — 300 экз.; Морфология и морфогенез индикаторных минералов кимберлитов / В.П. Афанасьев, Н.Н. Зинчук, Н.П. Похilenko. — Новосибирск : Изд-во СО РАН, фил. "Геос", 2001. — 276 с. — 400 экз.; Поисковая минералогия алмаза / В.П. Афанасьев, Н.Н. Зинчук, Н.П. Похilenko. — Новосибирск : Изд-во СО РАН, фил. "Геос", 2010. — 416 с. — 700 экз.), посвященные алмазам Якутии. Этот "триптих" вмещает обширнейшую информацию о разнообразии форм и внешнего вида алмазов из кимберлитов Якутии, о морфологии и морфогенезе индикаторных минералов и о путях применения знаний об этих свойствах в практике поисковых работ на алмаз.

Нарастающая добыча алмазов в мире на современном этапе требует формирования глобальной концепции их поисков: от космического зондирования обширных территорий и изучения структурно-тектонического развития регионов с выделением перспективных территорий до локальных геологических поисков. Опубликованные ранее результаты исследований (Сокуров Ю.Н., Калмыков В.Д., Зуев В.М. Космические методы при прогнозировании и поискам месторождений алмазов. — М. : Недра, 2001. — 198 с.; Зинчук Н.Н., Дукарт Ю.А., Борис Е.И. Тектонические аспекты прогнозирования кимберлитовых полей. — Новосибирск, 2004. — 166 с.; Савко А.Д., Шевелев Л.Г., Зинчук Н.Н. Эпохи мощного корообразования и алмазного магматизма в истории Земли. — Воронеж, 1999. — 142 с. и др.) свидетельствуют, что такой концептуальный иерархический подход широко применяется в ходе поисков алмазов в Якутии.

Поиск алмазов непосредственно начинается на заранее выделенных перспективных территориях. В арсенал средств поисков на этом этапе входят все современные минералогопетрографические методы и методы изучения: формы, внешнего вида и физических свойств алмазов, морфологии, химического состава и

физических свойств индикаторных минералов-спутников алмаза, состав и характер твердых включений в алмазе и в минералах-спутниках, ряда других показателей.

Книги, которым посвящен данный отзыв, содержат обширнейшие сведения о морфологии алмаза, его минералах-индикаторах и о системе поисков коренных и россыпных месторождений в различных геолого-структурных обстановках. Каждая из книг посвящена конкретному вопросу алмазоносности. В целом они составляют единое издание об алмазах, объединенное также единством стиля и полиграфического исполнения очень высокого уровня.

Выход в свет этих книг — яркий пример плодотворного сотрудничества между академической и отраслевой наукой — Объединенным институтом геологии, геофизики и минералогии СО РАН, ЯНИГП ЦНИГРИ и АК "АЛРОСА".

Для украинских геологов, занимающихся изучением алмазов и его поисками, такие книги представляют чрезвычайный интерес. К сожалению, их небольшой тираж не в состоянии обеспечить потребности в них даже в России, не говоря о странах СНГ и дальнего зарубежья.

Название первой из рецензируемых книг — "Атлас морфологии алмазов России" говорит

само за себя. Из 290 страниц книги три четверти занимают иллюстрации — фотографии кристаллов алмазов в основном из кимберлитов и россыпей Якутии, реже из других типов алмазоносных пород. Аналогичных изданий в мире нет. Как справедливо указывает в предисловии к изданию академик Н.В. Соболев, "Исключительное разнообразие алмазов по формам и внешнему виду давно обращало на себя внимание исследователей, широко использовавших эти признаки для выявления связи с различными свойствами алмазов и обсуждения особенностей их образования либо в процессе роста, либо в результате растворения".

Единые критерии оценки участия процессов травления (растворения) в формировании габитуса кристаллов глубинных алмазов до сих пор не сформированы. Признавая тот факт, что алмазы кимберлитов и глубинных пород имеют признаки травления, авторы "Атласа..." приводят перечень основных габитусных типов алмаза с указанием, какие из них являются формами роста, а какие формами травления, либо возникли в результате наложения этих процессов, подчеркивая, что травление кристаллов больше влияет на гранную морфологию, чем на габитус.

Разнообразию гранной морфологии габитусных типов алмазов посвящено более ста фотографий. Выделены девятнадцать основных типов гранной морфологии для разногабитусных кристаллов алмазов, свойственных росту, травлению или тому и другому. Они могут служить "руководящими формами" для определения генетической природы каждого типа гранной морфологии при поверхностном изучении кристаллов. Меньше проиллюстрированы двойниковые сростки, механически изношенные кристаллы из кимберлитов, а также алмазы из эклогитов и перидотитов.

Заслуживают внимания выделенные авторами признаки древности алмазов: они дают ключ к расшифровке источников поступления алмазов в россыпи. Хочется подчеркнуть, что это единственная в мире книга, столь обширно иллюстрирующая габитусные формы, гранную морфологию и другие особенности морфологии алмазов из кимберлитов и россыпей России.

Находка кристаллов алмазов при проведении поисковых работ на выделенной перспективной территории вселяет надежду на обна-

ружение кимберлитовых тел, а путь к этому указывают индикаторные минералы. Им и посвящена вторая книга — "Морфология и морфогенез индикаторных минералов кимберлитов". В ней приведен большой объем очень детальных характеристик главных индикаторных минералов ультраосновных парагенезисов в кимберлитах и лампроитах, а также эклогитовых и пироксенитовых парагенезисов. Главные минералы этих парагенезисов — оливин, гранат, пироксен, хромшпинелид, пикроильменит. Особое внимание удалено химическому составу индикаторных минералов и эволюции их морфогенеза в магматических, постмагматических и экзогенных условиях, а также при метагенезе и метасоматозе.

Приведены не только данные о химическом составе отдельных минералов из кимберлитов Якутии, но и о распределении в них важнейших примесных элементов. Так, по соотношению $\text{FeO}/\text{Cr}_2\text{O}_3$ в оливинах четко различаются алмазо- и неалмазоносные кимберлиты. Содержание NiO в мас. % в оливинах разных гранулометрических классов зависит от доли форстеритового компонента. Для оливинов из кимберлитов Якутии, как и для оливинов из лампроитов Австралии, характерна значительная доля этого компонента (88—93 мол. %).

Магнезиальные гранаты различных парагенезисов в алмазо- и неалмазоносных трубках изучены наиболее детально. Содержание кальциевого компонента сильно варьирует от 1—85 мол. % в кимберлитах до 2—65 — в ксенолитах ультраосновных пород, хромистого компонента — от 1 до 57 — в кимберлитах и от 0,1 до 51 мол. % в ксенолитах.

Интересны также таблицы, в которых приведены данные о химическом составе гранатов из различных парагенезисов (гарцбургит-дунитового, лерцолитового, верлитового) из кимберлитов и из ксенолитов этих парагенезисов в кимберлитовых трубках Якутии. Многочисленные результаты анализов гранатов из кимберлитов, сведенные на диаграмме в координатах $\text{Ca}—\text{Mg}—\text{Fe}$, наглядно иллюстрируют поля распределения гранатов ультраосновных и эклогитовых парагенезисов. По результатам нескольких сотен (от двух до пяти) химических анализов гранатов построены графики соотношений $\text{CaO}/\text{Cr}_2\text{O}_3$ в мас. % по шести продуктивным и двум непродуктивным трубкам Якутии, а также продук-

тивной трубке Мвадуи из Восточной Африки и Сиэн Лейк в Канаде. Алмазоносные кимберлиты характеризуются повышенной (свыше 5 мас.%) хромистостью гранатов. В отдельную группу выделяются гранаты из лерцолитов и верлитов, имеющие повышенное содержание титана и железа при относительно низком — хрома.

Вторая по важности группа индикаторных минералов кимберлитов и лампроитов (после гранатов) — хромшпинелиды. Детальное изучение химического состава хромшпинелидов кимберлитов Якутии и Архангельской обл. показало, что кимберлиты с высоким содержанием хрома (до 66 мас. %) в комбинации с высоким содержанием алюминия и титана (до 48 и 4 мас. % соответственно) являются алмазоносными. Со снижением содержания этих элементов кимберлиты становятся слабо- или неалмазоносными. Аналогичные высокие значения $\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$ и $\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ свойственны и лампроитовой алмазоносной трубке Эллендейл-7 в Западной Австралии.

Для клино- и ортопироксенов, пикроильменитов и других минералов-индикаторов из ультраосновных парагенезисов также приведены результаты определения химического состава и соотношения индикаторных компонентов в них. Как указывают авторы, судить о перспективе алмазоносности кимберлитовой трубы можно лишь имея результаты анализов состава нескольких индикаторных минералов. Следует также отметить, что гранаты и пироксены эклогитовых и пироксенитовых парагенезисов в кимберлитах имеют довольно широкий диапазон значений содержания железа, кальция и магния (также, как и клинопироксены).

Значительная часть книги посвящена морфологии индикаторных минералов, зависящей от ряда факторов. Наиболее детально изучен глубинный морфогенез и условия кристаллизации индикаторных минералов в магматическом расплаве для пиропов, пикроильменитов и хромшпинелидов. Главное внимание при этом уделено внутреннему строению, характеру дислокаций, составу включений других минералов, морфологии поверхности.

При изучении кимберлитов авторы обратили внимание на отсутствие в них нетрециноватых, в том числе индикаторных минералов и алмаза. Приведены обоснования по-

явления трещин в минералах в поздне- и постмагматических условиях и их влияние на морфологию минералов. Анализируя морфогенез индикаторных минералов в постмагматических условиях, авторы делят его на две основные группы: связанные с дефектами структуры и с химической неустойчивостью минералов в новых условиях.

Экспериментально на примере пиропа показано, что причиной возникновения трещиноватости в нем, как и в других мантийных минералах, служит самопроизвольная их диспергация по дислокациям под воздействием агрессивной среды — коррозионное растрескивание. Оно стимулирует процессы изменения химического состава и морфологии (под келифитовой каймой на поверхности зерен пиропа образуется микрочерепитчатый рельеф растворения) и фазового (пикроильменит замещается лейкоксеном) состава минералов, их гранулометрии, внешнего и внутреннего строения. Эффект коррозионного растрескивания авторы рекомендуют учитывать как при анализе глубинного минералогенеза, так и при изучении поведения мантийных минералов в экзогенных условиях.

Большое внимание в книге уделено морфологии индикаторных минералов в экзогенных условиях. Главные факторы экзогенных изменений — это механический износ, гидравлическая сортировка, гипергенное выветривание и диагенетические изменения. Вклад этих факторов в общий объем изменений каждого минерала не одинаков. Конкретные примеры показывают, что зерна хромшпинелидов лишь в прибрежно-морских коллекциях становятся полностью окатанными. Гидравлическая сортировка приводит к концентрации мелких классов зерен по мере удаления от источника и преобладания в них более устойчивых минералов. При гипергенном выветривании уменьшается относительная доля пиропа по отношению к пикроильмениту и хромшпинелиду.

Диагенетические изменения в эволюционирующей ассоциации выражаются в исчезновении крупных высокодефектных и химически неустойчивых зерен минералов и "вызревании", т. е. обогащении ее устойчивыми минералами. Поэтому, как отмечают авторы, "...объективная оценка "зрелости" ассоциации, основанная на знании закономерностей поведения минералов в экзоген-

ных умовах, чрезвычайно важна в поисковом плане".

Метагенетические изменения кимберлитовых минералов развиты преимущественно в прибрежно-морских коллекторах и похожи на изменения минералов в постмагматических условиях и при метасоматозе, когда происходит замещение пиропа хлоритом, пикролильменита анатазом и т. д. Следует особо подчеркнуть, что все описанные изменения морфологии и состава индикаторных минералов иллюстрированы прекрасными фотографиями.

В книге обобщен огромный массив фактического материала о минералах кимберлитов Якутии. Это позволило по-новому подойти к решению вопросов поисков кимберлитовых тел, чему и посвящена завершающая книга цикла — "Поисковая минералогия алмаза". В ней дан краткий исторический обзор поисков алмазов по полезному компоненту — "алмазам" и обосновано закономерное усовершенствование поисков алмазов — сосредоточение внимания на сопутствующих ему минералах. Наиболее детально это показано на примере Сибирской платформы. Авторами создана структурная схема поисковой минералогии (от частного к общему), позволившая выйти на новый уровень обобщений в поисковой минералогии.

Поисковая минералогия основывалась преимущественно на типоморфизме минералов, тогда как геологическому строению территории поисков не уделялось должного внимания. Это затрудняло создание общей теории минералогических поисков и не обеспечивало их эффективности.

Дано четкое определение современной поисковой минералогии: "...это комплексная геолого-минералогическая дисциплина, исследующая закономерности строения, свойства, эволюции свойств и пространственно-временных связей минералогических полей и порождающих их рудопроявлений, а также индикаторные свойства минералов и минеральных ассоциаций для прогнозирования и поисков месторождений полезных ископаемых".

Авторы не претендуют на полноту и завершенность своего определения, но оно, на наш взгляд, является новым подходом в разработке теоретических основ поисковой минералогии.

На основании описанных в двух предыдущих книгах особенностей индикаторных минералов в разных геоструктурных и физико-химических условиях, авторы приводят наглядные примеры решения поисковых задач и направления поисковых работ на конкретных объектах. Остановимся на примере россыпи Солур-Восточной в западной части Мало-Ботубинского района Якутии, где морфогенетические признаки индикаторных минералов и алмаза сочетаются с возрастом кимберлитовых трубок и россыпи и с местом накопления.

Россыпь локализована в континентальных делювиально-пролювиальных отложениях среднего карбона (C_2). Из кимберлитовых минералов в россыпи присутствуют предельно окатанные и корродированные в коре выветривания пиропы, незначительное количество предельно окатанных хромшпинелидов и алмазы с признаками механического износа. Такая ассоциация образовалась в прибрежно-морских условиях, имевших место в позднем девоне (D_3), а сам коллектор сформировался за счет изначального размыва кимберлитов. Признаки гипергенной коррозии на пиропах связаны с корой выветривания оказавшихся в последующем на сушу прибрежно-морских отложений позднего девона.

Учитывая позднедевонское время образования кимберлитов Мало-Ботубинского района, морфогенетические особенности индикаторных минералов, а также возраст пород россыпи (C_2), содержащей эти минералы, с учетом структурно-геологического развития региона в указанные промежутки геологического времени, авторы пришли к выводу, что вся полезная минерализация в Солур-Восточной россыпи переотложена из девонского коллектора в среднекарбоновые (C_2) делювиально-пролювиальные отложения.

Приведенный пример служит подтверждением данного авторами определения поисковой минералогии как комплексной геолого-минералогической дисциплины.

В специальных главах на конкретных примерах рассмотрены строение и формирование ореолов индикаторных минералов, типы шлихово-минералогических поисковых обстановок, принципы и методы прогнозирования месторождений алмаза.

По описанию комплекса исследований алмаза и его минералов-индикаторов, по изуче-

нию их морфологии и морфогенеза, а также комплекса минерало-поисковых признаков нахождения трубок и россыпей, по установлению взаимосвязей между коренными источниками алмазов, индикаторными минералами и россыпями рецензируемые книги являются ценнейшим вкладом в науку об алмазах. Выход в свет книг, не имеющих аналогов в мире, — знаковое событие для мировой геологической общественности и источник знаний об алмазах для последующих поколений геологов. Книги могут служить прекрасными пособиями для геологов, занимающихся поисками алмазов в разнообразных гео-

структурных обстановках, и учебниками для студентов.

В заключение следует подчеркнуть, что книги, несмотря на научную и практическую ценность изложенных идей и материалов, были изданы относительно небольшими тиражами и уже стали библиографической редкостью. Однако требования геолого-поисковой и разведочной практики ставят на повестку дня вопросы, связанные с открытием новых месторождений алмазов, пути решения которых описаны в рецензируемых книгах. Поэтому переиздание этих книг сейчас особенно актуально.

І.М. Наумко, М.Д. Братусь

**СЬОМІ НАУКОВІ ЧИТАННЯ ІМЕНІ АКАДЕМІКА ЄВГЕНА ЛАЗАРЕНКА
"РОЗВИТОК ІДЕЙ Є.К. ЛАЗАРЕНКА В СУЧASNІЙ МІНЕРАЛОГІЇ"
(ДО 100-РІЧЧЯ ВІД ДНЯ НАРОДЖЕННЯ)**

13—16 вересня 2012 р. на базі спортивно-оздоровчого комплексу "Карпати" Львівського національного університету імені Івана Франка (ЛНУ) відбулись Сьомі наукові читання імені академіка Євгена Лазаренка. У читаннях взяли участь 54 науковці, з них 48 українських та 6 зарубіжних фахівців. Серед учасників були представники таких організацій: Науково-технологічний університет AGH (м. Krakів, Польща), Федеральне державне унітарне підприємство "Всеросійський інститут мінеральної сировини" (ФДУП "ВІМС") (м. Москва, Росія), Західно-Якутський науковий центр (ЗЯНЦ) РАН (м. Мирний, Російська Федерація), ЛНУ (м. Львів), Інститут геології і геохімії горючих копалин (ІГГГК) НАН України (м. Львів), Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення (ІГМР) ім. М.П. Семененка НАН України (м. Київ), Київський національний університет імені Тараса Шевченка (КНУ, м. Київ), Інститут геологічних наук (ІГН) НАН України (м. Київ), ДУ "Інститут геохімії навколошишнього середовища" (ДУ "ІГНС") НАН України (м. Київ), Одеський національний університет ім. I.I. Мечнікова (ОНУ, м. Одеса), Інститут геотехнічної механіки (ІГМ) ім. М.С. Полякова (м. Дніпропетровськ).

Відкрив читання в. о. декана геологічного факультету ЛНУ ім. І. Франка доцент В. Фурман, привітавши учасників від імені голови Оргкомітету ректора цього ж університету професора І. Вакарчука. Професор О. Матковський, віце-президент Українського мінералогічного товариства (УМТ) зачитав постанову Президії УМТ про нагородження одного із засновників технологічної мінералогії в Україні, нині співробітника ФДУП "ВІМС", професора Бориса Івановича Пирогова медаллю академіка Є. Лазаренка. Вручил

ла Б.І. Пирогову медаль академіка Є. Лазаренка Ганна Кульчицька.

Також професор О. Матковський виголосив привітання від Російського мінералогічного товариства, підписане його президентом професором Д.П. Рундквістом і віце-президентом професором Ю.Б. Маріним.

Під час читань було заслухано 17 наукових доповідей, присвячених різним аспектам мінералогічних досліджень. Один із перших учасників Є. Лазаренка — О. Матковський (ЛНУ) виступив з доповіддю "Академік Євген Лазаренко — видатний український мінералог світової величини". Він стисло, але дуже змістовно висвітлив основні етапи життя Є. Лазаренка: навчання на геолого-географічному факультеті Харківського університету, викладацьку, наукову, видавничу і громадську роботу у Воронезькому університеті, працю на Уралі під час війни, у Львівському університеті по війні, створення геологічного факультету, роботу на посадах декана, проректора, ректора ЛНУ, завідування кафедрою мінералогії. Охарактеризував київський (з 1969 р.) період Є. Лазаренка, діяльність його як директора ІГН АН УРСР та завідувача відділом регіональної та генетичної мінералогії у ньому, а згодом в Інституті геохімії та фізики мінералів АН УРСР (ІГФМ) (нині ІГМР ім. М.П. Семененка НАН України). Доповідь супроводжено показом великої кількості унікальних фотографій. У підсумку доповіді наголошено, що академік Євген Лазаренко своєю різносторонністю та плідною працею в галузі мінералогії, у викладацькій роботі, написанні багатьох актуальних і сьогодні підручників, а також монографій наукового і практичного напрямів, в укладанні українсько-російсько-англійського "Мінералогічного словника", заснуванні та ре-



Професор Б.І. Пирогов виголошує доповідь після нагородження медаллю імені академіка Є. Лазаренка за вагомий внесок у розвиток мінералогії

Professor B.I. Pyrogov delivers a speech after decorating with academician YE. Lazarenko medal for considerable to development of mineralogy

дагуванні багатьох наукових журналів виявив себе мінералогом світової величини. Широко відома також його громадсько-культурна діяльність. На думку доповідача, Євген Лазаренко як класик української мінералогії заслуговує на присвоєння йому звання Героя України.

Учень Є. Лазаренка, професор КНУ В. Павлишин виступив з доповіддю "Євген Лазаренко — засновник української регіонально-мінералогічної школи". Він відмітив, що створення української регіонально-мінералогічної школи було заповітною мрією Є. Лазаренка. Він започаткував цю школу у Львові і продовжив роботу в Києві як ініціатор створення і завідувач відділу регіональної та генетичної мінералогії в ІГН, а згодом у ІГФМ. Залучаючи до регіонально-мінералогічних досліджень співробітників свого відділу, кафедри мінералогії ЛНУ, мінералогів із інших наукових установ та виробничих організацій, Євген Лазаренко підготував і випустив вісім визначних монографій з мінералогії різних регіонів України — Західної Волині, Закарпаття, Прикарпаття, Поділля, Володарськ-Волинського пегматитового поля, Донецького та Криворізького басейнів і Приазов'я. Результати досліджень, що склали основу цих монографій, одержані за допомогою класичних і найновіших мінералогічних та фізико-хімічних методів. Ним широко були використані методи вивчення флюїдних включень у мінералах, акцентовано увагу на важливості вивчення генезису мінералів, зроблено важливі висновки щодо практичного застосування результатів досліджень. У всіх монографіях Є. Лаза-

ренко доводить, що мінералогічне картування є так само важливим, як і геологічне і здійснюються вони повинні одночасно.

Доповідь Д. Возняка, Г. Кульчицької, Ю. Галабурди (ІГМР, м. Київ) "Поступальна хода генетичної мінералогії академіка Є. Лазаренка" присвячено ролі Є. Лазаренка у становленні в Україні такого напряму, як вивчення включень у мінералах і значення його для генетичної мінералогії. Академік постійно підтримував розвиток нового напряму у Львові та Києві, де створив лабораторію термобарогеохімії. Доповідач окреслив основні досягнення відділу регіональної і генетичної мінералогії, у складі якого функціонувала ця лабораторія. Так було встановлено природу утворення "стільникового" кварцу камерних пегматитів Волині, виявлено і доведено значення високотермобаричних потоків CO_2 -флюїду у формуванні родовищ золота, літієвих пегматитів та інших родовищ Українського щита (УЩ), генетичне значення "роздрісканих" включень у мінералах цих родовищ, включень скла в сингенетичному цирконі в алмазі.

У доповіді "Академік Євген Лазаренко і розвиток мінералофлюїдології в Україні" І. Наумко (ІГГК, м. Львів) зазначив, що Є. Лазаренко не оминув своєю увагою зародження вчення про включення в мінералах. Він дав позитивну рецензію на першу книгу М.П. Єрмакова про включення в мінералах, чим підтримав розвиток нового напряму. Працюючи в ІГГК НАН України Є. Лазаренко сприяв становленню та розвитку відділу геохімії гли-

бинних флюїдів, який очолив В. Калюжний, і переконливо доводив, що генетичну мінералогію неможливо уявити без використання результатів вивчення включень у мінералах.

О. Зінченко (КНУ) та А. Васинюк (Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України, м. Київ) представили доповідь "Хронологія відкриття мінералів у надрах України", яку виголосив В. Павлишин. У доповіді наведено хронологію відкриття мінералів у надрах України (загалом і для окремих класів мінералів) від початку ХХ ст. і до сьогодні, а також пояснено різний темп зростання кількості назв відкритих мінералів, охарактеризовано перспективи подальших відкриттів.

Про "Розвиток генетичних ідей академіка Є.К. Лазаренка в технологічній мінералогії" розповів Б. Пирогов (ФДУП "ВІМС", м. Москва, Росія). Він, зокрема, зазначив, що Є. Лазаренко, миттєво реагуючи на всі проблеми в мінералогічній науці, не оминув увагою технологічну мінералогію, зародження, розвиток, практичне застосування результатів якої різною мірою пов'язані з іменем Євгена Костянтиновича, який умів вдало поєднувати теорію та практику в мінералогії.

М. Зінчук (ЗЯНЦ АН Росії, м. Мирний, Якутія) у доповіді "Мінералого-геохімічні особливості кімберлітів та їх прикладне значення" перш за все відмітив, що академік Є. Лазаренко і геологічний факультет ЛНУ безпосередньо пов'язані відкриттям алмазів у Якутії. Він охарактеризував вплив мінерального складу вмісних порід на мінеральний склад кімберлітів, навів статистичні дані щодо алмазоносності кімберлітів із різних районів Сибірської платформи і з різних континентів, виклав свої міркування щодо важливості вивчення супутників алмазу (піроп, хромшпінеліди, олівін та ін.) та вторинних процесів у кімберлітах.

Виступ П. Білоніжки (ЛНУ) "Глауконіт, сколіт, селадоніт: кристаломорфологія, номенклатура, систематика, умови утворення" викликав жваву дискусію. Адже ці мінерали хоч і подібні за складом, характеризуються широкими межами коливань значень вмісту багатьох компонентів (алюмінію, заліза, калію, води). Доповідач однозначно відносить глауконіт і селадоніт до типових гідрослюд. Інші дослідники, у тому числі В. Павлишин, вважають селадоніт з Кривого Рогу простою слюдою, оскільки вода у ньому відсутня.

Про "Перші знахідки самородного вольфраму і срібла в метеоритах" доповіли В. Семененко та А. Гіріч (ДУ "ІГНС"), наголосивши на ролі Є. Лазаренка у розвитку космічної мінералогії в Україні. У повідомленні охарактеризовано вперше виявлені в метеориті Кримка високої чистоти вольфраміт (майже 100 % вольфраму і до 0,2 — ренію) і срібло (з незначною домішкою міді). Вивчення цих мінералів, що мають вигляд прожилків, окремих зерен, дендритів, дозволяє стверджувати, що ці мінерали утворюються не лише за земних умов, а й у газово-пилових протопланетних туманностях.

У доповіді Б. Манчура, Л. Скакуна, О. Азарської (ЛНУ) "Гідротермальний сепіоліт із карбонатних утворень Заваллівського графітового родовища" відмічено, що сепіоліт на цьому родовищі приурочений до гідротермальних жил. Результати дослідження його структури та хімічного складу вказують, що сепіоліт утворився в лужних умовах, контролюваних кількістю кальцію в гідротермальних розчинах.

"Ендогенні титан-залізо-марганцеві силікатні сферули із експлозивних структур та вулканогенно-осадових формаций України" охарактеризовані у доповіді І. Яценка, Г. Яценка, С. Бекеші, Н. Білик (ЛНУ), О. Варичева (Гейдельберзький університет, ФРН) та Л. Дручка (ІГГГК). У сферулах виявлено самородне залізо, встановлено скелетні кристали ульвашпінелі, а з пірокластичних відкладів трубки Мрія — самородний вольфрам.

Ю. Ляхов, М. Павлунь, Ю. Пахнющий (ЛНУ) у доповіді "Деякі рудоформаційні аспекти термобарогеохімічних досліджень золоторудних родовищ України та їхні прогнозно-металогенічні наслідки" підбили підсумки багаторічного термобарогеохімічного дослідження. Вони навели схеми стадійності формування золоторудних родовищ, на основі яких можна зробити попередню оцінку їх перспективності. Довівши важливість встановлення так званого ступеня термостатування — зміни РТ-параметрів, складу і концентрації розчинів з глибиною, автори показали його значення для встановлення величини ерозійного зразу родовищ.

О. Драгомирецький (ОНУ) у доповіді "Розшукові ознаки золоторудних об'єктів Українського щита і новий алгоритм прогнозно-розшукових робіт" спробував сказати нове слово в побудові генетичної моделі утворення

золоторудних родовищ. Виступ про полігенетичність утворення цих родовищ і про типоморфні мінералогічні ознаки викликав більше запитань, ніж дав відповідей.

Польські колеги з Науково-технологічного університету AGH (м. Krakів) J. Pieczonka та A. Piestrzynski виступили з цікавою доповіддю "Low temperature ore minerals association in the Kapferschiefer type deposit, Lubi-Siereszowice Mining District, SW Poland". У межах означеного родовища встановлено цікаву і досить багату тіосульфідну мінералізацію в чорних сланцях, що є результатом заміщення органічної речовини фосилій сульфідними мінералами — сфалеритом, галенітом, піритом, блякліми рудами та ін., а також золотом і сріблом, які характеризуються багатством морфологічних форм. У межах родовища на тепер діагностовано 140 мінералів, 35 з них — платиноїди.

У доповіді "Флюїди процесу мінералогенезу: джерела та ізотопна природа компонентів флюїдів" М. Братусь (ІГГГК) узагальнив літературні дані щодо вивчення ізотопного складу вуглецю із включенням CO_2 та кисню з карбонатних порід різних регіонів України, започаткованого І. Мамчуром та Д. Возняком. За цими даними можна чітко оцінити джерела вуглецю та кисню й використати ці відомості для встановлення генезису порід і мінералів.

І. Мисяк, Л. Скақун (ЛНУ), В. Мельничук (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне) представили доповідь "Магматична кристалізація і становлення текстур лавових потоків ратненської світи волинської серії", де показали, що в залежності від ступеня розчленування рельєфу лавові потоки мали певні особливості: різні товщі світи відрізняються за вмістом Mg, Ca, Ti, Fe, морфологічними формами, кількістю газових порожнин у базальті тощо.

Завершив засідання І. Попп (ІГГГК) доповіддю "Мінералого-геохімічні фації відкладів крейдо-палеогенового флішу Українських Карпат". Ним встановлено три головні літолого-геохімічні типи осадових відкладів, які розрізняються за вмістом тріади породоутворювальних інгредієнтів біогенного походження (SiO_2 , CaCO_3 , C). З використанням даних ІЧ-спектрів і рентгенодифрактограм аутигенних породоутворювальних мінералів вивчено мінеральний і хімічний склад порід, встановлено фізико-хімічні умови седиментогенезу

крейдо-палеогенових відкладів Українських Карпат.

На читаннях було представлено також 19 стендових доповідей, які стисло охарактеризував М. Ковал'чук (ІГН) як це викладено нижче.

"Умови формування REE-U-Th родовища Діброва за результатами дослідження включення CO_2 гомогенного захоплення" (В.М. Бельський, Д.К. Возняк (ІГМР НАН України, м. Київ). У кварці вторинних кварцитів із REE-U-Th родовища Діброва виявлено включення рідкого CO_2 , що "прилипають" до кристалів силіманіту, густиною 0,82—0,87 г/см³. PT-параметри перетину ізохори CO_2 з межею ділення існування силіманіту на діаграмі стану андалузит— силіманіт—кіаніт і становить ≥ 400 —420 °C та ≥ 220 —240 МПа. Високі значення PT-параметрів CO_2 -флюїду вказують на те, що він, найімовірніше, є продуктом дегазації магми основного (ультраосновного) складу, оскільки лише у мінералах таких порід виявлені первинні включення рідкого CO_2 .

"До умов утворення Анадольської аланітової "дайки" (Східне Приазов'я)" (Г.О. Кульчицька, Д.К. Возняк, Ю.А. Галабурда, В.М. Бельський, С.С. Остапенко, ІГМР НАН України, м. Київ). Кварц аланітової жильної породи кристалізувався за участі концентрованих гідротермальних хлоридних розчинів Ca, Na і Fe^{3+} , склад і концентрація яких змінювались зі зниженням температури. Це зниження на 20 °C спричинило зменшення концентрації солей у водному розчині з 24 до 16 % і заміну хлор-кальцієвих розчинів хлор-натрій-кальцієвими. Флюїдні включення з кварцу аланітової "дайки" дають інформацію про завершальну стадію їх формування, коли температура принесених флюїдів і довколишніх порід зрівнялася. Цій стадії відповідають температура 160—140 °C і тиск флюїдів значно нижчий від 30 МПа. Отже, глибина формування рудопрояву була не меншою за 3 км.

"Літолого-мінералогічна характеристика різнофаціальних уламкових відкладів неогену центральної частини Волино-Поділля (аркуш "Тернопіль")" (О.В. Усмінська, ІГН НАН України, м. Київ). У чудово ілюстрованій графіками, діаграмами та фаціальними картами роботі представлена результати дослідження уламкових відкладів неогену. Описано деякі складності, з якими автор зіштовхнулася у ході розділення та сортuvання уламкових порід.

"Самородне срібло в монокристалі міді з вендувських вулканітів Волино-Подільської мінералогічної провінції" (М.С. Ковальчук, К.І. Деревська, К.В. Руденко, ІГН НАН України, Національний науково-природничий музей НАН України, м. Київ). Робота ілюструє дослідження самородків міді із трапів Волино-Поділля. У самородках виявлено домішки срібла, подекуди у зростках з міддю. За хімічним складом срібло містить значні домішки ртуті й незначні — заліза та міді, іноді наявні сліди арсену та стибію.

"Типоморфні особливості розсипного золота з бучацьких алювіальних відкладів Середньопридніпровської граніт-зеленокам'яної області" (М.С. Ковальчук, В.В. Сукач, Ю.В. Крошка, ІГН НАН України, ІГМР НАН України, м. Київ). Встановлено типоморфні особливості золота, проведено порівняння із апт-альбським утворенням у межах центральної частини УЩ. Наголошено, що золотоносні об'єкти, які просторово та парагенетично об'єднують корінну, гіпергенну і розсипну золотоносність, є для України новим перспективним промисловим типом, який слід освоювати оперативніше та привертати до нього увагу інвесторів.

"Типоморфні особливості золота з осадових утворень Криму" (М.С. Ковальчук, Л.А. Фігура, ІГН НАН України, м. Київ). Наведено дані з історії геологічних пошуків золота та окремих знахідок на Кримському п-ові, а також їх генетична класифікація та опис.

"Кристалохімічні особливості циркону з сієнітів розшарованих інтрузій" (Т. Лупашко, К. Ільченко, О. Гречановська, Д. Возняк, С. Кривдік, Г. Кульчицька, ІГМР НАН України, м. Київ). Автори виконали порівняння кристалохімічних особливостей циркону з мелано- і лейкогранітових сієнітів Азовського й Яструбецького родовищ, вивчених за допомогою методів фотолюмінесценції, інфрачервоної спектроскопії та рентгенівського аналізу, а також досліджень включень мінералоутворювального середовища в його кристалах. Робота проілюстрована численними графіками.

"Мінеральні асоціації "ортитової дайки" та умови утворення Анадольського рідкісноземельного рудопрояву Приазов'я" (В. Мельников, О. Гречановська, О. Юшин, О. Вишневський, С. Стрекозов, ІГМР НАН України, м. Київ; Приазовська КГП КП "Південськугегеологія", м. Волноваха). Подані короткі відомості із геологічного вивчення Анадольсько-

го REE рудопрояву. Наведено нові дані, що стосуються парагенетичних асоціацій мінералів, їх хімічного складу та умов утворення, отримані на основі рентгенівського аналізу, електронно-зондового мікроаналізу, хімічного аналізу, оптичної та електронної мікроскопії.

"Техногенний мінералогенез водних артерій межиріччя Прут-Черемош" (Г.М. Петруняк, ЛНУ ім. І. Франка, м. Львів). Розглянуто забруднення басейнів Черемоша і Прута матеріалами техногенного походження, які в поверхневих умовах перетворюються у воді на інші мінеральні форми: гідроксиди заліза, мідну зелень, церусит, та забруднюють навколошнє середовище.

"Особливості мінерального складу міоценових глин стебницької світи Українських Карпат" (О.М. Петруняк, Я.В. Яремчук, ІПТТК НАН України, м. Львів). З використанням гранулометричного та рентгенідифрактометричного методів визначено мінеральний склад глиністих нашарувань міоценових відкладів стебницької світи з околиць с. Ланчинське Заріччя (правий берег р. Прут). Встановлено диоктадіричний монтморилоніт з домішками пелітоморфного кварцу та кальциту. В одній пробі (з підошви верстви) зафіковано присутність ректориту, гідрослюд, хлориту та каолініту.

"Процеси новітнього мінералоутворення як індикатор неотектонічної активності" (Ю.В. Череміський, ІГГК НАН України, м. Львів). Розглянуто будову Передкарпатського прогину з позиції новітніх поглядів на тектоніку, описано результати польових спостережень, проведених автором. Висловлено припущення щодо взаємозв'язку новітнього мінералогенезу та неотектонічних рухів, а також можливий вплив сонячних циклів на мінералоутворювальні процеси. Показано, що вивчення новітнього мінералоутворення допомагає діагностувати сучасні тектонічні рухи.

"Мінералогія тонкозернистої речовини нерівноважних хондритів" (К. Шкуренко, ДУ "ІГНС НАН України", м. Київ). Уперше встановлено розподіл мікрохондритів з оболонок метеорита Кримка за розмірами, хімічним складом та будовою. Список мікрохондрів доповнено піроксен-плагіокласовими, сульфідно-силікатними, кальцій-піроксен-олівіновими, кальцій-фосфат-олівіновими та низькозалізистими олівіновими. Вперше діагностовано піроксенову мікрохондрі з нанокристалами шпінелі.

"Скульптура поверхні та хімічний склад мінеральних зерен паласиту Брагін" (Т. Горовенко, ДУ "ІГНС НАН України", м. Київ). Наведено результати електронно-мікроскопічного та хімічного дослідження зерен олівіну, нікелістого заліза, хроміту, троїліту, пентландиту, бравоїту, шрейберзиту та самородної міді із мінеральних фракцій паласиту Брагін. Дослідження поверхні зерен підтверджує гіпотезу про домінування вторинних скульптур над первинними на поверхні зерен мінералів як результату зіткнення материнського тіла паласиту з іншими космічними тілами. Серед мінералів паласиту вперше визначено бравоїт ($\text{Fe}, \text{Ni}, \text{Co}\text{S}_2$).

"Особливості структур ударного метаморфізму та вивітрювання метеорита Біла Церква" (Н. Кичань, С. Ширінбекова, ДУ "ІГНС НАН України", м. Київ). Структурно-мінералогічні дослідження хондриту п'ятого петрологічного типу Біла Церква дозволили виявити три акцесорні мінерали — мериліт, хлорапатит та іоцит. Вивчено численні локальні структури ударного метаморфізму: евтектичні структури плавлення троїліту та нікелістого заліза, комірчасто-сітчасті структури іоциту, включення силікатів у камаситі. Вони вказують, що в деяких локальних ділянках ударна температура сягала значення температури плавлення нікелістого заліза та троїліту.

"Мінералогія в Національному авіаційному університеті" (В. Гроза, М. Домашевська, КНАУ, м. Київ). Викладено основні аспекти і характеристики сучасного стану розвитку геологічних досліджень та викладання відповідних дисциплін у КНАУ. Висвітлено теперішні проблеми та окреслено перспективи розвитку.

"Полігаліт Прикарпатських галогенних формаций: форми знаходження, генезис та пошукове значення" (Ю.В. Садовий, Ю.Ю. Садовий, ДП "НДІГ", м. Калуш; ІГН НАН України, м. Київ). Механізм утворення різних форм прояву полігаліту серед соленосних товщ Прикарпаття ще остаточно не з'ясовано. У процесі інтенсивного динамічного впливу відбувається перерозподіл речовини, неодноразова пепекристалізація соляних мінералів, утворення мінералізованих флюїдів за рахунок виділення кристалізаційної води. Вони сприяли перерозподілу речовини і перекристалізації мінералів.

"Про еволюційний характер процесів флюїдопереносу у мідевмісних вулканітах основного складу трапової формaciї Західної Волині"

(І. Наумко, М. Павлюк, Ю. Федоришин, Н. Несторович, ІГГК НАН України, ДП "УкрДГРІ", м. Львів). На основі мінералогічних досліджень трапової формaciї північно-західної Волині зроблено висновок, що процес її утворення складний і багатоетапний: перебіг явищ ліквакції та перегрупування впливу флюїдних металоносних вуглецислих потоків зафіксовано упродовж усього періоду формування базальтової товщі.

"Природа мигдалеподібних утворень у базальтах Волині (онтогенічний аспект)" (Ю. Федоришин, І. Наумко, Н. Несторович, М. Яковенко, Н. Тріска, ДП "УкрДГРІ", ІГГК НАН України, м. Львів). Добре ілюстрована кольоровими фотографіями шліфів та графіками стендова доповідь надала уявлення про розроблену авторами методичну класифікацію мигдалеподібних утворень у базальтах Волині.

Стенд із численними світлинами золота та срібла із колекції Національного музею природничої історії США представила Т. Довгань (КНАУ, м. Київ), у фонді якого зберігається близько 350 тисяч зразків мінералів, що робить його одним з найбільших.

Закінчились читання обговоренням доповідей. У обговоренні взяли участь іноземні гости — J. Pieczonka, B.I. Пирогов, M.M. Зинчук, а також представники різних установ і організацій України — Д. Возняк, І. Наумко, Г. Кульчицька, М. Братусь, В. Павлишин, А. Сіворонов та ін. Усі відзначили, що Сьомі наукові читання імені академіка Євгена Лазаренка відбулись на високому науково-організаційному рівні завдяки чіткій роботі Оргкомітету та його чільника — професора О. Матковського. Численними доповідями підтверджено велике та актуальне до сьогодні значення праць Є. Лазаренка, окреслених ним напрямків, сформульованих ідей.

Наступне зібрання, за пропозицією В. Павлишина, вирішили присвятити творчому доробкові у царині наук про Землю В.І. Вернадського, 150 років від дня народження якого наукова спільнота відзначатиме у квітні 2013 р.

Із заключним словом виступив професор О. Матковський, подякувавши усім присутнім за плідну працю. Він запропонував провести читання імені академіка Євгена Лазаренка у 2014 р. у Львові, адже тоді кафедрі мінералогії ЛНУ виповниться 150 років.

На цьому Сьомі Лазаренківські читання завершили свою роботу.

В. Бельський, Ю. Галабурда

XV ВСЕРОСІЙСЬКА КОНФЕРЕНЦІЯ З ТЕРМОБАРОГЕОХІМІЇ ТА ПРОБЛЕМИ УКРАЇНСЬКОЇ МІНЕРАЛОФЛЮЇДОЛОГІЇ

З 18 по 20 вересня ц. р. у Москві в Інституті геології рудних родовищ, петрографії, мінералогії та геохімії (ІГЕМ) Російської АН відбулася чергова нарада з термобарогеохімії — науки, яка займається вивченням флюїдних включень у мінералах і реконструкцією умов утворення мінералів за результатами цих досліджень. Росіяни організовують конференції з 1963 р. — тоді у Москві відбулася перша Все-союзна нарада. З того часу "включенці" з усього Радянського Союзу більш-менш регулярно збиралися на такі наради. Остання з них (съома) відбулась у Львові в 1985 р. Наступні конференції проходили на території Росії і вже мали статус міжнародних. Цьогорічна XV конференція була заявлена як Всеосійська, на яку були запрошені також учасники з України. Наступну нараду заплановано провести 2014 р. в Іркутську.

Термобарогеохімія, яку в Україні частіше називають вченням про флюїдні включения або мінералофлюїдологією, є досить молодою галуззю генетичної мінералогії, що стала бурхливо розвиватися у другій половині ХХ ст. після виходу в світ книги М.П. Єрмакова "Иследование минералообразующих растворов" (1950). Перший центр інтенсивного вивчення флюїдних включень виник у Львівському державному університеті імені Івана Франка за сприяння першого декана новоствореного геологічного факультету — Євгена Костянтиновича Лазаренка. Микола Порфирійович Єрмаков, який на той час вже мав деякий досвід вивчення включень, був запрошений туди на посаду доцента. Пізніше він став завідувачем кафедри загальної геології та деканом факультету.

Довкола М.П. Єрмакова зібралася групка з перших випускників факультету — Ю.О. Долгов, Н.І. Мязь, В.А. Калюжний, Л.І. Колтун.

До них приєднався В.Ф. Лесняк, дещо пізніше — А.В. Пізнюр. Ці прізвища відомі кожному досліднику включень.

На книгу М.П. Єрмакова надав позитивну рецензію Є.К. Лазаренко, тобто в сучасному розумінні зробивши добру рекламу методу дослідження включень. Таким чином було дано старт бурхливому вивченню флюїдних включень і розвитку методів їх дослідження.

Після захисту докторської дисертації М. Єрмаков повернувся до Москви й організував новий центр у Московському державному університеті. Його учень Ю. Долгов започаткував у Новосибірську сильний дослідницький осередок у академічному інституті, а В. Калюжний очолив відповідний відділ в Інституті геології і геохімії горючих копалин АН УРСР у Львові, де виховав плеяду відомих дослідників включень. І, нарешті, академік Євген Лазаренко переїздить до Києва, де створює у Інституті геохімії та фізики мінералів АН УРСР неструктурну лабораторію з вивчення включень при відділі региональної та генетичної мінералогії. Її незабаром очолив учень В. Калюжного — Д. Возняк. На той час у Києві вже існувала подібна лабораторія під керівництвом С.В. Кузнецової. Таким чином, вчення про флюїдні включения зі Львова поширилось по території Радянського Союзу, а згодом перекинулось на Захід.

Що ми маємо сьогодні? У Російській Федерації (РФ), як показують результати щодвохрічних конференцій, після деякого занепаду спостерігається зростання інтересу до вивчення флюїдних включень. Кількість наукових центрів, де розвиваються методи термобарогеохімії, поступово зростає. Дослідженю включень сприяє поява приладів нового покоління — від спеціальних нагрівально-охолоджувальних камер до локальних зондів, діа-

метр яких менший за розмір флюїдних включень і навіть дочірніх фаз всередині них. Якщо ще чотири роки тому доповіді учасників наради рясніли посиланнями на аналізи, виконані в лабораторіях Західної Європи, то результати, озвучені на цьогорічній нараді, одержано переважно в установах РФ. Мікрозондовий аналіз мінералів і твердих фаз у включеннях став настільки рутинним, що більшість доповідачів не вважали за потрібне вказувати, яким методом отримані результати. ІЧ- і КР-спектроскопія також перейшли в розряд звичайних методів дослідження флюїдних включень, навіть якщо розмір останніх не перевищує 10 мкм. До того ж, російські колеги зробили новий крок в освоєнні сучасних методів і застосували для вивчення включень метод *ICP-MS* (для рідкої та твердої фаз). Оскільки на теренах РФ локалізовано багато геологічних об'єктів, то за допомогою сучасних локальних методів поки що відбувається нагромадження первинної інформації щодо складу індивідуальних включень у різноманітних мінералах різного генезису. Слід сподіватися, що переход кількості в якість не затримається.

Як не прикро, але доводиться констатувати, що в Україні дослідники включень за останні 25 років не отримали жодного нового прила-

ду. Досі в ходу саморобні термо- і кріокамери конструкції Єрмакова, Калюжного, Возняка, склад флюїдних компонентів визначають за допомогою валових методів, а кожний "здобутий" мікрозондовий аналіз твердофазних включень перетворюється на свято. Не зважаючи на це дослідницькі центри у Львові та Києві збереглися й укомплектовані досвідченими кадрами, які попри всі негаразди рухають науку вперед головним чином за рахунок узагальнення й опрацювання результатів досліджень попередніх років. Не густо, але існує зацікавлена молодь. Існує також зацікавленість в таких дослідженнях, оскільки включення — єдині свідки тих процесів, що відбуваються у глибинах земної кори. Важливо лише розуміти, що будь-яка фундаментальна наука зазвичай не дає миттєвих результатів. Окрім того, мікрофлюїдологія може бути застосована до розв'язання прикладних питань, що неодноразово успішно показано на практиці, а її методи можна використовувати для вирішення не лише геологічних задач. Проте без сучасних пристрійств і масового залучення нових сил — молодих спеціалістів — українським мінералофлюїдологам залишається лише тішитися, що колись ми були першими.

Ганна Кульчицька

МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ АЛМАЗНАЯ КОНФЕРЕНЦІЯ

11–13 сентября 2012 г. в г. Киев (Украина) состоялась Международная научная конференция "Модели образования алмаза и его коренных источников. Перспективы алмазоносности Украинского щита и сопредельных территорий". Она проведена на базе Института геохимии, минералогии и рудообразования им. М.П. Семененко Национальной академии наук Украины. Соучредители конференции — Институт сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины, Украинское минералогическое общество, Государственная служба геологии и недр Украины, ГП "Украинская геологическая компания", КП "Южукргеология", Государственный геммологический центр Украины Министерства финансов Украины и НАК "Недра Украины".

В работе конференции приняли участие свыше 45 сотрудников научных и производственных организаций Украины, России и Германии, занимающиеся прогнозированием, поисками и изучением месторождений алмазов разных геолого-генетических типов, изучением минералогии алмаза, а также вопросами создания и использования синтетических алмазов.

На конференции представлено 75 докладов, из них — 36 устных. На пленарных заседаниях заслушан ряд обобщающих докладов ведущих специалистов из России, Германии и Украины, заказанных Оргкомитетом конференции.

Конференция показала все возрастающий интерес к изучению алмаза и его минералов-спутников с привлечением новейших прецизионных аналитических методов, теоретических разработок и экспериментальных данных. Благодаря этому получено много полезной, а порой уникальной информации о генезисе алмаза и его минералов-спутников, о закономерностях образования разных типов их коренных источников, что имеет большое значение для совершенствования прогнозирования и методов поисков новых месторождений алмаза.

На конференции озвучены и обсуждены перспективные направления дальнейших исследований, на реализацию которых рекомендовано сосредоточить усилия научных и производственных организаций, прежде всего Украины, России и других заинтересованных стран. В их числе:

- комплексные исследования алмаза и его минералов-спутников;
- комплексное изучение минералогии, геохимии и *P-T*-условий образования пород верхней мантии и особенно их алмазоносных разновидностей;
- комплексные исследования минералов собственно кимберлитового происхождения;
- всестороннее изучение геохимии кимберлитов;
- изучение состава глубинных флюидов и их роли в обогащении мантийных пород и минералов с несовместимыми редкими и редкоземельными элементами-примесями;
- совершенствование существующих и разработка новых геотермобарометров применительно к мантийным породам и минералам;
- изучение геодинамики Украинского щита в связи с перспективами его коренной алмазоносности.

Конференция с удовлетворением отмечает, что изучение кимберлитов, родственных и сопутствующих пород, а также алмазов и их минералов-спутников проводится украинскими геологами на высоком научном уровне и с применением современных методов. Полученные ими результаты свидетельствуют о реальной перспективности Украинского щита для поисков коренных источников алмазов кимберлитового и некимберлитового типов. Особого внимания заслуживают центральная часть Припятского вала, Новоград-Волынский блок, восточная часть Приазовского и северная часть Днестровско-Бугского геоблоков.

Изданы тезисы конференции.

Оргкомитет конференции

К 85-ЛЕТИЮ ЭМЛЕНА ВЛАДИМИРОВИЧА СОБОТОВИЧА



Эмлен Владимирович Соботович — выдающийся ученый, основоположник и бессменный руководитель исследований по ядерной геохимии, космохимии, изотопной геохронологии, радиоэкологии в Украине, академик НАН Украины, академик Международной академии наук Евразии, доктор геолого-минералогических наук, профессор, заслуженный деятель науки Украины, лауреат Государственной премии в области науки и техники Украины, директор ГУ "Институт геохимии окружающей среды НАН Украины" — в этом году отмечает свое 85-летие.

Предыдущим юбилейным датам Э.В. Соботовича посвящены серия книг "Биобиблиография ученых Украины", изданных Национальной академией наук Украины, множество статей в периодических изданиях, где отмечены основные этапы жизни, научной, научно-педагогической и общественной деятельности выдающегося ученого, известного своим неординарным мышлением широкой научной аудитории и мировой общественности.

В этой статье, посвященной 85-летнему юбилею Эмлена Владимировича, хочется не-

много отойти от стандартных фраз, более подробно осветить те жизненные моменты, которые определили его будущие изыскания, исторические события, повлиявшие на формирование личности ученого. Хочется показать широту и размах научных исследований, неисчерпаемый творческий потенциал и работоспособность этого уникального человека, внесшего неоценимый вклад в отечественную и мировую науку.

Э.В. Соботович родился 25 ноября 1927 г. в г. Ленинград (ныне Санкт-Петербург) в семье офицера-пограничника Владимира Николаевича Соботовича. В 1936 г. он пошел в первый класс средней школы в Ростове-на-Дону. Великая Отечественная война застала их семью в Воронеже. В 1942 г. вместе с матерью Марией Денисовной был эвакуирован в с. Хава Воронежской обл., где в 1944 г. окончил восьмой класс. Шестнадцатилетний юноша после освобождения Воронежа устроился на авиазавод разбирать на металлом сбитые самолеты. Вскоре его вызвали в отдел кадров завода и предложили направление на учебу в Борисоглебское летное училище, а молодой человек страстно мечтал о море.

Его мечта осуществилась невообразимым образом, когда из-за форс-мажорных обстоятельств по пути следования в Борисоглебск ему пришлось покинуть поезд в Ростове-на-Дону. Настойчивость и неуемное желание стать моряком привели его в Ростовское мореходное училище им. Г.Я. Седова Министерства морского флота СССР. Э.В. Соботович был зачислен курсантом на судомеханическое отделение мореходного училища.

В 1948 г. по окончании училища получил специальность "техника-судомеханика" и был направлен на работу в Эстонское государственное пароходство Минморфлота СССР.

За время учебы в училище и работы в пароходстве Э.В. Соботович побывал во многих портах Европы, Африки и Северной Америки, что существенно расширило его кругозор и способствовало твердому решению получить высшее образование.

В 1949 г., получив от руководства Минморфлота СССР разрешение на продолжение учебы, Э.В. Соботович поступает на химический факультет Ленинградского государственного университета, который успешно закончил в 1954 г. по специальности "химик-исследователь". Во время учебы в университете в период летних каникул Эмлен Владимирович принимал участие в работе геологических экспедиций, проводимых ВСЕГЕИ Министерства геологии и охраны недр СССР на Алтае в качестве геофизика-наблюдателя, инженера-геофизика (1951—1953). Кроме материальной поддержки такой опыт практических работ очень пригодился ему в дальнейшей научной работе.

После окончания университета Э.В. Соботовича направляют на работу в знаменитый Радиевый институт им. В.Г. Хлопина, основанный еще в 1921 г. академиком В.И. Вернадским. С первых дней своей научной деятельности молодой специалист вливается в команду выдающегося ученого-радиохимика, члена-корреспондента АН СССР И.Е. Старика, который стал его непосредственным руководителем и наставником.

Научная школа, созданная Иосифом Евсеевичем Стариком, воспитала немало ученых-радиохимиков, профессионализм которых был особо востребован в послевоенное время после создания ядерного оружия. Именно благодаря тесному общению с И.Е. Стариным и совместной работе с ним расширился и сформировался научный кругозор Э.В. Соботовича, что и определило его выбор и становление дальнейшего жизненного пути. С 1954 по 1957 г. — учеба в аспирантуре; с 1957 г. — работа в должности младшего научного сотрудника (специализация в области радиационной химии, радиохимии и космохимии). Основное направление исследований молодого ученого в этот период посвящено изучению особенностей распределения радиоактивных элементов в различных минералах, горных породах и метеоритах. Наиболее весомые результаты были получены в области геохимии изотопов свинца.

В 1958 г. Э.В. Соботович защищает кандидатскую диссертацию на тему "Формы нахождения свинца в природных образованиях" по специальности "радиохимия". После защиты диссертации Эмлен Владимирович продолжает работать в Радиевом институте в должности старшего научного сотрудника, а потом исполняющего обязанности заведующего лабораторией. С 1959 по 1960 г. он по совместительству занимает должность старшего научного сотрудника изотопной лаборатории Всесоюзного научно-исследовательского института разведочной геофизики Министерства геологии и охраны недр СССР.

В 1961 г. ученый разработал метод свинцово-изохронного датирования, позволивший наиболее точно определять возраст древних горных пород, минералов и космических объектов. Сегодня во всем мире эта разработка признана базовым методом ядерной геохронологии. Работая в Радиевом институте, Э.В. Соботович руководит специальными исследованиями по изучению естественной и искусственной радиоактивности, совершенствованию методов нейтронно-активационного анализа, а также изучению радиационных эффектов при ядерном и лучевом воздействии на химические соединения и минеральное вещество. В эти годы ученый много времени проводит в экспедициях, где изучает геохимический, изотопный и минеральный состав, а также закономерности образования древнейших горных пород нашей планеты и доступных космических объектов (метеориты, тектиты, космическая пыль, ударные астроблемы и другие образования). Результаты научных исследований по этим проблемам были опубликованы на страницах примерно 70 научных работ, принесших ему мировую известность.

В 1967 г. он защищает докторскую диссертацию на тему "Космохимия и геохимия изотопов свинца" по специальности "геохимия".

В конце 1960-х гг. Э.В. Соботович как один из лидеров новых научных направлений — космогеохронологии, изотопной геохимии, геохронологии, изотопной гидрогеологии и радиоэкологии — был приглашен на работу в Институт геохимии и физики минералов (ИГФМ) АН УССР. С деятельностью Э.В. Соботовича связано становление и развитие в Украине ряда базовых научных направлений в области наук о Земле и Космосе. В 1969 г. под

его руководством в ИГФМ был создан отдел ядерной геохимии и космохимии.

Именно в Киеве в полной мере раскрылся многогранный талант Э.В. Соботовича — ученого, педагога и организатора науки, который впоследствии внес неоценимый вклад в развитие украинской науки. В этот период под его руководством исследуются разнообразные проблемы, связанные с науками о Земле и Космосе. По ряду из них были получены уникальные результаты, принесшие ученому мировую славу. К таким фундаментальным работам относятся:

- изучение возраста древних кристаллических пород Земли;
- разгадка тайн Тунгусской катастрофы;
- исследования вещественного состава метеоритов и космической пыли;
- определение генезиса глубоководных океанических осадков;
- выявление закономерностей распределения изотопов в гидросфере, осадочном чехле, кристаллических породах и рудах;
- разработка метода датирования возраста на основе изотопных соотношений радиоуглерода, используемого для изучения молодых геологических образований.

Ученый проводит комплекс региональных исследований по изучению содержания и распределения изотопов свинца, углерода, аргона, урана, водорода, кислорода, магния и других нуклидов космической, земной и техногенной природы. В этот период получили дальнейшее развитие не только свинцово-изотопный метод датирования возраста древнейших пород, основоположником которого он был, но и радиоуглеродный, стронциевый и аргоновый методы ядерной геохронологии. Изучение особенностей древнейших пород Земли позволило Э.В. Соботовичу увязать планетарную "догеологическую" историю с ее собственно геологической историей. Полученные ученым результаты в процессе последующих изотопно-геологических исследований Мирового океана и осадочного чехла Земли убедительно подтвердили правильность его гипотезы о ведущей роли космического фактора в поздней и современной истории развития планеты Земля.

В 50 лет Э.В. Соботович — авторитетный ученый, известный в международных научных кругах, один из признанных лидеров в таких областях геологических знаний, как геохимия

и радиохимия, космохимия и метеоритика, геохронология и региональная геология докембрия. А на пороге 60-летия Э.В. Соботович приступает к осуществлению давно на- зревшей мечты — созданию общей планетарной модели Земли.

Из литературного обзора научных работ Э.В. Соботовича в эпоху Советского Союза вырисовывается личность ученого "планетарного" масштаба. Достаточно обозначить точки на карте земного шара, где проводились научно-изыскательские экспедиции с его участием или под его руководством и применялись новые разработанные им радиоизотопные методы исследования, имеющие большое теоретическое и практическое значение для решения региональных проблем геологии. Алтай, Терской-Ала-Тау, Кольский п-ов, Южная Грузия, Армения, Северный Казахстан, Приднепровье, Западное Прибайкалье, Восточная Сибирь, Курильские о-ва, ледники Приэльбрусья, Восточные Карпаты, Антарктида (Земля Эндерби) — вот неполный перечень географических мест проводимых экспедиций.

В качестве объектов морских гидрогеологических исследований служили донные отложения Азовского и Черного морей, радиоуглерод в водах северо-западной части Средиземного моря, донные отложения в западной экваториальной части Тихого океана, космическое вещество в океанических осадках, воды и донные осадки северной части Индийского океана, геологические образования экваториальной Атлантики. Были получены новые данные по геохронологии донных отложений Черного моря, изучены химические, физические, биологические и другие процессы основных районов Мирового океана и разработаны современные технические средства эффективного исследования и освоения его ресурсов.

Использование в космохимии и метеоритике свинцово-изохронного метода исследования позволяет определить возраст метеоритных тел и Земли, описать раннюю историю земного и космического вещества по данным изотопного датирования, выделить космогеологические аспекты формирования Земли, разделить радио- и космогенные изотопы в метеоритах, уточняя космохронологию, выявить гетерогенность протопланетного вещества по изотопным данным. Благодаря этому в Украине в начале 1960-х гг. впервые были найдены гранитоиды возрастом 3 млрд лет, а

для некоторых геологических образований (Алдан, Антарктида) были получены данные, указывающие на возраст более 4 млрд лет. Это отражено в монографиях "Изотопы свинца в геохимии и космохимии" (1970), "Ранняя история Земли" (1973). В ряде монографий: "Изотопная космохимия" (1974), "Космическое вещество в земной коре" (1976), "Космическое вещество в океанических осадках и ледниковых покровах" (1978), "Вещество метеоритов" (1984), "Происхождение метеоритов" (1985), "Метеориты Украины" (1987), обобщены результаты всестороннего изучения изотопного, химического и минерального состава и структурных особенностей космической пыли, метеоритов, лунного "грунта", астроблем, образцов видоизмененных пород под воздействием тунгусского феномена.

Два знаменательных исторических события — авария на Чернобыльской АЭС (1986) и распад Советского Союза (1991) — сместили научные приоритеты ученого. Во-первых, перед научной общественностью были поставлены неотложные задачи по ликвидации последствий аварии, во-вторых, за годы обретения Украиной независимости резко сократилось финансовое обеспечение науки.

Чернобыльская катастрофа выяснила новые грани личности ученого, поскольку стала суровой проверкой на мужество, стойкость духа, патриотизм, верность служению науке и, конечно, выявила широту научной эрудиции и неординарные подходы к решению проблем. С первых дней аварии на Чернобыльской АЭС Э.В. Соботович принимал активное участие в ликвидации ее последствий. Непосредственно руководил в зоне ЧАЭС научными работами и экспериментами по уменьшению выноса радиоактивных веществ в Днепр и изучению миграции радионуклидов. Востребованными оказались его опыт и фундаментальность знаний в радиохимии. Все это позволило ему занять достойное место в когорте выдающихся ученых Украины, которые занимались работами непосредственно в зоне влияния ЧАЭС, обогатили науку фундаментальными трудами по охране окружающей среды, разрабатывали рекомендации по минимизации последствий после взрыва реактора. Участие в международных проектах по исследованию миграции радионуклидов чернобыльского выброса в объектах окружающей среды дало новый толчок раз-

витию творческих контактов с учеными всего мира.

Проведенные работы по минимизации последствий аварии на ЧАЭС были отмечены правительством и в конце 1986 г. Э.В. Соботовичу было присвоено звание заслуженного деятеля науки УССР.

В 1987 г. Э.В. Соботовича избирают членом-корреспондентом АН УССР.

Для успешного решения поставленных задач, касающихся ликвидации последствий аварии, в отделе ядерной геохимии и космохимии, руководимом Э.В. Соботовичем, сконцентрировалась группа ученых в области физики, химии, радиохимии, геологии, геохимии и биохимии, которые непосредственно отбирали пробы воды, грунта, растительности, закладывали в Зоне отчуждения полигоны для мониторинга. Отдел настолько расширился, что в 1991 г. было создано Отделение радиогеохимии окружающей среды, состоящее из трех отделов, а Эмлен Владимирович становится его заведующим и заместителем директора ИГФМ АН УССР по научной работе.

В 1992 г. Э.В. Соботовича избирают академиком Национальной академии наук (НАН) Украины.

В 1996 г. в связи с реформированием структурных подразделений НАН Украины произошло слияние отделений ИГМР — радиогеохимии окружающей среды и металлогении, в результате чего выделилось новое научное учреждение — Государственный научный центр радиогеохимии окружающей среды НАН и МЧС Украины, который возглавил Эмлен Владимирович. Центр вошел в состав Отделения наук о Земле НАН Украины, приобрел статус ведущей в Украине научно-исследовательской организации по проблемам радиогеохимии и геохимии окружающей среды, в том числе по проблемам радиоэкологии Чернобыльской зоны, захоронения радиоактивных отходов и геохимии техногенеза. Наряду с этим проводились исследования по проблемам металлогении, генезиса рудных и нерудных полезных ископаемых, комплексного использования минерального сырья, оценке природных и техногенных ресурсов.

В 2000 г. Э.В. Соботовичу была присуждена Государственная премия в области науки и техники Украины.

Учитывая актуальность фундаментальных исследований, которые проводились в Цент-

ре, достаточное кадровое обеспечение, по инициативе Президента НАН Украины Б.Е. Патона Постановлением Президиума НАН Украины и общего приказа МЧС в 2001 г. Центр был реорганизован в Институт геохимии окружающей среды (ИГОС) двойного подчинения. Расширяется тематика исследований, появляются и развиваются новые направления, укрепляются международные связи.

Деятельность ученого и директора Института становится чрезвычайно многогранной и насыщенной: он является руководителем и членом различных научных и экспертных советов, комиссий, комитетов, организатором и руководителем научных форумов, симпозиумов и конференций.

В 2004 г. в НАН Украины создается новое Отделение ядерной физики и энергетики, в состав которого вошел ИГОС НАН и МЧС Украины. Основанием для этого послужили успешно развиваемые в Институте работы по следующим направлениям:

- геохимия техногенеза;
- реабилитация радиоактивно загрязненных территорий;
- переработка, хранение и захоронение радиоактивных и токсичных отходов;
- геология минеральных ресурсов Украины (в том числе сырья для атомной энергетики);
- усовершенствование методов поиска и разработки урановых и комплексных месторождений в Украине;
- научное сопровождение геологических и радиохимических работ ядерного топливного цикла.

После вхождения во вновь созданное Отделение были расширены работы по разработке системы комплексного экологического мониторинга объектов топливно-энергетического цикла и приборостроения в области радиационной и экологической безопасности. В 2011 г. Институт вышел из-под эгиды МЧС Украины и на данный момент носит название Государственное учреждение "Институт геохимии окружающей среды НАН Украины". Все это время Эмлен Владимирович оставался и остается его бессменным руководителем.

В Институте проводятся фундаментальные и прикладные исследования в области геохимии, радиохимии и космохимии, рудообразования и минерагении, техногенно-экологической безопасности, осуществляется научное сопровождение работ по вопросам функцио-

нирования ядерно-топливного цикла в части развития минерально-сырьевой базы ядерной энергетики, разработки систем комплексного экологического мониторинга объектов топливно-энергетического цикла, решения проблем безопасного обращения с радиоактивными и токсичными отходами.

Сегодня академик Э.В. Соботович стал лидером исследований в области изучения техногенного влияния на различные элементы природных экосистем. Большое научное и практическое значение для специалистов в области охраны окружающей среды имеют изданные книги. К ним относятся как научно-популярная брошюра "Ядерная энергетика и окружающая среда" (1988), так и сугубо академические издания: "Геохимия техногенеза", "Радиогеохимия в зоне влияния Чернобыльской АЭС" (1992), "Чернобыльская катастрофа" (1995), "Геохимия техногенных радионуклидов" (2002), "Чорнобильська катастрофа — 20 років: участь Інституту геохімії навколошнього середовища в подоланні наслідків" (2006), где освещено многообразие исследований влияния чернобыльских выбросов на экологию.

Уже прошло 25 лет после Чернобыльской аварии, притупилась острота проблем ликвидации последствий. Бесспорной оказалась концепция самоочищения природных экосистем. Сегодня на первый план выдвигаются вопросы обращения с радиоактивными отходами в Украине, поиск мест захоронения высокояактивных отходов, фундаментальные исследования по наращиванию минерально-сырьевой базы ядерной энергетики. Э.В. Соботович является руководителем работ по этим проблемам, возглавляя Межведомственный научно-технический совет при Президиуме НАН Украины. Наиболее полная характеристика современного состояния проблемы обращения с РАО вошла в обобщающее издание "Радиоактивные отходы Украины: состояние, проблемы, решения" (2003), вышедшее под общей редакцией академика НАН Украины Э.В. Соботовича.

Под руководством Э.В. Соботовича в 2000 г. начинает развиваться новое направление исследований в области ядерной химии биологических систем. Первые работы были выполнены совместно с Институтом геронтологии АМН Украины и Научным центром радиационной медицины АМН Украины.

В результате ряда экспериментов появилось предположение о том, что техногенная нагрузка может вызывать изменения в живых организмах на уровне изотопного метаболизма стабильных изотопов углерода. Было проведено обследование больных с патологическими изменениями разной этиологии. Зафиксировано наличие изотопного сдвига углерода в сторону обогащения его тяжелым изотопом в биологических тканях больных, а также выявлена прямо пропорциональная связь величины сдвига со степенью тяжести заболевания.

Установленная зависимость между накоплением тяжелых изотопов биогенных молекул и изменением функциональной активности живого организма может стать основой для экологической оценки среды обитания живых организмов, особенно в условиях увеличения техногенной нагрузки, и использоватьсь для создания новых методов доклинической диагностики.

Вот так через все научные разработки Э.В. Соботовича красной нитью прослеживается изучение изотопных соотношений химических элементов веществ Земли, Океана, Космоса. И наконец, объектом исследования явился Человек, предметом исследования — уникальные как инструмент для изучения живого вещества биохимические циклы стабильных биогенных изотопов.

Научное наследие Э.В. Соботовича представлено списком его трудов, насчитывающим около 650 работ, включая 40 монографий.

Безусловно, в своей работе Эмлен Владимирович опирается на научный потенциал кол-

лектива, которым успешно руководит много лет. Он много внимания уделяет подготовке научных кадров высокой квалификации. Под его руководством подготовлено 6 докторов и более 25 кандидатов наук. Несмотря на экономический кризис, охвативший страну и весь мир в целом, творческая молодежь стремится в науку, поступает в аспирантуру, защищает диссертационные работы, направленные на достижение новых научных рубежей. Этому способствует яркая индивидуальность Эмлена Владимировича, всегда открытого к восприятию новых научных идей и их обсуждению.

Научные достижения сотрудников отмечены многочисленными государственными и ведомственными наградами.

К своему 85-летию Эмлен Владимирович по-прежнему сохранил неуемное стремление решать актуальные экологические проблемы, опираясь на фундаментальные исследования объектов окружающей среды. Возраст — это ведь не временной отрезок жизненного пути, это — копилка бесценного опыта, достижений и потерь, свершений и открытий. Впереди, как всегда, освещают путь заветные мечты, которые сбываются, если есть сильное стремление достичь желаемого. Острота ума и неподдельный интерес к новым идеям служат неиссякаемым источником его творческого подхода в науке и жизни.

Доброго здоровья Вам, Эмлен Владимирович, и творческого вдохновения!

Г.Н. Бондаренко, Л.В. Демченко

ПАМЯТИ АКАДЕМИКА РАН НИКОЛАЯ ПАВЛОВИЧА ЮШКИНА



17 сентября минералогическая общественность от Карпатских гор до Камчатки была потрясена известием — на 77-м году ушел из жизни выдающийся Ученый и простой Человек — Николай Павлович Юшkin.

Родился он 20 мая 1936 г. в Тверской обл., учился в Кировском горно-техническом техникуме, вблизи уникальной минералогической провинции — Хибинских гор, трудовую деятельность начал в Узбекистане, продолжил в Коми АССР. Имея за спиной солидный стаж геолого-производственной работы и четыре десятка научных публикаций, в 1965 г. заочно окончил геологоразведочный факультет Ташкентского политехнического института.

Его защита дипломной работы, как и защиты кандидатской и докторской, вошли в историю, обрастая легендами. Государственная комиссия оценила подготовленную к защите дипломную работу Николая Юшкina как вполне готовую кандидатскую диссертацию. Высокую оценку получила специальная глава дипломной работы, касающаяся минералогии и генезиса самородной серы. Через год доработанная и расширенная эта работа была представлена в специализированный со-

вет Ленинградского горного института как диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Защита работы прошла на таком высоком уровне, что совет рекомендовал дополнить и перезащищить ее как докторскую диссертацию. Успешная защита последней состоялась в том же году — Николай Юшkin в возрасте 31-го года всего через два года после окончания института стал доктором геолого-минералогических наук.

Трудовую деятельность в Институте геологии Коми филиала АН СССР Николай Павлович начал, как говорится, с нуля — с должности старшего лаборанта, хотя за спиной был и опыт полевых работ, и много ярких и весомых публикаций. Вскоре он создал в Институте лабораторию генетической и экспериментальной минералогии и стал ее руководителем. Лаборатория быстро заняла нишу "источника минералогических знаний" на севере России, а провинциальный неминералогический Институт превратился в мекку для минералогов. Спустя четверть века Н.П. Юшkin возглавил этот Институт, собирая в его стенах лучшие минералогические кадры и самые современные методы исследования минералов.

Ежегодно в июне, реже в двадцатых числах мая, минералоги со всего Советского Союза, а позже — всего постсоветского пространства, съезжались в Сыктывкар на традиционные юшкinesкие Минералогические семинары и конференции. Вот перечень только некоторых из них, в которых имели честь принимать участие сотрудники Института геохимии, минералогии и рудообразования им. Н.П. Семененко НАН Украины: "Новые идеи и концепции в минералогии" (2002), "Углерод: Минералогия, геохимия и космохимия" (2003), "Кварц. Кремнезем" (2004), "XV Российское совещание по экспериментальной минерало-

гии" (2005), "Теория, история, философия и практика минералогии" (2006), "Минералогия и жизнь: происхождение биосфера и коэволюция минерального и биологического миров, биоминералогия" (2007), "Структура и разнообразие минерального мира" (2008), "Минералогическая интервенция в микро- и наномир" (2009), "Минералогические перспективы" (2011), "Кристаллическое и твердое некристаллическое состояние минерального вещества: проблемы структурирования, упорядочения и эволюции структуры" (2012). Материалы этих совещаний — объемные книги формата А4 в среднем 300 страниц каждая — это расширенные дайджесты последних достижений минералогии по конкретной теме.

Уже по тематике семинаров, организованных Николаем Павловичем, видно, насколько широким был круг его научных интересов, как изменялись приоритеты его научных исследований. Главное место среди них всегда занимала минералогия. Вот лишь краткий перечень основных направлений минералогических исследований Н.П. Юшкина за 50 лет, составленный его учениками:

- генезис серных месторождений и самородной серы;
- минералогия вольфрамовых, флюоритовых, баритовых, целестиновых, полиметаллических и других месторождений;
- минераловедение, исследование конституции и свойств отдельных минералов;
- кристаллография и кристалломорфология, эволюционная кристалломорфология;
- современные процессы минералообразования;
- генетическая минералогия и онтогенез минералов, генетикоинформационная минералогия;
- региональная минералогия и топоминералогия, минералогическое картирование;
- прикладная минералогия: разработка минералогических методов прогнозирования, поисков и оценки месторождений полезных ископаемых, технология минерального сырья, технология монокристаллов, оптический флюорит;
- структурная трансформация в конденсированном веществе, природные коллоиды, полимеры, минералоиды;
- теория симметрии и ее минералогические приложения;
- структура и эволюция минерального мира, эволюционная минералогия;

- история минералогии и эволюция фундаментальных минералогических идей;
- археоминералогия, изучение минералов и минеральных изделий из археологических объектов;
- биоминералогия и биогенное минералообразование в организме человека;
- роль минералов в происхождении и обеспечении жизни, сингенез и коэволюция живого и минерального миров.

В результате этих исследований Н.П. Юшкин опубликовал более 600 научных, 300 научно-популярных и публицистических работ, в том числе 40 монографий и брошюр.

Последние научные "увлечения" Н.П. Юшкина — коэволюция живого и минерального миров и наноминералогия. Он пришел к выводу, что живой мир не является продуктом эволюционной трансформации минерального мира. Зарождение и развитие живого и минерального миров происходили и происходят в тесном их взаимодействии и взаимообусловленности.

Наноминералогия как научное направление начала формироваться только в конце прошлого столетия, а среди пионеров новой отрасли минералогии был Институт геологии, возглавляемый академиком Российской академии наук (РАН) Н.П. Юшкиным.

Наноминералогия, как научное направление, начала формироваться только в конце прошлого столетия, а среди пионеров новой отрасли минералогии был Институт геологии, возглавляемый академиком Российской академии наук (РАН) Н.П. Юшкиным. Первой ласточкой стала коллективная монография "Микро- и нанодисперсные структуры минерального вещества" (1999). Перспективы, которые раскрываются в связи с развитием новой отрасли, емко характеризует цитата президента РАН Ю.С. Осипова, которой начинается эта монография: "Оформилось новое научное направление — наноминералогия: изучение особых свойств ультрадисперсных минералов со структурой кластеров. В итоге разработаны новые методы извлечения и освоения золота и платиноидов, алмазов, созданы новые матричные материалы для захоронения радионуклидов".

Научный труд и организаторская деятельность ученого не прошли незамеченными. В 1987 г. Н.П. Юшкин был избран членом-корреспондентом АН СССР, в 1990 г. — дей-

ствительным членом Академии естественных наук РФ, в 1991 г. — действительным членом РАН. Он входил в состав бюро Отделения геологии, геофизики, геохимии и горных наук, был избран членом ряда научных советов РАН, членом Президиума Уральского отделения (УрО) РАН, Объединенного ученого совета по наукам о Земле УрО РАН, членом Президиума Коми научного центра, председателем межведомственного координационного совета, Экспертного совета ВАК, Национального комитета геологов РФ, членом Ученого совета и Президиума Всесоюзного минералогического общества (позже Российского (РМО)), председателем Комиссии по истории минералогии РМО. Он был почетным членом РМО и Болгарского минералогического общества, членом Минералогической ассоциации Канады и Минералогического общества США, вице-президентом Международной минералогической ассоциации.

Н.П. Юшkin был членом редколлегии журналов "Записки Российского минералогического общества", всесоюзного "Минералогического журнала" и украинского "Мінералогічного журналу".

Для нашего журнала его участие в работе редакционной коллегии было большой чес-

тью. Он не всегда лично присутствовал на заседаниях редколлегии, но на консультацию со стороны академика РАН по спорным вопросам мы всегда могли рассчитывать, тем более, что Николай Павлович свободно понимал украинский язык, мог прочитать и обсудить любую статью.

Н.П. Юшkin стал одним из признанных лидеров минералогической науки, всесоюзной и российской. Не удивительно, что его именем назван новый минерал — юшкініт ($V_{1-x}S \cdot [(Mg, Al)(OH)_2]$).

Выдающиеся научные достижения Н.П. Юшкіна отмечены высокими государственными наградами и престижными премиями, от самой первой — Премии Ленинского комсомола за монографию "Минералогия и парагенезис сармородной серы в экзогенных месторождениях" (1968) до Государственной премии Совета Министров СССР (1982) и престижной международной Демидовской премии (1998).

Но эти награды — ничто по сравнению с уважением, возникшим у каждого, кто был знаком и общался с этим простым и скромным ученым.

Нам будет очень его не хватать.

*Редколлегия издания НАН Украины
"Мінералогічний журнал. Mineralogical
Journal (Ukraine)"*

ПАМЯТИ УЧИТЕЛЯ – АКАДЕМИКА ИВАНА ИЛЬИЧА ЧЕБАНЕНКО



27 июня 2012 г. геологическая наука понесла невосполнимую утрату — скончался выдающийся ученый-тектонист, доктор геолого-минералогических наук, профессор, академик НАН Украины, заслуженный деятель науки и техники Украины, лауреат Государственной премии Украины в области науки и техники Иван Ильич Чебаненко.

Родился И.И. Чебаненко 31 марта 1925 г. в окрестности г. Николаев, где до войны закончил среднюю школу. Сразу после освобождения Николаева от немецких захватчиков 19-летним юношей в составе советских войск он принимал участие в военных действиях при форсировании р. Днестр, в Ясско-Кишиневской операции, освобождении Румынии и Болгарии от немецкой оккупации.

После демобилизации из рядов Советской Армии с 1948 по 1953 г. И.И. Чебаненко — студент геологического факультета Одесского государственного университета имени И.И. Мечникова. Трудовую деятельность как инженер-геолог он начал в Ворошиловградском горном округе, где получил хорошие производственные навыки и закалку.

С 1955 г. Иван Ильич связал свою жизнь с наукой: поступил в аспирантуру при Институте геологических наук АН УССР по специальности "геотектоника".

В 1958 г. под руководством академика Владимира Гавриловича Бондарчука он успешно подготовил и защитил кандидатскую диссертацию на тему "Тектоника Лисичанского поднятия северо-западной окраины Донецкого кряжа". Структурно-литологические карты каменноугольных осадков Лисичанского и других районов Донбасса, подготовленные им тогда, показали, что купольные складки имеют конседиментационное происхождение. Это опровергло существовавшие представления о постседиментационном характере структур Донецкого синклиниория. После успешной защиты диссертации он был командирован на работу в Чехословакию, где в ранге главного инженера экспедиции два года проводил поисковые работы на уран.

С октября 1960 г. и до конца жизни Иван Ильич Чебаненко был сотрудником Института геологических наук Национальной академии наук Украины (ИГН НАН Украины), где прошел путь от младшего научного сотрудника до заведующего отделом геотектоники, первого заместителя директора и советника дирекции Института по научным вопросам.

В июне 1974 г. И.И. Чебаненко успешно защитил докторскую диссертацию на тему "Региональные разломы Украины, закономерности их размещения и значение для поисков месторождений полезных ископаемых". Исследования докторанта значительно продолжили научные разработки тектонической школы академика В.Г. Бондарчука по разломно-блоковой тектонике Украины и прилегающих территорий. В 1979 г. И.И. Чебаненко избран членом-корреспондентом, а в 1982 г. — акаде-

миком Национальной академии наук Украины по специальности "геология".

Академик И.И. Чебаненко обладал глубокой эрудицией и широким научным кругозором. Им опубликовано 14 монографий и около 200 научных работ. Как геолог-тектонист он стал широко известен в СССР и за рубежом после опубликования им серии монографий по вопросам разломно-блоковой тектоники и планетарных деформаций земной коры: "Основные закономерности разломной тектоники земной коры" (1963), "Проблема складчатых поясов земной коры в свете блоковой тектоники" (1964), "Разломная тектоника Украины" (1966), "Разломы Земли" (1969), "Теоретические аспекты тектонической делимости земной коры" (1977).

Указанные выше монографии носили новаторский характер, их появление имело большое значение в геологической науке и вызвало огромные дискуссии. Можно определенно сказать, что ученый стоял у истоков нового направления в геотектонике. Многие геологи в СССР и за его пределами встретили эти монографии с воодушевлением и признанием. Однако от ряда крупных тектонистов страны прозвучали отрицательные отзывы. И лишь успехи "космической геологии" подтвердили правильность теоретических построений И.И. Чебаненко. В частности, снимки из космоса, позже полученные с летательных аппаратов в США и СССР, свидетельствовали о том, что на Земле имеются планетарные разломы и трещины шириной до сотен и протяженностью до тысяч километров, в глубину они опускаются на сотни километров, образуя сетку планетарных разломов Земли орто- и диагональной ориентировки. Снимки из космоса полностью подтвердили выводы ученого-геолога И.И. Чебаненко, изложенные в двух первых монографиях. Это был его триумф. Его исследования способствовали развитию нового направления в тектонической науке — учения о планетарных разломах Земли и других планет Солнечной системы, например Марса и др.

Следует также остановиться на очень важной работе И.И. Чебаненко — "Разломная тектоника Украины". Именно в ней заложены основы новой методики поисков месторождений нефти и газа с позиций разломно-блоковой тектоники и концепции неорганического происхождения нефти. Как известно, тео-

рия неорганического происхождения нефти развивалась в ИГН НАН Украины В.Б. Порфириевым, В.А. Краюшкиным, В.П. Клочко, А.Е. Лукиным, а также активно была поддержана президентом НАН Украины Б.Е. Патоном.

В монографии "Проблемы складчатых поясов земной коры в свете блоковой тектоники" рассмотрено размещение планетарных складчатых геоструктур, составлены карты геоструктур для различных регионов, показана важная роль "жестких", очень консолидированных блоков и "мягких", т. е. менее консолидированных и более подвижных (геосинклинали, рифтогены) участков Земли и их постоянная "борьба" между собой, которая приводит к росту платформенных консолидированных участков земной коры. Следовательно, автор монографии считал, что большинство рифтогенных и геосинклинальных прогибов имеет первичное происхождение. Их заложение происходило между "жесткими" блоками. Эти участки выгнутых складчатых поясов теперь можно представить как простое облекание внешних контуров "жестких" мегаблоков Земли.

Кроме названных выше авторских книг Иваном Ильичом в соавторстве со специалистами из отдельных регионов опубликованы монографии: "Строение и этапы развития Днепровско-Донбасского ровообразного прогиба" (1979), "Закономерности развития региональной тектоники Украины" (1983), "Блоковая тектоника Волыно-Подолии" (1985), "Тектоника Северного Причерноморья" (1988), "Геотектоника Волыно-Подолии" (1990), "Блоковая тектоника кристаллического фундамента Днепровско-Донецкого авлакогена" (1991). Большинство из них посвящены теоретическим проблемам разломно-блокового строения литосферы Украины и ее развития в геисторическом аспекте применительно к конкретным геологическим структурам.

Перу И.И. Чебаненко принадлежит также серия важных, на наш взгляд, научных статей, опубликованных в "Геологическом журнале" (№ 2—5 за 1985 г.). Статьи посвящены теоретическим проблемам современной геотектоники. Открывая дискуссию по вопросам теории и методологии геологической науки, их автор четко указывает, что уже достоверно известно о строении, динамике и развитии Земли и ее коры, а что еще спорно и достаточно

не изучено и каковы условия преодоления теоретических разногласий в современной геотектонике.

Не менее важны его работы, посвященные теоретическим и практическим обоснованиям о связи нефтяных и газовых месторождений с зонами глубинных разломов земной коры, опубликованные преимущественно после 1990-х гг.: "Поиски углеводородов в кристаллических породах фундамента" (1980), "Проблемы нефтегазоносности кристаллических пород фундамента Днепровско-Донецкой впадины" (1991), "Нефтегазовый потенциал северо-западного шельфа Черного моря" (1995), "Нефтегазоносный потенциал акватории Черного и Азовского морей" (1995), "Нефтегазовый потенциал керченско-таманского шельфа Черного моря, континентального склона и глубоководной впадины Черного моря" (1996), "Нефтегазовый потенциал северного борта Днепровско-Донецкой впадины" (1996), "Нефтегазоперспективные объекты Украины, нефтегазоносность фундамента осадочных бассейнов" (2002), "Нефтегазоносные объекты Украины" (2007).

Совместно с П.Ф. Гожиком, М.И. Павлюком, В.А. Краюшкиным, В.П. Клочко, Н.И. Евдоцуком, И.С. Потапчуком, Н.Н. Шаталовым и др. им опубликованы научные статьи, в которых приведены научные и практические обоснования поисков углеводородов в Черном и Азовском морях. Исследования И.И. Чебаненко с коллегами в данном направлении в 1992 г. удостоены Государственной премии

Украины за открытие (на основе неорганической гипотезы) принципиально нового объекта поисков месторождений нефти и газа как источника расширения топливно-энергетической базы страны.

Научные интересы академика И.И. Чебаненко закономерно сочетались с его активной общественно-политической деятельностью и участием в жизни Института геологических наук НАН Украины. Он был членом межреспубликанского научного совета и многих специализированных советов. Под его руководством при ИГН НАН Украины работал спецсовет по защите кандидатских и докторских диссертаций по специальностям "геология" и "геотектоника". Для соискателей степени доктора наук по "геотектонике" это был единственный совет в Украине. Иван Ильич постоянно заботился о подготовке специалистов высокой квалификации. Им были подготовлены 4 доктора и 10 кандидатов наук.

Академик И.И. Чебаненко был патриотом и в науке, и в жизни. Например, в 1969 г. на страницах "Геологического журнала" он смело выступил в защиту концепции Н.С. Шатского о наличии конседиментационной складчатости в Донбассе, а в 2000 г. опубликовал открытое письмо президенту Украины в защиту Геологической службы страны.

Всей своей жизнью, своим трудом Иван Ильич вошел в историю геологической науки. Светлая ему память!

Н.Н. Шаталов, И.С. Потапчук

Зміст журналу за 2012 р.

АРТЕМЕНКО Г.В., ШВАЙКА И.А., ДЕМЕДЮК В.В., ДОВБУШ Т.И., ВЫСОЦКИЙ А.Б. Возраст и генезис метаморфических пород драгунской толщи в западной части Белоцерковской структуры (Приазовский мегаблок)	1	69
БРИК А.Б., КАЛИНИЧЕНКО Е.А., КУЛЬЧИЦКАЯ А.А., КАЛИНИЧЕНКО А.М., ПАЩЕНКО Е.А., КАРДАНЕЦ Ю.В. Формы кремнезема и протонсодержащие группировки в опале по данным ЯМР	2	39
БРИК А.Б., ЛАРИКОВ А.Л. Использование алюминийсодержащих нанокластеров для оценки качества кварцевого пьезосыряя	1	48
ВАЛЬТЕР А.А., ИВАКІН Г.Ю., ЧМІЛЬ Л.В., АНДРЄЄВ О.В., ПИСАНСЬКИЙ А.І., КУЗНЕЦОВ В.М. Мінералогічні дані про природу кераміки давнього Києва	4	41
ВИШНЕВСЬКИЙ О.А., ПАВЛЮК О.В., ПАВЛЮК В.М. Піропи із середньосарматських відкладів Верхнього Побужжя (Україна)	1	25
ВОЗНЯК Д.К., БЕЛЬСЬКИЙ В.М., ОСТАПЕНКО С.С. Індикаторне значення вторинних флюїдних включень з проміжною мінеральною фазою у кварці	4	34
ВОЗНЯК Д.К., ХОМЕНКО В.М., ФРАНЦ Г., ВІДЕНБЕК М. Фізико-хімічні умови завершального етапу становлення пегматитів Волині за даними термобарометрії та інфрачервоної спектроскопії берилу	2	26
ДУБИНА О.В., КРИВДІК С.Г., САМЧУК А.І., КРАСЮК О.П., АМАШУКЕЛІ Ю.А. Закономірності розподілу REE, Y і Sr в апатитах ендогенних родовищ Українського щита (за даними ICP-MS)	2	80
ДУБИНА О.В., КРИВДІК С.Г., СОБОЛЄВ В.Б. Ізоморфізм в TR-апатитах Чернігівського карбонатитового масиву	3	22
ІВАНИЦКИЙ В.П., БРИК А.Б., ДУДЧЕНКО Н.А., ПОЛЬШИН Э.В., КАЛИНИЧЕНКО Е.А., КАРДАНЕЦ Ю.В. Мессбауэровская спектроскопия искусственных магнитоупорядоченных наночастиц...	1	35
КАЛИНИЧЕНКО Е.А., БРИК А.Б., СТЕПАНЮК Л.М., КАЛИНИЧЕНКО А.М. Особенности структуры метамиктного циркона по данным РФА и ЯМР	3	34
КВАСНИЦЯ В.М., КВАСНИЦЯ І.В. Нарис з мінералогічної кристалографії самородних металів України	4	15
КОСТЕНКО О.М., СТЕПАНЮК Л.М., ДОВБУШ Т.І. Геологія та геохронологія гранітоїдів житомирського комплексу (Волинський мегаблок Українського щита)	2	49
КРИВДІК С.Г., ДУБИНА О.В., САМЧУК А.І., АНТОНЕНКО О.Г. Типохімізм апатиту із багатих ільменітових руд Корсунь-Новомиргородського і Коростенського анортозит-рапаківігранітних плутонів (Україна)	1	76
КУРИЛО С.І., СТЕПАНЮК Л.М., БОБРОВ О.Б., ПОНОМАРЕНКО О.М., ДОВБУШ Т.І., СУКАЧ В.В. Уран-свинцевий ізотопний вік монациту із двослюдяного граніту Мокромосковського масиву	1	63
ЛАВРИНЕНКО О.М. Феригідрит у природі	2	3
ЛУПАШКО Т.Н., ИЛЬЧЕНКО Е.А., ДЕРСКИЙ Л.С., КАЛИНИЧЕНКО А.М., БАГМУТ Н.Н., ШЕРБАК Д.Н. Преобразование структуры циркона в процессе формирования редкометальных метасоматитов Желтореченского месторождения, Украинский щит (по данным люминесценции и спектроскопии)	1	12
МАТКОВСЬКИЙ О.І. Питання мінералогічної номенклатури, термінології і класифікації в працях Є.К. Лазаренка	4	10
МИСЯК І.М., СКАКУН Л.З., СЕРКІЗ Р.Я. Стадійність гідротермально-метасоматичних перетворень у міденосних базальтах волинської серії	2	112
НАУМОВ Г.Б., БЕРКЕЛИЕВ Т.К., МИРОНОВА О.Ф. Метасоматическая природа гидротермальных рудообразующих растворов	2	100
ПАВЛИШИН В.І. Внесок академіка Євгена Лазаренка в мінералогію України	4	5
ПАВЛИШИН В.І., ДЯКІВ В.О., ЦАР Х.М., КИЦМУР І.І. Онтогенічні закономірності кристалізації мірабіліт-тенардитових агрегатів з ропи калійних родовищ Передкарпаття	2	17
ПЛАТОНОВ А.Н., ХОМЕНКО В.М., ТАРАЩАН А.Н. Кристаллохимия и спектроскопия ионов марганца в слюдах	3	3
САМБОРСЬКА І.А. Геохімічна характеристика та рудна спеціалізація архейських кумулятивних пеприодитів Середньопридніпровського мегаблоку (Український щит)	3	64

СЕМЕНЕНКО В.П., ГІРЧ А.Л., КИЧАНЬ Н.В., ШКУРЕНКО К.О. Особливості мінералогії та походження вуглистої ксеноліту <i>AL1</i> у хондриті <i>Allende</i> (<i>CV3</i>).....	4	25
СТЕПАНЮК Л.М., ДОВБУШ Т.І., БОНДАРЕНКО С.М., СЬОМКА В.О., ГРІНЧЕНКО О.В., СКУРАТИВСЬКИЙ С.Є. Уран-свинцева геохронологія порід калій-уранової формациї Інгульського мегаблоку Українського щита	3	55
URUSOV V.S., LEONENKO E.V. Atomistic Computer Simulation of ABO_3 ($A = Ca; B = Zr, Ti, Sn$) Perovskites: Crystal Structure, Intrinsic Point Defects and Dopant Formation	1	3
ШУМЛЯНСЬКИЙ Л.В. Ізотопна геохімія гранітного "валуна" із псевдоконгломерату тетерівської серії (північно-західна частина Українського щита)	1	54
ШУМЛЯНСЬКИЙ Л.В. Геохімія піроксенових плагіогнейсів (ендербітів) Побужжя та ізотопний склад гафнію в цирконах	2	64
ШУМЛЯНСЬКИЙ Л.В. Еволюція вендувського трапового магматизму Волині	4	50
ЩЕРБАК Н.П., ПОНОМАРЕНКО А.Н., ЛЕСНАЯ И.М., ОСЬМАЧКО Л.С. Сравнительная геохронология породных ассоциаций и рудных формаций протерозойского эона (2,5–1,6 млрд лет) мегаблоков Украинского щита	3	45
Історія науки. До 150-річчя від дня народження В.І. Вернадського		
ЗІНЧЕНКО О.В. Вернадит і його поширення в геологічних комплексах України	3	84
КУЛЬЧИЦЬКА Г.О. Наукова спадщина Вернадського в епістолярному жанрі. 1. В.І. Вернадський про геологію, метеорити, Землю як космічне тіло, енергію Землі, розсіювання хімічних елементів, біосферу, відмінність між живою і неживою природою	1	94
Наукова спадщина В.І. Вернадського в епістолярному жанрі. 2. В.І. Вернадський про мінералогію і кристалографію, мінерали, кристали та елементний склад мінералів, воду і гази, геохімію ізотопів, симетрію і дисиметрію, синтез мінералів	3	74
Наукова спадщина Вернадського в епістолярному жанрі. 3. В.І. Вернадський про методологію пізнання, методи і методики досліджень	4	69
ПЛАТОНОВ А.Н., КУПРИЯНОВА И.И., ТАРАН М.Н. Железосодержащие бериллы: изоморфные серии, кристаллохимия ионов железа, оптические спектры поглощения и их типоморфное значение	1	81
Історія науки		
БЕЛЕВЦЕВ Р.Я. Яков Николаевич Белевцев и проблемы рудообразования (к 100-летию со дня рождения академика НАН Украины Я.Н. Белевцева)	2	118
Дискусії, критика, бібліографія		
КУЛЬЧИЦЬКА Г., ЧЕРНИШ Д. Проблеми української мінералогічної термінології.....	4	78
НАУМКО І.М. Книга "Мінералогія в особах: навчальний посібник": нетрадиційний підхід до викладу історії науки.....	2	122
НАУМКО И.М., БРАТУСЬ М.Д. Очень нужные и полезные книги (рецензия на книги об алмазах)	4	83
ШАБЛОВСКИЙ Я.О. Гексагональная симметрия в минералогической кристаллографии	1	104
Хроніка		
БЕЛЬСЬКИЙ В., ГАЛАБУРДА Ю. Сьомі наукові читання імені академіка Євгена Лазаренка "Розвиток ідей Є.К. Лазаренка в сучасній мінералогії" (до 100-річчя від дня народження)	4	88
БОНДАРЕНКО Г.Н., ДЕМЧЕНКО Л.В. К 85-летию Эмлена Владимировича СОБОТОВИЧА	4	97
Віктору Миколайовичу КВАСНИЦІ — 70	2	124
ВОЗНЯК Д.К. Внесок професора В.А. Калюжного у розвиток науки про флюїдні включення у мінералах (до 90-річчя від дня народження)	3	89
КУЛЬЧИЦЬКА Г.О. Пам'яті Спеціаліста	3	96
КУЛЬЧИЦЬКА Г. XV Всеосвітська конференція з термобарогеохімії та проблеми української мінералофлюїдології	4	94
Международная научная алмазная конференция	4	96
Памяти академика РАН Николая Павловича ЮШКИНА	4	103
ШАТАЛОВ Н.Н., ПОТАПЧУК И.С. Памяти Учителя — академика Ивана Ильича ЧЕБАНЕНКО	4	106
ШНЮКОВ Е.Ф., ВАЛЬТЕР А.А., ЗАРИЦКИЙ Б.Ф., ПОНОМАРЕНКО А.Н., ГРЕЧАНОВСКАЯ Е.Е., ПАТАЛАХА Г.Б. Памяти Юрія Алексеєвича Русько	3	95

Contents of the Journal for 2012

ARTEMENKO G.V., SHVAIKA I.A., DEMEDYUK V.V., DOVBUSH T.I., VYSOTSKIY O.B. Age and Genesis of Metamorphic Rocks Dagoon Thicknes Western Part Belotserkovka Structure (Priazov Megablock)	1	69
BRIK A.B., KALINICHENKO E.A., KULCHYTSKA G.O., KALINICHENKO A.M., PASCHENKO E.O., KARDANETS YU.V. Silica Forms and Proton-Containing Groupings in Opal Deduced by NMR Data	2	39
BRIK A.B., LARIKOV A.L. Use Aluminum-Containing Nanoclusters for Assessing the Quality of Piezo-quartz Raw Materials.....	1	48
DUBYNA O.V., KRYVDIK S.G., SAMCHUK A.I., KRASYUK O.P., AMASHUKELI YU.A. Regularity of REE, Y and Sr Distribution of Apatites from Endogenic Deposits of the Ukrainian Shield (<i>ICP-MS</i> Study)	2	80
DUBYNA O.V., KRYVDIK S.G., SOBOLEV V.B. Isomorphism in TR-Apatites of Chernigivka Carbonatitic Massif	3	22
IVANITSKY V.P., BRIK A.B., DUDCHENKO N.O., POLSHIN E.V., KALINICHENKO E.A., KARDANETS YU.V. Mössbauer Spectroscopy of Synthetic Magnetic-Ordered Nanoparticles	1	35
KALINICHENKO E.A., BRIK A.B., STEPANYUK L.M., KALINICHENKO A.M. Structure Peculiarities of Metamict Zircon by X-Ray Diffraction and NMR Data	3	34
KOSTENKO O.M., STEPANYUK L.M., DOVBUSH T.I. Geology and Geochronology of Granitoids of Zhytomyr Complex (Volyn Megablock of the Ukrainian Shield)	2	49
KRYVDIK S.G., DUBYNA O.V., SAMCHUK A.I., ANTONEJKO O.G. Chemistry of Apatite from Ilmenite-Rich Ores in Korsun-Novomygorod and Korosten Anorthosite-Rapakivigranite Plutons (Ukraine).....	1	76
KURILO S.I., STEPANYUK L.M., BOBROV O.B., PONOMARENKO O.M., DOVBYSH T.I., SUKACH V.V. Uranium-Lead Isotopic Age of Monazite from Dual-Mica Granite of the Mokromoskovsky Massif.....	1	63
KVASNYTSYA V.M., KVASNYTSYA I.V. Synopsis of Mineralogical Crystallography of the Native Metals of Ukraine	4	15
LAVRYNENKO O.M. Ferrihydrite in Nature	2	3
LUPASHKO T.N., ILCHENKO E.A., DERSKY L.S., KALINICHENKO A.M., BAGMUT N.N., SHCHERBAK D.N. Zircon Structure Transformation in the Process of Rare-Metal Metasomatites Formation of Jeltorechensk Deposit, the Ukrainian Shield (by Luminescent and Spectroscopic Data)	1	12
MATKOVSKYI O.I. Problems of Mineralogical Nomenclature, Terminology and Classification in Scientific Works of YE.K. Lazarenko	4	10
MYSIAK I.M., SKAKUN L.Z., SERKIZ R.YA. Stages of the Hydrothermal-Metasomatic Alteration in Copper-Bearing Basalt of the Volyn Series	2	112
NAUMOV G.B., BERKELIEV T.K., MIRONOVA O.F. Metasomatic Origin of the Hydrothermal Ore-Forming Solutions	2	100
PAVLISHYN V.I. Contribution of Academician Yevgen Lazarenko to Mineralogy of Ukraine	4	5
PAVLISHYN V.I., DYAKIV V.O., TSAR K.M., KYTSMUR I.I. The Ontogenetic Regularity of the Crystallization of Mirabilite-Thenardite Aggregates from Brine of Potassium Deposits of the Precarpathian Region.....	2	17
PLATONOV A.N., KHOMENKO V.M., TARASHCHAN A.N. Crystal Chemistry and Spectroscopy of Manganese Ions In Micas	3	3
SAMBORSKAYA I.A. Geochemical Characteristics and Ore Specialization of Archean Cumulative Peridotites of the Middle-Dnieper Megablock (the Ukrainian Shield)	3	64
SEMENENKO V.P., GIRICH A.L., KYCHAN N.V., SHKURENKO K.O. The Features of Mineralogy and Origin of the Carbonaceous Xenolith AL1 in the Allende (CV3) Chondrite	4	25
SHCHERBAK M.P., PONOMARENKO O.M., LISNA I.M., OS'MACHKO L.S. Comparative Geochronology of Proterozoic (2.5–1.6 Ga) Rock Associations and Ore Formations of the Ukrainian Shield Megablocks	3	45
SHUMLYANSKYY L.V. Isotope Geochemistry of Granite "Boulder" from Pseudoconglomerate of the Teteriv Series (North-Western Part of the Ukrainian Shield)	1	54
SHUMLYANSKYY L.V. Geochemistry of Pyroxene Plagioclase Gneisses (Enderbites) of the Bug Area and Hf Isotope Composition in Zircons	2	64

SHUMLYANSKYI L.V. Evolution of the Vendian Continental Flood Basalt Volcanism in the Volyn	4	50
STEPANYUK L.M., DOVBUSH T.I., BONDARENKO S.M., SYOMKA V.O., GRINCHENKO O.V., SKYRATIVSKYI S.E. Uranium-Lead Geochronology Potassium-Uranium Formation Rocks of the Ingul Megablock, the Ukrainian Shield	3	55
URUSOV V.S., LEONENKO E.V. Atomistic Computer Simulation of ABO_3 ($A = Ca; B = Zr, Ti, Sn$) Perovskites: Crystal Structure, Intrinsic Point Defects and Dopant Formation	1	3
VALTER A.A., IVAKIN G.YU., CHMIL L.V., ANDREEV A.V., PYSANSKYI A.I., KUZNETSOV V.M. Mineralogical Data on the Nature of Ceramics of Ancient Kiev	4	41
VOZNJAK D.K., KHOMENKO V.M., FRANZ G., WIEDENBECK M. Physic-Chemical Conditions of the Late Stage of Volyn Pegmatite Evolution: Fluid Inclusions in Beryl Studied by Thermobarometry and IR Spectroscopy Methods	2	26
VOZNYAK D.K., BELSKYI V.M., OSTAPENKO S.S. Indicator Value of the Second Fluid Inclusions with Intermediate Mineral Phase in Quartz	4	34
VYSHNEVSKYI O.A., PAVLIUK O.V., PAVLIUK V.M. Pyropes from Middle Sarmatian Deposits of the Upper Bug Area (Ukraine)	1	25

The History of Science. On the 150th Anniversary of V.I. Vernadsky Birth

KULCHYTSKA H.O. Scientific Legacy of Vernadsky in Epistolary Genre. 1. V.I. Vernadsky about Geology, Meteorites, the Earth as the Cosmic Body, Energy of the Earth, Scattering of Chemical Elements	1	94
PLATONOV A.N., KUPRIANOVA I.I., TARAN M.N. Fe-Bearing Beryls: Isomorphic Series, Crystal Chemistry of Fe-Ions, Optical Absorption Spectra and Their Typomorphic Significance	1	81
Scientific Legacy of Vernadsky in Epistolary Genre 2. V.I. Vernadsky about Mineralogy and Crystallography, Minerals, Crystals and Element Composition, Water and Gases, Isotope Geochemistry, Symmetry and Asymmetry, Mineral Synthesis	3	74
Scientific Legacy of Vernadsky in Epistolary Genre 3. V.I. Vernadsky about Methodology of Cognition, Methods and Research Processes	4	69
ZINCHENKO O.V. Vernadite and Its Distribution in Geological Complexes of Ukraine	3	84

The History of Science

BELEVTSYEV R.YA. YA.N. Belevtsev and Problems of Ore Formation (on the 100 th Anniversary of YA.N. Belevtsev Birth)	2	118
--	---	-----

Discussions, Criticism and Bibliography

KULCHYTSKA H., CHERNYSH D. Problems of Ukrainian Mineralogical Terminology	4	78
NAUMKO I.M. The Book "Mineralogy in Persons: a Educational Manual": Untraditional Approach to Exposition of the History of Science	2	122
NAUMKO I.M., BRATUS M.D. Rather Necessary and Useful Books (Review of the Books about Diamonds)	4	83
SHABLOVSKY YA.O. Hexagonal Symmetry in Mineralogic Crystallography	1	104

News Items

BELSKYI V., HALABURDA YU. Academician Yevgen Lazarenko Seventh Scientific Readings "Development of Ye.K. Lazarenko's Ideas in Contemporary Mineralogy" (on the 100 th Anniversary of Birth)	4	88
BONDARENKO G.N., DEMCHENKO L.V. On the 85 th Birthday of Emlen Vladimirovich SOBOTOVICH In Memory of Nikolay Pavlovich YUSHKIN, Academician of RAS	4	97
International Scientific Diamond Conference	4	96
KULCHYTSKA G.O. In Memory of the Specialist	3	96
KULCHYTSKA H. The 15 th All-Russian Conference in Thermobarogeochimistry and Problems of Ukrainian Mineral Fluidology	4	94
SHATALOV N.N., POTAPCHUK I.S. In Memory of the Teacher — Academician Ivan Ilyich CHEBANENKO SHNYUKOV E.F., VALTER A.A., ZARITSKY B.F., PONOMARENKO O.M., GRECHANOVSKA O.E., PATALAKHA G.B. In Memory of Yuriy Alekseevich Rus'ko	4	106
Victor Mykolaiovych KVASNITSYA is 70	2	124
VOZNYAK D.K. Contribution of Professor V.A. Kalyuzhny to Development of Science about Fluid Inclusions in Minerals (on the 90 th Anniversary of His Birth)	3	89

НАШІ АВТОРИ

Андрєєв Олександр В'ячеславович — канд. геол.-мінерал. наук, с. н. с. Київ. нац. ун-т ім. Тараса Шевченка, Київ

Бельський Володимир Миколайович — асп. ІГМР ім. М.П. Семененка НАН України, Київ

Білик Наталія Теодорівна — асист. Львів. нац. ун-т ім. Івана Франка, Львів

Бондаренко Герман Миколайович — д-р геол.-мінерал. наук, проф., заст. дир. ДУ "ІГНС НАН України", Київ

Братусь Мирослав Дмитрович — канд. геол.-мінерал. наук, с. н. с. ІГГК НАН України, Львів

Вальтер Антон Антонович — д-р геол.-мінерал. наук, зав. від. ІПФ НАН України, Київ-Суми

Возняк Дмитро Костянтинович — д-р геол. наук, зав. від. ІГМР ім. М.П. Семененка НАН України, Київ

Галабурда Юрій Андронович — канд. геол.-мінерал. наук, с. н. с. ІГМР ім. М.П. Семененка НАН України, Київ

Гіріч Аеліта Леонідівна — канд. геол. наук, с. н. с. ДУ "ІГНС НАН України", Київ

Демченко Лариса Володимирівна — канд. фіз.-мат. наук, с. н. с. ДУ "ІГНС НАН України", Київ

Івакін Гліб Юрійович — д-р істор. наук, чл.-кор. НАН України, заст. дир. Ін-т археології НАН України, Київ

Кvasnitsia Віктор Миколайович — д-р геол.-мінерал. наук, проф., зав. від. ІГМР ім. М.П. Семененка НАН України, Київ

Кvasnitsia Ірина Вікторівна — канд. геол. наук, н. с. Київ. нац. ун-т ім. Тараса Шевченка, Київ

Кичань Наталя Володимирівна — м. н. с. ДУ "ІГНС НАН України", Київ

Кузнецов Володимир Миколайович — м. н. с. ІПФ НАН України, Суми

Кульчицька Ганна Олександровна — д-р геол. наук, пров. н. с. ІГМР ім. М.П. Семененка НАН України, Київ

Матковський Орест Ілярович — д-р геол.-мінерал. наук, проф., зав. каф. Львів. нац. ун-т ім. Івана Франка, Львів

Наумко Ігор Михайлович — д-р геол. наук, зав. від. ІГГК НАН України, Львів

Остапенко Степаніда Степанівна — м. н. с. ІГМР ім. М.П. Семененка НАН України, Київ

Павлишин Володимир Іванович — д-р геол.-мінерал. наук, проф. Київ. нац. ун-т ім. Тараса Шевченка, Київ

Писанський Анатолій Іванович — н. с. ІПФ НАН України, Київ-Суми

Потапчук Іван Степанович — канд. геол.-мінерал. наук, с. н. с. ІГН НАН України, Київ

Семененко Віра Пантелеївна — д-р геол.-мінерал. наук, проф., зав. від. ДУ "ІГНС НАН України", Київ

Черниш Дарія Сергіївна — канд. геол. наук, уч. секретар. ІГМР ім. М.П. Семененка НАН України, Київ

Чміль Леся Володимирівна — канд. істор. наук, м. н. с. Ін-т археології НАН України, Київ

Шаталов Микола Микитович — канд. геол.-мінерал. наук, с. н. с. ІГН НАН України, Київ

Шкуренко Кирило Олександрович — асп. ДУ "ІГНС НАН України", Київ

Шумлянський Леонід Владиславович — канд. геол. наук, с. н. с. ІГМР ім. М.П. Семененка НАН України, Київ

На першій стор. обкладинки: Кварцові жеоди з целестином
і тонкокристалічним цитрином з верхньоюрських глин
і вапняків р-ну Туаркір, Туркменістан.

З колекції туркменського геолога І.М. Погребняка —
випускника Харківського університету.

На четвертій стор. обкладинки: Те саме.