

<https://doi.org/10.15407/mineraljournal.40.03.003>

УДК 549 (477)

**В.І. Павлишин<sup>1</sup>, С.М. Бондаренко<sup>1</sup>, О.Б. Брик<sup>1</sup>, Д.К. Возняк<sup>1</sup>,  
К.О. Ільченко<sup>1</sup>, А.М. Калініченко<sup>1</sup>, В.М. Квасниця<sup>1</sup>,  
Г.О. Кульчицька<sup>1</sup>, Т.М. Лупашко<sup>1</sup>, І.М. Наумко<sup>2</sup>, В.П. Семененко<sup>1</sup>,  
М.М. Таран<sup>1</sup>, А.М. Таращан<sup>1</sup>, В.М. Хоменко<sup>1</sup>, Д.С. Черниш<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення  
ім. М.П. Семененка НАН України  
03142, м. Київ, Україна, пр-т Акад. Палладіна, 34  
E-mail: V.I.Pavlyshyn@gmail.com

<sup>2</sup> Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України  
79060, м. Львів, Україна, вул. Наукова, 3-а  
E-mail: naumko@ukr.net

## МІНЕРАЛОГІЯ У НАЦІОНАЛЬНІЙ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ (до 100-річчя НАН УКРАЇНИ)

Статтю присвячено історії розвитку мінералогічних знань в Україні з часу створення в 1918 р. Української академії наук, найдетальніше за останні десять років. Стисло висвітлено роль академіка В.І. Вернадського у розвитку мінералогії в Україні. Розглянуто основні досягнення вчених НАН України у різних галузях цієї фундаментальної дисципліни з циклу наук про Землю — регіональній, систематичній та генетичній мінералогії, кристалохімії та фізиці мінералів, мінералогічній кристалографії, біо- і наномінералогії, експериментальній, космічній та прикладній мінералогії, музейній справі тощо. Акцентовано увагу на головних проблемах та окреслено подальші завдання мінералогії в Україні. Оцінено внесок українських вчених у розвиток світової мінералогічної науки.

*Ключові слова:* В.І. Вернадський, регіональна і генетична мінералогія, кристалохімія та фізика мінералів, мінералогічна кристалографія, біомінералогія, наномінералогія, експериментальна, космічна і прикладна мінералогія.

**Вступ.** Мінералогія покликана сприяти забезпеченню потреб людства у мінеральній сировині та її раціональному використанню. Мінералоги напрацьовують, систематизують і скеровують у практичне русло знання про мінерали, які є основним ресурсом розвитку цивілізації. Отже, мінералогія як фундаментальна наука про мінерали має надзвичайно велике наукове і практичне значення у сучасному суспільстві. Це твердження повною мірою стосується багатой на корисні копалини України, яка нині через війну та корупцію переживає за-

тяжну політико-економічну кризу, що негативно позначається на якості та кількості мінералогічних досліджень. Найвні чіткі ознаки послаблення розвитку і тягlostі деяких наукових напрямів у наукових школах, започаткованих за радянської доби, насамперед через старіння, відтік наукових кадрів і відсутність сучасного наукового устаткування. Водночас можна говорити і про деяке покращення стану справ у XXI ст., хоча й не істотне.

Стан мінералогії в академічній системі України неодноразово висвітлено на сторінках "Мінералогічного журналу" (1998, № 5; 2008, № 3), ювілейних науково-інформаційних збірників Інституту геологічних наук (ІГН), Інституту геохімії та фізики мінералів (ІГФМ) (нині Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка (ІГМР) та Інституту

© В.І. ПАВЛИШИН, С.М. БОНДАРЕНКО, О.Б. БРИК,  
Д.К. ВОЗНЯК, К.О. ІЛЬЧЕНКО, А.М. КАЛІНІЧЕНКО,  
В.М. КВАСНИЦЯ, Г.О. КУЛЬЧИЦЬКА, Т.М. ЛУПАШКО,  
І.М. НАУМКО, В.П. СЕМЕНЕНКО, М.М. ТАРАН,  
А.М. ТАРАЩАН, В.М. ХОМЕНКО, Д.С. ЧЕРНИШ, 2018



Академік В.І. Вернадський  
Academician V.I. Vernadsky

геології і геохімії горючих копалин (ІГГГК) НАН України, книг серії "Бібліографія вчених України" (М.П. Семененко, Є.К. Лазаренко, О.С. Поваренних та ін.) тощо. Тому ми зосередимо увагу здебільшого на досягненнях мінералогії за останні десять років.

Мінералогія в НАН України зростала на доробку університетського етапу розвитку мінералогії в Україні (XIX ст. — 40-ві роки XX ст.). Саме тоді було створено знану у світі Київську геологічну школу, закладено перші цеглини до фундаменту регіональної мінералогії України, започатковано масштабні (вперше на території Російської імперії) дослідження в різних галузях мінералогії: експериментальній (П.М. Чирвінський), космічній (Р.О. Прендель, П.М. Чирвінський), теоретичній (П.І. Гришинський, М.П. Каніболоцький) і прикладній. За підрахунками академіка Є.К. Лазаренка, з 1917 до 1947 року опубліковано понад 400 мінералогічних праць, тоді як до 1917 р. їх було менше 60 назв.

**Організація Української академії наук. Роль В.І. Вернадського у розвитку мінералогії в Україні.** У травні 1918 р. М.П. Василенко — міністр народної освіти в уряді Павла Скоропадського — запросив В.І. Вернадського взяти участь в організації й реорганізації вищої школи та у заснуванні Української академії наук (УАН). Приїзд Володимира Івановича до Києва спонукав його до роздумів: *"Все більше вдумується в створення більшого центру в Києві..."* [2]. Врешті-решт у нього викристалізувалася думка про майбутню УАН як потужну дослідницьку установу, а не як товариство вчених.

14 листопада 1918 року гетьман Павло Скоропадський затвердив ухвалений Радою міністрів Української держави *"Закон про заснування Української академії наук"*. Цього ж числа видано наказ Гетьмана про затвердження першого складу УАН із 12 дійсних членів Академії, серед яких по відділу фізико-математичних наук призначено двох геологів — В.І. Вернадського і П.А. Тутковського. 27 листопада 1918 р. на першому установчому зібранні УАН таємним голосуванням одноголосно обрано голову УАН — президента В.І. Вернадського.

Ще до створення УАН у *"Записці про відділ фізико-математичних наук"* майбутньої установи В.І. Вернадський зазначив [10]: *"Десять галузей знання, які повинні бути постійно представлені в Академії, — це ось такі: Математика. Механіка. Астрономія. Фізика. Хімія. Геологія. Мінералогія. Ботаніка. Зоологія. Географія"*. Далі у *"Записці"* наведено перелік установ, що повинні бути створені при Відділі фізико-математичних наук, а саме: Мінералогічний музей, Мінералогічний інститут, Геологічний і Палеонтологічний музеї та одна кафедра *"Прикладна геологія й мінералогія"*. У *"Записці до Комісії для вироблення законопроекту про організацію Музею та Інституту мінералогії при УАН"* В.І. Вернадським викладено важливі новаторські для України організаційні ідеї. *"Одним із найголовніших завдань Українського мінералогічного музею, — на думку вченого, повинно бути вивчення мінералогії України"*, оскільки мінералогічно Україна фактично не вивчена. Разом із тим, для будь-якої топографічної роботи неминуче слід мати порівняльний мінералогічний матеріал. З огляду на це, Мінералогічний музей обов'язково мусить мати якомога повніший матеріал з усіх куточків світу. Щоб не виїжджаючи з України науковець міг діставати відповідь на всі питання, які виникають у процесі природничо-історичного дослідження. При музеї повинен бути відділ прикладної мінералогії, в якому будуть зібрані всі корисні мінерали та руди України, щоб порівняти їх з відповідними продуктами, відомими на всій земній кулі. Ще одним розділом Музею має бути збірка (колекція) метеоритів. Треба оперативно зібрати цей матеріал для майбутнього, бо, якщо це не буде зроблено, він пропаде раз і назавжди.

*"Цілком інший характер повинен мати сполучений з музеєм Мінералогічний інститут, уряджений відповідно до вимог, які ставляться до*

дослідних фізичних та хімічних інститутів" — зазначає В.І. Вернадський. Отже, мова йде про "Мінералогічний інститут, оснований на фізиці та хімії", який повинен мати змогу отримувати якнайвищі й якнайнижчі температури, постійний та змінний струм, можливість змінювати тиск під час хімічних реакцій, устаткування для роботи з газами, з рентгенівським промінням, для шліфування та розрізування мінералів тощо. *"Очевидна річ, — завершує В.І. Вернадський, — завдяки величезному практичному державному й господарському значенню мінералогічних дослідів, життя повинно викликати раніше чи пізніше утворення такого ж інституту й в межах України"* [10].

В.І. Вернадському належить ідея створення в УАН кафедри "Прикладної геології й мінералогії", на яку ним покладено чимало завдань. Насамперед це розробка питань, які стосуються практичного використання рудних і нерудних корисних копалин, вивчення напрацьованих з мінералогії, петрографії й фізичної геології, що мають прикладне значення.

Як бачимо, вже в першому проекті структури УАН мінералогія посіла важливе чільне місце. І хоча задум В.І. Вернадського у повному обсязі не вдалося швидко реалізувати, все ж його мінералогічна концепція, авторитет і наукові праці істотно вплинули на подальшу долю мінералогії в Україні, розквіт якої в системі Академії наук України почався з 40-х років ХХ століття, досягнувши апогею у 80-х.

Минуло 100 років і ми із задоволенням констатуємо, що в Києві, практично за настановами В.І. Вернадського і завдяки зусиллям багаторічного віце-президента Академії наук УРСР академіка М.П. Семененка, було створено Інститут геохімії і фізики мінералів АН УРСР, в якому розквітла теоретична, регіональна, генетична, космічна, експериментальна і прикладна мінералогія. Світове визнання здобули наукові школи Інституту — регіонально-мінералогічна Є.К. Лазаренка і кристалохімічна О.С. Поваренних, з якої виокремилася згодом школа з фізики мінералів.

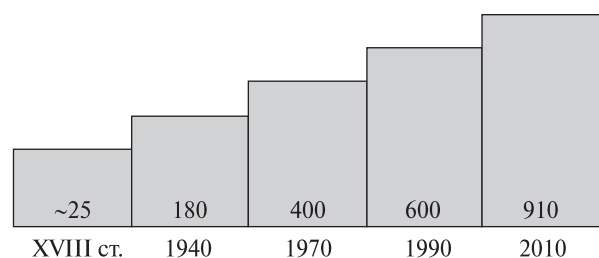
**Регіональна мінералогія.** В Україні, як і в усьому світі, вона відіграє провідну роль поставника первісної мінералогічної інформації, на засадах якої розвиваються інші напрями мінералогії й суміжних наук, передусім прикладна мінералогія, яка нині домінує у світовій мінералогії.

Регіональна мінералогія України, скромно зародившись у XVIII ст., подалі стрімко розви-

валася, особливо у 40—90-ті роки ХХ ст., які О.І. Матковський влучно назвав золотим віком мінералогії. Вельми плідний період історії регіональної мінералогії пов'язаний із ім'ям Є.К. Лазаренка. Нині позиції регіональної мінералогії не є такими однозначними, хоча розвиваються всі її наукові напрями, щоправда різними темпами. Позитивну роль у розвитку регіонально-мінералогічних досліджень відіграла програмна праця О.І. Матковського і В.І. Павлишина "Стан і перспектива розвитку регіонально-мінералогічних досліджень в Україні" [12]. Стрімко зростає число публікацій, присвячених знахідкам нових для надр України мінеральних видів і різновидів (рисунок).

Істотним внеском у регіональну мінералогію слід визнати колективні університетсько-академічні монографії — "Мінерали Українських Карпат" (1990, 1995, 2003, 2011). Особливо вагомим місцем серед них за якісно-кількісними показниками посідає "силікатна" книга [15] — одне з кращих регіональних узагальнень із мінералогії найпоширеніших мінералів земної кори. Нині до переліку мінеральних видів та їхніх різновидів Українських Карпат входить близько 350 найменувань, з них 50 — це єдині знахідки в Україні, шість — уперше відкриті в Карпатах. У нерозривному зв'язку з "регіональними" розглядають також завершальну п'яту колективну монографію [14], хоча вона має чітке генетичне спрямування — висвітлює умови мінералоутворення в Українських Карпатах від магматичного до сучасного.

Останніми роками мінералогія України збагатилася також монографічними працями, які містять вагомий частку мінералогічної інформації щодо деяких геологічних комплексів: Азовського Zr-REE родовища [1], Анадольського REE рудопрояву [22], ільменіт-апатитових руд Українського щита (УЩ) [20], рідкіснометалевих гранітів [17].



Динаміка відкриття мінералів у надрах України, кількість назв

Dynamics of minerals finding in the depths of Ukraine, the number of names

Досить різноманітним є напрям вивчення окремих мінералів. Найбільше праць присвячено діаманту (В.М. Квасниця, Ю.О. Полканов, Г.К. Єрмоєнко, А.А. Вальтер та ін.). Нині знахідками діаманту вкрито практично всю територію України, але незмінно актуальним є старе завдання — відкрити в Україні хоча б одне родовище мантійного діаманту. Дослідження А.А. Вальтера та ін. довели, що метеоритний кратер Білилівка — це родовище імпактного діаманту.

Дуже цікавими та важливими є монографії і збірники, присвячені топазу (В.І. Павлишин та ін., 2017), мінералам кремнезему (Е.Ф. Шнюков и др., 2013), міді (І.В. Квасниця та ін., 2009; "Мідь Волині", 2002, 2006). Певний резонанс за кордоном отримали мало відомі українсько-му читачеві англомовні монографії, присвячені мінералам Карпат і камерних пегматитів Волині (Minerals of the Carpathians, 2002; V.I. Pavlyshyn et al., 2007).

Регіонально-мінералогічні дослідження віддзеркалені у десятках докторських та кандидатських дисертацій і понад сотні статей. Особливу увагу привернули уранові, скандієві, рідкісноземельні руди, мінералогічному вивченню яких не приділяли достатньої уваги (С.М. Бондаренко):

- в уранових рудах U-Na формації Українського щита досліджено рідкісні мінерали (вперше для України): різновид сенайту, склад якого відповідає формулі —  $PbFeFe_8Ti_{12}O_{38}$  і уекфілдит-(Ce) —  $CeVO_4$ ;

- отримано важливі в науковому і практичному сенсі новітні дані з типохімізму V і Sc-вмісних піроксенів: егірин-діопсиду ( $V_2O_5$  до 2 мас. %) і піроксену діопсид-егірин-джервіситового ряду ( $Sc_2O_3$  до 12 мас. %);

- підготовлено пропозиції щодо можливого комплексного використання уранових руд Кіровоградського рудного району;

- уперше на УЩ виявлено колумбіт-танталіти, збагачені скандієм (до 5 мас. %). Тантало-ніобати можна розглядати як перспективну рідкіснометалеву сировину — додатковий компонент у комплексних рудах Li, Nb, Ta та W Полохівського рудного поля;

- у золотоносних рудах Майського родовища (УЩ) виявлено перший мінерал селену — богдановичит ( $AgBiSe_2$ ) і новий мінерал — телурид ауруму і талію  $Au_3PtTe_2$  [3], який автори не зареєстрували. Значно пізніше, 2015 року мінерал такого складу знайдено у рудах Австралії та названо гонеаїтом (*honeaite*);

Уперше в Україні знайдено рідкісний колорадоїт —  $HgTe$  у кварц-карбонатних жилах серед діабаз-порфіритів Гірського Криму (Е.Ф. Шнюков и др., 2011), цинковольтаїт і політип вюртциту (вюртцит 10H) (В.М. Квасниця, Є.В. Науменко, 2018) в руді Мужіївського золото-поліметалічного родовища, два мало-відомих силікати *REE* — торнебоміт-(Ce) і гателіт-(Ce) — в руді Анадольського рудопрояву *REE* (В.М. Хоменко та ін., 2013). Сумарний вміст оксидів *REE* в останніх мінералах складає 66,5 і 47,7 %, відповідно, близько 85 % від їх загальної кількості припадає на La, Ce та Nd. Показано, що гателіт-торнебомітова парагенетична асоціація — це останній етап еволюції силікатів *REE* у низькотемпературному метасоматично-гідротермальному процесі перед їх повним заміщенням оксидами, фторидами, фторкарбонатами та/або вільними від *REE* силікатами.

На початок 2012 року база даних мінералів України містила 963 назви [9]. Окрім того, було ще близько 100 мінералів, статус яких не визнано. Загальне число мінеральних видів і різновидів перевищувало 1200 назв. Парадоксально, однак нині число відомих в Україні мінеральних видів зменшилося на сотню. Це при тому, що за цей час відкрито три десятки видів, нових для території України. Причина зменшення зумовлена номенклатурними змінами у мінеральному царстві, багато мінералів втратили свій видовий статус або дискредитовані як вид. У ХХІ ст., порівняно з попереднім, темпи росту кількості публікацій дещо знизилась, але в них істотно зросло число знайдених і описаних нових для України мінералів. Попри все залишається гострою проблема відкриття принципово нових мінералів і створення сучасного монографічного видання з мінералогії України.

**Систематична мінералогія.** Хоча класифікація, за висловом академіка Володимира Вернадського, не належить до завдань мінералогії, а лише дає змогу "...*расставить немногие образующиеся в природе тела среди огромного количества созданных человеческой мыслью соединенный и этим путем позволяет понять ... характер образующих их процессов*", без систематизації відомих мінералів розвиток мінералогії неможливий, так само як інших наук про Землю. Якщо 100 років тому у світі було відомо орієнтовно 900 мінералів, і то це число сильно перебільшене, оскільки включало різновиди, псев-

доморфози і закономірні зростки, то нині відомо понад 5000 видів. Число термінів, що стосуються мінералів, урахувавши хімічні і морфологічні різновиди, синоніми і дискредитовані мінерали, визначається вже десятками тисяч. Без систематизації накопичених даних мінералоги перестали б розуміти один одного, тому так важливо було упорядкувати номенклатуру мінералів, що й було виконано під егідою Міжнародної мінералогічної асоціації ще у другій половині ХХ сторіччя. Падіння "залізної завіси" після розпаду Радянського Союзу сприяло інтегруванню мінералогів радянської школи, які працювали порівняно автономно, у світову мінералогічну спільноту. Відповідно виникло завдання узгодити номенклатуру мінералів із напрацюваннями міжнародних інституцій. В Україні до цього завдання долучилося ще одне — затвердити правопис назв мінералів державною мовою. Адже перший і єдиний (якщо не брати до уваги виданій у Львові словник Івана Верхратського "Виразня мінеральогічна" (1909)), "Мінералогічний словник" Є.К. Лазаренка і О.М. Винар, що містив українські назви усіх відомих на ту пору мінеральних видів (близько 2500), вийшов друком ще в 1975 р. і його більше не перевидавали.

Упорядкування номенклатури мінералів було виконано завдяки відкритій у НАН України бюджетній темі (2013—2017). За цей час ряд публікацій авторства О.М. Пономаренка, Г.О. Кульчицької, В.І. Павлишина, О.І. Матковського, Д.С. Черниш на сторінках "Мінералогічного журналу", "Мінералогічного збірника" і "Записок Українського мінералогічного товариства" привернув увагу українських мінералогів до змін у номенклатурі мінералів. Окрім того, було створено проект нормативного Словника українських назв мінералів. Ураховуючи порівняно стрімке збільшення числа нових мінеральних видів, які реєструють щорічно (50—100) і плінність змін, які вносять міжнародні термінологічні комісії у номенклатуру груп мінералів, ухвалено рішення надати перевагу мережевій формі оприлюднення проекту Словника перед типографською. За допомоги Євгенії Лазаренко — доньки відомого українського мінералога академіка Євгена Лазаренка — було створено веб-ресурс "Українська мінералопедія" (<http://www.mineralopedia-ukraine.com>), на якому розміщено проект Словника для обговорення мінералогами і лінгвістами. Проект цілодобово доступний чи-

тачам у будь-якому місці планети. Останнє слово залишається за Термінологічною комісією (голова — проф. В.І. Павлишин) при Українському мінералогічному товаристві (УМТ).

Після затвердження Словника він стане базою для створення широкого мережевого зведення з регіональної мінералогії України — Української мінералогічної енциклопедії, на сторінках якого буде розміщено інформацію про всі мінерали, відомі в надрах України, про їх поширення, особливості хімічних і фізичних властивостей, генезис і практичне використання. Зібрати інформацію воедино — таке завдання стоїть нині перед академічними мінералогами. Це дасть змогу виявити закономірності утворення певних мінеральних видів у геолого-структурних районах України і прогнозувати їх чергові знахідки.

**Генетична мінералогія** традиційно представлена дослідженнями в таких наукових напрямках: онтогенія мінералів, термобарогеохімія, вчення про типоморфізм мінералів.

*Онтогенія мінералів* — неодмінна складова сучасних мінералого-генетичних досліджень, інколи у завуальованому вигляді. Онтогенію й філогенію низки мінералів — циркону, флюориту, кварцу, топазу, гематиту, польових шпатів, бритоліту тощо — висвітлено у багатьох статтях (Т.М. Лупашко, А.М. Тарашан, К.О. Ільченко, В.С. Мельников, В.І. Павлишин та ін.).

*Термобарогеохімія* (дослідження включень мінералоутворювального середовища) — найпотужніше розвинений розділ сучасної генетичної мінералогії. З 20-ти захищених за останні 25 років докторських дисертацій сім ґрунтувалися на термобарогеохімічних даних. Значний, якщо не переважний, обсяг досягнень української термобарогеохімічної школи, заснованої у повоєнні роки у Львівському університеті М.П. Єрмаковим, отримано у золотому віці мінералогії.

Упродовж означеного періоду основні термобарогеохімічні дослідження здійснено в ІГГК НАН України у Львові та ІГМР НАН України в Києві.

У ІГГК НАН України термобарогеохімічні дослідження започаткував В.А. Калюжний, організувавши відділ геохімії глибинних флюїдів (сучасна назва) з таким науковим напрямом як дослідження (за флюїдними включеннями у мінералах) складу, фізико-хімічних властивостей, генезису флюїдів земної кори і верхньої мантії та їхньої ролі у формуванні родовищ ко-

рисних копалин. Надалі вивчення включень у мінералах стали використовувати для вирішення низки питань екзогенного мінералоутворення, зокрема, пов'язаних із особливостями кристалізації солей в евапоритових басейнах, умовами формування соленосних покладів і практичним застосуванням результатів. Цей науковий напрям формувався під керівництвом О.Й. Петриченка, який заснував відділ геохімії осадових товщ нафтогазоносних провінцій. В обох відділах за результатами термобарогеохімічних досліджень захищено чотири докторські, 28 кандидатських дисертацій, написано десятки наукових звітів, опубліковано сотні статей і понад десять монографій.

Головні досягнення мінералофлюїдологічної школи В.А. Калюжного (І.М. Наумко, М.М. Братусь, О.М. Винар, М.О. Вітик, Г.М. Гігашвілі, М.М. Давиденко, Б.Д. Жовтуля, Б.В. Заціха, І.М. Зінчук, З.Й. Йориш, З.М. Ковалишин, Й.М. Сворень, Н.В. Бацевич, Г.О. Занкович та ін.) підсумовано у праці [13]:

- уперше у світовій практиці доведено відсутність водню у включеннях і виявлено справжні джерела його виникнення в разі руйнування кристалів;
- отримано нові дані щодо складу, *PT*-параметрів флюїдів підкорових і мантійних областей за включеннями й газовими домішками в підводноокеанічних толейтах, потенційно діамантоносних лужних базальтоїдах, кімберлітах;
- з'ясовано, що леткі компоненти базальтових лав рифтових зон Світового океану представлені  $CO_2$ , ізотопний склад вуглецю якого відповідає мантійному. Це свідчить про особливу роль двооксиду вуглецю у процесах, що відбуваються в літосфері на значній глибині;
- створено геохімічну модель еволюції післямагматичного процесу для гранітних пегматитів камерного типу, визначено оптимальний режим кристалізації кондиційної п'єзокварцової та ювелірної сировини пегматитів; запропоновано критерії оцінювання її якості в процесі розвідки пегматитових тіл;
- визначено фізико-хімічні параметри флюїдів, що брали участь у формуванні золото-поліметалевих, ртутних, рідкіснометалевих і золоторудних родовищ, міднорудного зруденіння тощо в надрах України, викидів грязьових вулканів Керченського й Таманського півостровів;
- показано, що поширення і загальний склад летких компонентів включень флюїдів у мінералах — важливий показник генезису й

масштабності нафтогазових і рудних родовищ, розкрито закономірну послідовність зміни термобаричних і геохімічних параметрів міграції вуглеводнів.

Логічним підсумком цих досліджень стала модель еволюції глибинних флюїдів за включеннями у мінералах (І.М. Наумко) як підґрунтя мінералофлюїдологічної моделі Землі.

Новаторські дослідження школи О.Й. Петриченка (В.М. Ковалевич, О.П. Сливко, В.С. Шайдецька, Б.В. Долішній, А.В. Побережський, І.В. Дудок, С.В. Вовнюк, А.Р. Галамай, Д.В. Сидор та ін.) сприяли вирішенню проблем галогенезу: визначення фізико-хімічних параметрів середовища седиментації й перекристалізації солей, з'ясування питань еволюції хімічного складу води Світового океану на тлі загального історичного розвитку Землі, напрацювання критеріїв пошуку корисних копалин, пов'язаних з евапоритами. Левова частка цих та інших світового рівня досягнень термобарогеохімії осадових утворень залишилися у золотому віці мінералогії.

Із 1970-х років розпочато термобарогеохімічні дослідження у відділі регіональної та генетичної мінералогії в ІГФМ (натепер ІГМР) (Д.К. Возняк, Г.О. Кульчицька, Ю.А. Галабурда, В.М. Бельський) та від 1995 р. — у нинішньому відділі термодинаміки геосфер ДУ "Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України" (С.В. Кузнецова, О.Є. Лазаренко, С.І. Терещенко, Н.М. Гостяєва, В.І. Блажко). Отримано об'єктивні дані щодо параметрів формування (температура, тиск, хімічний склад мінералоутворювальних флюїдів) найрізноманітніших об'єктів Українського щита і прилеглих геологічних структур.

Найголовнішим здобутком київських дослідників є, безперечно, фундаментальна монографія Д.К. Возняка [4], завдяки якій сучасна українська термобарогеохімія збагатилася принципово новими і оригінальними розділами щодо реконструкції умов мінералоутворення за допомогою флюїдних включень у мінералах. Новий напрям генетичної мінералогії — використання летких компонентів мінералів як індикаторів розмаїтих умов мінералоутворення, обґрунтовано у докторській дисертації Г.О. Кульчицької (2009).

Особливої ваги внесок — нове уявлення про високотермобаричні потоки  $CO_2$ -флюїду (як продукти дегазації глибинної магми), що брали участь у формуванні родовищ різних корис-

них копалин УЩ (Д.К. Возняк, В.І. Павлишин). Ці потоки мали високі значення *PT*-параметрів і надходили з глибини понад 40 км. Подальші роботи Д.К. Возняка, його колег і учнів істотно розширили та поглибили відомості про участь потоків  $\text{CO}_2$ -флюїду у формуванні рудної мінералізації Пержанського берилієвого родовища, Майського родовища золота, літєвих пегматитів Інгульського мегаблоку, Азовського *Zr-REE* родовища та *REE-U-Th* рудопрояву Діброва. Виявлено новий генетичний тип вторинних включень незвичної форми і умов утворення, що мають індикаторне (типоморфне) значення — вони утворюються за участі потоків  $\text{CO}_2$ -флюїду, що відзначаються лише дуже високими значеннями *PT*-параметрів.

Внесок українських учених у галузь термобарогеохімічних досліджень, на думку колег [13], підтверджує промовисті слова одного з корифеїв вивчення включень у мінералах — К. Сорбі: "включення, які ми вивчаємо, дуже малі, проте висновки, яких ми внаслідок цього доходимо, великі".

У рамках *учення про типоморфізм мінералів* з'ясовують взаємозв'язки конституції, морфології, анатомії й властивостей мінералів, залежність складу мінеральних асоціацій від параметрів середовища мінералоутворення. Цей напрям розвивали і розвивають представники шкіл О.С. Поваренних і Є.К. Лазаренка (Т.А. Рокачук, О.М. Платонов, А.М. Тарашан, С.С. Мацюк, М.М. Таран, В.М. Хоменко, Т.М. Лупашко, К.О. Ільченко, В.С. Мельников, В.М. Квасниця, В.І. Павлишин, О.Є. Гречановська та ін.), хоча, порівняно із золотим віком мінералогії, нині він має скромні досягнення. Найголовніші з них такі:

- всебічно з'ясовано типоморфне значення люмінесценції салічних породоутворювальних мінералів;

- на засадах результатів масового дослідження оптично активних центрів, забарвлення й плеохроїзму глибинних мінералів доведено, що їхні оптико-спектроскопічні та колориметричні параметри є стійкими типоморфними ознаками різного роду мантієвих процесів і мають пошуково-оціночне значення, насамперед як критерії діамантоносності;

- використано залежність енергії стабілізації кристалічним полем (ЕСКП) хромофорів у мінералах від *PT*-параметрів як можливість використання концепції ЕСКП для оцінки умов кристалізації ендегенних мінералів.

- в діамант-лонсделейт-графітових зростках із місця падіння Тунгуського метеориту виявлено асоціацію троїліту, теніту,  $\gamma$ -заліза, шрейберзиту, високобаричних поліморфних мінералів вуглецю, що є свідченням їхньої метеоритної природи. Діамант і лонсделейт мають імпактне походження;

- у мікродіамантах із неогенового розсипу Самоткань (Середньопридніпровський мегаблок УЩ) надійно діагностовані включення графіту, олівіну, енстатиту, кліноенстатиту, калієвого рихтериту, слюди, магнетиту, ільменіту, рутилу, апатиту, карбонатів, сильвіну тощо, які є звичайними в кристалах мантієвого діаманту, а включення олівіну належать до типового силікату глибинних лерцолітів.

- виявлено та з різним ступенем достовірності обґрунтовано нові, а також розширено відомі типоморфні ознаки діаманту та його супутників, міді, золота і графіту, піриту, арсенопіриту і бляклих руд, флюориту, магнетиту і кварцу, циркону і монациту, топазу і берилу, слюд і хлоритів, піроксенів й амфіболів, лужних польових шпатів, цеолітів і кальци-ту тощо.

**Кристалохімія мінералів.** Донедавна функціонувала знана та потужна кристалохімічна школа О.С. Поваренних. Натепер вона, помітно, якщо не сказати істотно, занепала, особливо після втрати провідних вчених (О.Л. Литвин, В.С. Мельников, О.М. Платонов).

Палітра досліджень В.С. Мельникова була різноманітною — сульфідів, змішаношаруваті силікати, кварц, мінерали REE, мінерали Bi, Se, Te, надпровідні штучні сполуки [5]. Його найзначніші кристалохімічні здобутки стосуються найпоширеніших мінералів земної кори — лужних польових шпатів (численні статті та підготовлена до захисту (2010) докторська дисертація). У цих роботах містяться оригінальні результати дослідження двійників інверсії лужних польових шпатів (ЛПШ) методами рентгєнівського аналізу, оптичної й електронної мікроскопії. В.С. Мельников припустив, що єдиним ефективним каталізатором трансформації двійникової структури ЛПШ є протон, тобто в трансформації двійників ЛПШ вирішальна роль належить водовмісному флюїду. Оскільки співвідношення мікроклін/ортоклаз є чутливим індикатором активності водовмісного флюїду, воно може бути критерієм рівня диференціації пегматитів і їхньої рудоносності. Стійкість ортоклазу в петрогенних системах із

низьким вмістом водного флюїду може стати критерієм розділення петрогенних систем на "сухі" і "вологі", що розкриває можливості здійснювати за цим принципом картування гранітоїдів і метаморфічних порід.

Протягом останнього десятиліття мінералогами отримано нові результати з кристалохімії піроксенів, берилу, циркону:

- детальне дослідження особливостей складу піроксенів із лужних порід Приазов'я із застосуванням методів мікрозондового аналізу та електронної мікроскопії показало, що загальною рисою егіринів Октябрського масиву та метасоматитів с. Дмитрівка є дефіцит катіонів в позиції M2; характерною рисою останніх є підвищений вміст Ti, а піроксенів альбіт-егіринових та астрофілітових метасоматитів — також домішки Mn та Zr. За вмістом титану егірини метасоматитів чітко відрізняються від піроксенів маріуполітів, а за співвідношенням Mg/Mn розділяються егірини з маріуполітів і з різних типів метасоматитів (В.М. Хоменко);

- доведено, що забарвлення у світлих жовто-зелених тонах егірину із Октябрського масиву зумовлено комбінацією смуг переносу заряду  $O^{2-} \rightarrow Fe^{3+}$  та  $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+}$ . Зі збільшенням вмісту  $Fe^{2+}$  спостерігається стрімке зростання обох цих смуг, спричиняючи насичене зелене забарвлення (В.М. Хоменко);

- на підставі оптико-спектроскопічних досліджень з'ясовано кристалохімічну природу різного забарвлення жовтих берилів. Відомі назви "геліодор" та "золотистий берил" (*golden beryl*) належать кристалохімічно різним відмінам (О.М. Платонов, В.М. Хоменко, М.М. Таран);

- спектроскопічне дослідження рідкісного бацити дало змогу визначити характер входження у його структуру іонів  $Fe^{2+}$  і  $Fe^{3+}$  та показати їхню вирішальну роль у забарвленні цього мінералу (синій колір) завдяки домінуванню в його спектрах інтенсивної смуги переносу заряду  $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+}$  близько  $13850 \text{ cm}^{-1}$  (М.М. Таран, В.М. Хоменко);

- завдяки застосуванню комплексу спектроскопічних методів — ФЛ (Т.М. Лупашко), ЕПР (Л.С. Дерський, М.М. Багмут), ЯМР (А.М. Калініченко) та ІЧ-спектроскопії (К.О. Ільченко) — з'ясовано кристалохімічні особливості циркону і малакону, характерних і важливих мінералів Жовторіченського родовища (УЩ) рідкіснометалевих руд;

- у тісній співпраці з ученими із Німеччини започатковано поглиблене дослідження кри-

сталохімії мінералів *REE*. Зокрема показано, що входження великої кількості *REE* у структуру бритоліту Анадольського рудопрояву (до 67–68 %  $\Sigma REE_2O_3$ ) компенсується виникненням вакансій в позиції A1 (В.М. Хоменко).

- зв'язок параметрів елементарної комірки з хімічним складом простежено для циркону, мінералів із груп цеолітів і епідоту (О.Є. Гречановська):

- започатковано новий напрям, присвячений *аномальним монокристалом* — гетерогенним кристалом із пониженою стосовно ідеалізованої структури симетрією й аномальними властивостями (В.І. Павлишин). На прикладі кристалів кварцу, калієвого польового шпату, топазу, деяких фосфатів показано різний ступінь їхньої дисиметризації. Електричні властивості топазу несумісні з його ідеальною неполярною кристалічною структурою. Як "аномальні", вони з'являються у дисиметризованих кристалах.

**Фізика мінералів.** Це — один із провідних наукових напрямів мінералогії в Україні, який, на жаль, також зазнав істотних втрат — пішли з життя фундатори української школи з фізики мінералів (І.В. Матяш, А.С. Литовченко, О.М. Платонов). Проте школа достатньо успішно функціонує, розширює об'єкти досліджень, поглиблює їхнє вивчення.

Фізика мінералів, як і раніше, є міждисциплінарною наукою, що на сучасному етапі розвитку охоплює широке коло питань — від суто фізико-теоретичних до генетично-мінералогічних, кристалохімічних і прикладних розробок, пов'язаних із типоморфізмом мінералів, пошуковою і технологічною мінералогією, гемологією, матеріалознавством, біо- та наномінералогією, екологією. У цій сфері є чимало досягнень, які мають світове визнання [16]. Значна кількість статей містить унікальну інформацію щодо фізичної й генетичної природи забарвлення та люмінесценції мінералів. Можна тільки дивуватися, як шляхом люмінесцентного дослідження мізерної кількості порошкового матеріалу, наприклад салічних мінералів, отримано масштабні петрологічні висновки, які використовують для генетичних кореляцій, мінералогічного картування, напруження прикладних критеріїв.

Один із яскравих прикладів — результати дослідження мантійних мінералів, у яких на перше місце вийшли оптико-спектроскопічні та колориметричні характеристики, скорес-



пондовані з їхньою кристалохімією і генезисом (С.С. Мацюк). Отримано шість тисяч спектрів оптичного поглинання глибинних гранатів, які охопили всю їхню колористичну палітру із різних парагенезисів, і таким чином С.С. Мацюк окреслив поля колірності гранатів із діамантовмісних асоціацій.

Помітною подією у сучасній мінералогії стала монографія про спектроскопічні і люмінесцентні характеристики шаруватих силікатів [19]. У ній висвітлено механізми ізоморфного входження різнозаряджених атомів Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, а також REE у структурні позиції слюд і хлоритів, з'ясовано особливості їхнього розподілу в октаедричних позиціях. Досліджено природу оптично активних центрів у деяких біотитах УЩ, мусковітах і літієвих слюдах із рідкіснометалевих родовищ різного генезису, хлоритах із навколорудних порід, складено найповніше зведення про оптико-спектроскопічні параметри  $3d^N$ -іонів у шаруватих силікатах, істотно поглиблено та розширено їхнє генетичне і прикладне значення.

Не менш визначною подією стала монографія О.М. Платонова і М.М. Тарана [18], що є найбільш повним зведенням даних стосовно оптичних спектрів поглинання та природи забарвлення усіх відомих представників групи гранатів, включно з їхніми різноманітними твердими розчинами. На підставі спектроскопічних даних у монографії проаналізовано геометричні і енергетичні характеристики координаційних поліедрів і механізми ізоморфного входження  $3d^N$ -іонів в різні структурні позиції гранатів, показано унікальність широкої колірної гама і ювелірних якостей природних гранатів у зв'язку з їхніми кристалохімічними і спектроскопічними особливостями. Показано генетично-інформаційне (типоморфне) навантаження оптично активних центрів у гранатах із мантійних порід і можливість використання такої інформації для вирішення ряду петрогенетичних і пошуково-оціночних завдань.

Значний обсяг наукової інформації з фізики мінералів міститься у численних статтях, опублікованих в українських і закордонних періодичних виданнях, часто спільно із закордонними авторами. Таким чином оприлюднено результати оптико-спектроскопічних досліджень різних мінералів в умовах високих значень  $T$  і  $P$ , зокрема перехід  $Fe^{2+}$  із високо- у низькоспіновий стан у сидериті та трифіліті; сформульовано висновки щодо впливу енергії

стабілізації кристалічним полем на ізоморфне входження  $Cr^{3+}$  у кристалічну структуру ксенівмісних мінералів (М.М. Таран та ін.).

Грунтовно досліджено спектроскопічні властивості мікродіамантів, берилів, піроксенів, біотитів, Ti-вмісного кварцу,  $Fe^{3+}$ -вмісних польових шпатів, флюориту, циркону, імітаторів коштовного каміння (склокераміки) (О.М. Платонов, А.М. Тарашан, М.М. Таран, В.М. Хоменко, К.О. Ільченко, С.С. Мацюк та ін.):

- у мантійному енстатиті виявлено зв'язок між збільшенням у ньому вмісту  $^{IV}Al$  і  $^{VI}(Al + Cr)$  і значенням енергії смуг поглинання іонів  $Cr^{3+}$ . На підставі високого ступеня кореляції між тетраедричним алюмінієм і тривалентними катіонами зроблено висновок про локальний механізм компенсації заряду і утворення кластерів типу  $^{VI}Me^{3+}_{M1}^{IV}Me_{M1} (^{VI}Cr^{3+}_{M1}^{IV}Al_{M1} \text{ і } ^{VI}Al_{M1}^{IV}Al_{M1})$  або їх агрегацій у структурі вивчених енстатитів;

- ІЧ-спектри фторопатитів із лужних і основних порід Приазов'я засвідчили наявність у них  $CO_3^{2-}$ , що заміщає і фосфатний аніон, і іони фтору в каналах структури, займаючи чотири або і більше нееквівалентних структурних позицій;

- з'ясовано форми входження ОН-груп у структуру мантійних олівінів, гранатів, піроксенів на основі детального аналізу FTIR-спектрів;

- простежено трансформацію ОН-груп в опромінену топазі;

- уперше охарактеризовано спектр іонів амонію в бадінгтоніті та мусковіті.

Окрім того, ґрунтовно досліджено спектроскопічні властивості мінералів, цікавих як перспективні нові технічні матеріали, насамперед для оптичних квантових генераторів (кіаніт, форстерит, сподумен тощо).

Здійснено традиційне радіоспектроскопічне, інколи із залученням ІЧ-спектроскопії, вивчення розподілу  $Fe^{2+}$  і  $Fe^{3+}$  у структурних позиціях різних мінералів; дослідження дефектності діаманту, кварцу, золотовмісних мінералів, опалу, бритоліту, деяких силікатів, штучних і природних апатитів, циркону, описано електропольові ефекти у кварці в контексті можливого їх застосування,  $SiO_4$ -полімеризацію у кристалах циркону тощо (А.С. Литовченко, О.Б. Брик, А.М. Калініченко, Е.В. Польшин, М.М. Багмут, В.П. Іваницький, О.А. Калініченко, О.Є. Гречанівський, В.В. Радчук, А.Л. Ларіков, Л.С. Дерський та ін):

- показано, що за допомогою ретроспективної ЕПР дозиметрії біомінеральних об'єктів (емалі зубів, кісткової тканини у біологічних тканинах тощо) можна фіксувати дозу опромінення, яку людина отримала раніше. Ці дослідження спрямовані на вирішення практичних задач, пов'язаних із мінімізацією негативних наслідків Чорнобильської катастрофи;

- різними методами, в тому числі за допомогою комп'ютерного моделювання [6], досліджено радіаційну стійкість циркону, галіту, периклазу, рутилу, ксенотиму, кварцу, кристобаліту, фторапатиту, гідроксилвмісних мінералів. Виявлено чинники стійкості мінералів, а саме: ступінь ковалентності хімічних зв'язків, число нееквівалентних поліедрів, значення ефективних зарядів кисню тощо. На підставі здобутих результатів триває пошук радіаційно стійких середовищ — масивів гірських порід для безпечного зберігання радіоактивних відходів.

Отже, радіоспектроскопічне дослідження мінералів розвивається, урізноманітнюється за об'єктами та метою дослідження, має прикладне значення, проте окрім ІГМР, в Україні його ніде більше не виконують. Тому так важливо не зруйнувати цей єдиний центр радіоспектроскопії мінералів.

**Ядерна мінералогія.** Цей напрям на стику ядерної фізики та мінералогії вже пройшов етап зародження, але ще не наповнений достатнім фактичним матеріалом. Він покликаний вивчати властивості, склад і практичне значення мінералів, які зумовлені будовою атомних ядер (А.А. Вальтер).

**Мінералогічна кристалографія.** Термін, запропонований Є.К. Лазаренко (1951), певною мірою віддзеркалює широке коло питань, пов'язаних із морфологією, анатомією мінералів, їхнім зв'язком із кристалічною структурою й умовами кристалізації. Попри те, що в Україні мінералографічною кристалографією цілеспрямовано займаються одиниці, а в НАН України лише в ІГМР, результатами досліджень можна похвалитися. Безсумнівне лідерство належить В.М. Квасниці зі співавторами (В.М. Крочук, В.З. Бартошинський, О.А. Вишневецький, О.В. Павлюк, Ю.С. Цимбал, Є.В. Науменко). Лише за останні 10 років опубліковано близько двох десятків наукових праць, які висвітлюють зовнішню морфологію і внутрішню анатомію кристалів різного генезису:

- вивчено морфологію і анатомію кристалів циркону із протерозойських конгломера-

тів Білокоровицької структури, хімічний склад, мінеральні включення в цирконі та його ізотопний вік. За кристаломорфологічними ознаками циркон найближчий до багатогранників цього мінералу із гранітоїдів. На його кристалах розвинуті грані таких простих форм: призми {110} і {100}, дипіраміда {111} і дитетрагональна дипіраміда {311}. Циркон із протерозойських пісковиків цієї ж структури за кристаломорфологічними ознаками також найближчий до багатогранників із кислих порід — гранітоїдів. Для нього властиві видовжено-призматичний габітус і цирконовий, гіацинтовий та гіацинтово-цирконовий типи кристалів;

- порівняно морфологію і анатомію дипірамідальних макрокристалів циркону із сієнітів Октябрського і Азовського масивів, їхній хімічний склад і мінеральні включення. За набором простих форм дипірамідальні макрокристали циркону подібні між собою, проте різко розрізняються за габітусами і вмістом мінеральних включень.

- вивчено морфологію і анатомію імпактних апографітових діамантів із Попігайського метеоритного кратера (Сибір). На поверхнях цих граней розвинені фігури росту і розчинення з елементами кристалічної симетрії лонсделейту і діаманту, що дає можливість визначати орієнтаційні співвідношення між структурами графіту, лонсделейту і діаманту в параморфозах та механізм утворення цих фаз;

- отримані картини нано-мікроморфології й анатомії параморфоз кристалів імпактного апографітового діаманту із Білилівського метеоритного кратеру УЩ, які аналогічні таким для кристалів імпактного діаманту із Попігайського кратера. Форма і орієнтація пластинок та западин на поверхнях (0001) параморфоз дала змогу віднести їх до мікроскопічно видимого морфологічного прояву лонсделейтової фази. Встановлені особливості кристалів імпактного діаманту з Білилівського кратеру є прямим свідченням твердофазового переходу графіту в лонсделейт-діамант за мартенситним механізмом під час потужного ударного навантаження;

- виявлено раніше невідомий неklasичний механізм росту діамантових багатогранників — формування глобулами. Мікрокристали діаманту складені із нанорозмірних глобул і мають октаедричне огранення. Ці крихітні поліедри наростили на пластинчастих кристалах імпактного апографітового діаманту із метеоритного кратера Білилівка. Їхня поверхнева

морфологія вказує на те, що нано-мікродіаманти вирости, найімовірніше, в процесі осадження з газової фази відразу після утворення імпактного алмазу — трансформації графіту в діамант і лонсделейт;

- на мікрокристалах діаманту із кімберлітів виявлено пласкі та гладкі грані всіх простих форм гексоктаедричного класу симетрії. Всі ці форми зафіксовані як слабо розвинені грані на октаедричних кристалах, проте тільки грані октаедра і куба мають свої сектори росту;

- показано, що більшість діамантів із осадкових порід західної частини УЩ за кристаломорфологією й іншими характеристиками подібні до дрібних діамантів із кімберлітів;

- унікальні рутил-діамантові зростки і проростання виявлено серед дрібних діамантів із кімберлітової трубки Удачная (Якутія);

- у кімберлітах трубки Південна в Приазов'ї вивчено морфологію й анатомію агрегатних зерен ільменіту. Зафіксовано етапи структурно-морфологічної перебудови монокристалічних зерен ільменіту в різні агрегати унаслідок ймовірного процесу рекристалізації: від розпаду первинного зерна на дрібні ксеноморфні субзерна до перекристалізації їх в овальні, округлі та поліедричні великі субзерна;

- охарактеризовано морфологію і хімічний склад золота із білокоровицьких конгломератів. За морфологією виділень і хімічним складом золото доволі розмаїте, що вказує на його різну природу. Переважають ксеноморфні масивні виділення золота, багато зерен пористого золота, а також зерен золота з автоепітаксійними наростами численних кристалів вторинного золота різної форми — від кристалографічно неправильної до ідеальних октаедричних кристалів та їх зростків, зокрема двійників та п'ятирників октаедрів і скелетних октаедрів;

- у кристалічних породах Середнього Побужжя описано рідкісну знахідку майже міліметрових зерен платини (до 0,75 мм). Усі зерна мають витягнуту пластинчасту форму. Сприятливими для вмісту платини є розкислені, скарновані і березитизовані мафіти, кварцити, кальцифіри;

- виділено морфологічні типи самородної міді, прив'язані до конкретних рудопроявів і умов утворення, які можуть стати науковим підґрунтям міднорудної галузі;

- досліджено рідкісний морфологічний різновид призматичних кристалів бариту — волнін із рудопроявів Східних і Західних Карпат. Індикаторною ознакою волніну є значне ви-

довження вздовж осі (001) разом із незначним у більшості випадків розвитком уздовж осі (100). Його кристалам властивий певний набір простих форм, серед яких найбільш поширеними і габітусними є {210}, {110}, {001}, {100}, {010}, {011}, {102} і {111};

- усебічно вивчено морфологію кристалів і агрегатів рідкісного мінералу граутиту із брекчівно-тріщинуватих зон Заваллівського родовища графіту. На кристалах граутиту гоніометрично виявлено сім простих форм, виділено кілька морфологічних типів кристалів граутиту з різним набором простих форм та розвитком їхніх граней і декілька типів агрегатів кристалів;

- виконано порівняльний аналіз кристаломорфології молібденіту із майже 100 проявів молібденової мінералізації на УЩ. Майже у всіх проявах переважають пластинчасті пінакоїдальні кристали молібденіту;

- у білокоровицьких протерозойських конгломератах виявлено мікрокристали вольфраму, які є першою знахідкою цього мінералу в Україні і представлені багатогранниками, що разом із кристалами вторинного золота нарости на зерна первинного золота.

Кристалографічне дослідження двох всевітньо відомих мінералів із Волинського родовища — топазу та берилу підтвердило взаємозв'язок "кристалічна структура — умови кристалізації — зовнішня форма кристалів". Передбачається можливий вплив на розміри, морфологію й анатомію цих мінералів глибинних флюїдних потоків (О.П. Вовк, І.М. Наулко, В.І. Павлишин).

**Експериментальна та фізико-хімічна мінералогія.** Експериментальну мінералогію в Україні започаткував П.М. Чирвінський, фізико-хімічну — В.С. Соболев. Ці взаємопов'язані напрями упродовж ХХ—ХХІ ст. розвивалися в Україні стрибкоподібно.

Розквіт експериментальної мінералогії в незалежній Україні асоціюється з Г.Т. Остапенком, який тривалий час очолював лабораторію експериментальної мінералогії й зі своїми співробітниками (Б.М. Міщук, Л.П. Тимошкова, Л.І. Горогоцька, В.А. Куц, В.Б. Грановський та ін.) виростив чимало мінералів. Особливе значення було надане експериментальному дослідженню тріади "кіаніт — силіманіт — андалузит", гідротермальному синтезу монокристалів п'езокварцу, а також андалузиту, наділеному унікальними мазерними влас-

тивостями. Спеціально досліджено кінетику та механізм розчинення і росту деяких граней на кристалах кварцу, магнетиту та поліморфів  $Al_2SiO_5$ . Останньою експериментальною роботою лабораторії була, вірогідно, розробка нового методу синтезу магнетиту в процесі термальної обробки гематиту в присутності органічних реагентів різної природи. Передчасна смерть Г.Т. Остапенка і неправомірне перебування лабораторії експериментальної мінералогії у складі Інституту магнетизму НАН України призвели фактично до її ліквідації.

Однак експериментальні дослідження в галузі мінералогії тривають, щоправда, на скромному застарілому устаткуванні, і вирішують досить широке коло завдань. Одне з них — перетворення немагнітних оксидів і гідрооксидів феруму в магнетит (О.Б. Брик, Н.О. Дудченко, В.П. Пономар, Т.С. Савченко, О.О. Юшин, О.Є. Гречановський, В.П. Іваницький, Е.В. Польшин та ін.):

- досліджено процеси перетворення гематиту на магнетит з використанням крохмалю, намагніченість насичення гематитової руди збільшилася орієнтовно у 20 разів;

- синтезовано та досліджено магнетит у водному середовищі;

- досліджено кінетику перетворення гематиту на магнетит в атмосфері монооксиду вуглецю;

- здійснено перетворення природних оксидів і гідроксидів заліза з антиферомагнітною структурою у феромагнітні оксиди заліза за термічного відновлення іонів заліза крохмалем.

Інше завдання — синтез різних штучних матеріалів і сполук, що їх використовують як матриці для локалізації радіонуклідів і захоронення радіоактивних відходів. З такою метою синтезовано (і досліджено їхню стійкість) подвійні фосфати торію зі структурою монациту, керамічні матриці, пірохлорові кераміки (Б.Г. Шабалін, Ю.О. Тітов, В.В. Чумак та ін.). Виконано експериментальне модельне дослідження кінетики сорбції цезію-137 і стронцію-90 глинами (Л.В. Кононенко, І.Л. Колябіна, В.Й. Манічев та ін.)

Досліджено також:

- розчинність деяких рідкіснометалевих мінералів у різних геохімічних середовищах (О.М. Пономаренко, А.І. Самчук, І.В. Кураєва);

- літійалюмосилікатні склокристалічні матеріали, синтезовані із петаліту Полохівського родовища (В.В. Ріпенко, В.М. Хоменко, О.А. Вишневський);

- поглинання води і водних розчинів, що імітують рідкі відходи атомних станцій, глинополімерними наноккомпозитами, які синтезовані на основі бентоніту. Наноккомпозит ефективніше, ніж природний бентоніт, поглинає воду та розчини (Г.П. Задвернюк, Ю.Г. Федоренко, А.М. Розко);

- властивості водних суспензій глинистих мінералів, активованих перемінним електромагнітним полем (В.М. Кадошніков, Ю.Л. Забулонов, Ю.В. Литвиненко та ін.).

Фізико-хімічна мінералогія — напрям, що раніше був могутнім в НАН України (Ю.П. Мельник, Р.Я. Белєвцев, Б.Г. Яковлев, Ю.М. Колесник, Г.Т. Остапенко, В.О. Курепін), нині показує мінімальні результати.

**Біомінералогія.** На нашу думку, це інтегральний розділ мінералогії, біології та медицини, що вивчає біогенні мінерали, органо-мінеральні агрегати, процеси та механізми біомінералоутворення, його медичні наслідки. Мова йде про мінерали, сформовані за участі живих організмів як результат взаємодії живої й неживої природи.

Біомінералогія, започаткована В.І. Вернадським у 20-х роках ХХ ст., в Україні, як і у всьому світі, — порівняно молода наука. Видатною подією в Україні стали дві міжнародні конференції, проведені в Луцьку в 1992 і 2008 р. ("Биоминералогия — 92" і "Біомінералогія — 2008"). Не можна обійти увагою унікальну три томну монографію Ф.В. Зузук *"Мінералогія уролітів"* (2002—2004). З інформативного підсумку досягнень біомінералогії за 15 років випливає, що в Україні вона набуває ознак точної науки [16].

Біомінералогічні дослідження в Україні здійснюють у різних установах Києва, Луцька, Львова, Одеси (О.Б. Брик, Ю.А. Борисенко, Ф.В. Зузук, В.О. Дяків, У.І. Борняк, С.В. Кадурін та ін.). У першому наближенні їх можна диференціювати за об'єктами дослідження: скелети молюсків, фізіогенні і патогенні мінерали, органо-мінеральні агрегати, а також велика група (більше 200 видів) мінералів, які є продуктом життєдіяльності організмів і беруть участь у формуванні літосфери, в тому числі родовищ корисних копалин, наприклад, родовищ сірки в Передкарпатті.

Розвиток біомінералогії в Україні вимушено стимулювала аварія на Чорнобильській атомній електростанції. Ряд наукових напрацювань стосується впливу опромінення на мінеральну

речовину живих організмів (О.Б. Брик, В.В. Радчук, О.І. Щербина, А.М. Калініченко, М.М. Багмут, О.М. Атаманенко та ін.):

- на підставі ретроспективної інструментальної дозиметрії з'ясовано, що кварц — головний матеріал ретродозиметрії довкілля, а зубна емаль — дозиметр, вмонтований природою в організм людини. Міжнародна агенція з атомної енергетики офіційно затвердила методику, розроблену вітчизняними фахівцями, за допомогою якої можна реконструювати дозу опромінення, яку людина отримала в минулому;

- дослідження динамічних характеристик вільних радикалів, локалізованих в органічній компоненті біомінералів, відкрило широкі можливості для вирішення як фундаментальних проблем біології й мінералогії, так і практичних проблем, пов'язаних із захворюваннями кісток і зубів, а також зі швидкою демінералізацією кісток в умовах невагомості. Напрацьовано експериментальні методики, які дають змогу контролювати процеси демінералізації на рівні нанорозмірних систем кісткової тканини та на рівні кістки як органа;

- проблема створення принципово нових імплантатів спричинила дослідження процесів асиміляції матеріалів імплантатів живою кістковою тканиною.

Нову сторінку біомінералогії започаткували дослідження біомінералів, присутніх практично у всіх органах людини, у тому числі в слабко мінералізованих тканинах (О.Б. Брик, Н.О. Дудченко, Д.І. Заболотний, В.А. Дубок та ін.):

- зроблено припущення, що фізіогенні магнітні біомінерали відіграють важливу роль у функціонуванні мозку, а патогенні біомінерали є причиною його захворювань;

- під час дослідження фазового складу кісткової тканини за допомогою методу ЕПР виявлено, що мінеральна компонента кісток, окрім фази гідроксилапатиту, включає домішкові мінеральні фази, а саме: кальцит, доломіт, магнезит, вітлокіт. Показано, що ЕПР-дослідження нативних радикалів і карбонатних радикалів дають унікальну інформацію про механізми взаємодії органічної та неорганічної матерії в кістковій тканині, що може бути використано для оцінки процесів засвоєння імплантованого матеріалу живою кісткою.

**Космічна мінералогія** посідає особливе місце у вивченні проблеми походження Сонячної системи, зокрема Землі, мінеральних і вуглеводневих ресурсів. Об'єктом її дослідження є

зразки космічних тіл, в яких історія мінералів розпочалася з процесу конденсації в газопиловій протосонячній туманності і продовжується у безперервних фізико-хімічних перетвореннях консолідованої речовини.

На початку 1960-х рр. дотепники називали метеоритику "притулком лінивих мінералогів", адже у метеоритах було зареєстровано лише 38 мінералів. Однак ситуація різко змінилася у зв'язку з доставкою місячних порід на Землю і пріоритетним розвитком інструментальної бази, яка дає можливість працювати із зернами мікрометричного розміру. Нині список космічних мінералів нараховує понад 400 видів, основну кількість яких діагностовано в метеоритах і меншою мірою — в місячних породах і міжпланетному пилу. Особливо важливою і резонансною подією в космохімії і космічній мінералогії є знахідка в метеоритах зерен, сформованих у досонячний період розвитку нашої Галактики [21]. Натепер число діагностованих у досонячних зернах мінералів і сполук менше 20, причому частина з них є високотемпературними утвореннями, вперше діагностованими в природі.

Розвиток космічної мінералогії в Україні був майже синхронним з її розвитком в економічно розвинутих країнах. Головні віхи досягнень цього напрямку окреслено раніше [16]. До них належать створення Метеоритної колекції П.Й. Сушицьким в 1937 р., організація В.І. Вернадським в 1939 р. Комітету з метеоритів при Академії наук, структурно-мінералогічні, хімічні, ізотопні та фізичні дослідження метеоритів, виконані П.Й. Сушицьким, Є.С. Бурксером, К.М. Алексеевою, А.А. Ясінською, космохімічною групою під керівництвом Е.В. Соботовича (В.П. Семененко, Б.В. Тертична, Ю.В. Бондар, А.Л. Гіріч), періодичні публікації Каталогу метеоритів, що зберігаються у Національному науково-природничому музеї НАН України (В.П. Семененко, В.П. Франчук, А.Л. Гіріч, Ю.О. Русько). Суттєвий внесок в організацію науково-дослідних робіт та популяризацію знань про метеорити належить Є.К. Лазаренку, А.А. Ясінській, М.П. Семененку та Е.В. Соботовичу. Пошук та дослідження астроблем на території України з 1980-х рр. очолили А.А. Вальтер та Є.П. Гуров.

Створення 1993 року в межах ІГМР НАН України відділу космоекології та космічної мінералогії сприяло активному розвитку космічної мінералогії в Україні і публікації результа-

тів дослідження в провідних фахових журналах світу. У 1990—2000-х рр. спільно із західними колегами та з використанням їх інструментальної бази виконано важливі мінералогічні та космохімічні дослідження метеоритів. Особливий акцент зроблено на вивченні унікального українського метеорита Кримка (В.П. Семененко, А.Л. Гіріч, К.О. Шкуренко), завдяки якому вперше діагностовано новий різновид космічної речовини та охарактеризовано ранні фізико-хімічні процеси у протопланетній туманності.

За останнє десятиліття пріоритетним для колективу відділу космоекології та космічної мінералогії в НАН України було вивчення тонкозернистої речовини примітивних метеоритів. Речовина належить до реліктів пилової компоненти протопланетної туманності, з якої утворилась Земля та її мінеральні ресурси. Головні результати досліджень викладено у звітах за фундаментальними темами "Мінералогія та генезис пилової компоненти протопланетної туманності" (2006—2010), "Мінералогічні критерії умов утворення та еволюції метеоритної речовини" (2011—2015) і низці статей (В.П. Семененко, А.Л. Гіріч, Н.В. Кичань, К.О. Шкуренко, С.Н. Ширінбекова, Т.М. Горovenko):

- у примітивній речовині нерівноважного хондрита Кримка знайдено *in situ* (а не методом хімічного розчинення!) зерна ібоніту і корунду, які можуть мати досонячне походження;

- вперше у метеоритах (у хондриті Кримка) діагностовано такі самородні метали як срібло і вольфрам, а також рідкісні та нові різновиди примітивної речовини;

- зроблено висновок про акрецію материнського тіла хондрита Кримка в більш віддаленій від Сонця і більш збагаченій мінералами-конденсатами зоні протопланетної туманності, ніж зона акреції інших метеоритів;

- унаслідок додаткових досліджень хондрита Кримка знайдено та вивчено унікальні графітвмісну макрохондру і уламковий бітумвмісний ксеноліт, мінералогічні особливості яких вказують на можливість генетичного зв'язку між ними та міграційну природу бітуму;

- на підставі структурно-мінералогічної і хімічної характеристики тонкозернистої примітивної речовини в оболонках хондр, ксенолітів та в матриці хондрита Кримка зроблено висновок про хімічну неоднорідність мінерального пилу протопланетної туманності, яка могла мати як просторовий, так і хронологічний характер;

- детальне електронно-мікроскопічне вивчення мікрохондр у тонкозернистій речовині метеорита дало змогу класифікувати їх за фізичними, мінералогічними і хімічними особливостями та з'ясувати їхнє походження;

- на підставі знахідки та мінералогічного дослідження малопоширеного ясно-сірого різновиду вуглистих ксенолітів у вуглистом хондриті *Allende* зроблено висновок про різну доагломераційну історію ксеноліта та інших текстурних одиниць метеорита;

- вперше у метеоритах виділено три генетичні типи нанорозмірних зерен мінералів (конденсаційний, метаморфогенний і екзогенний);

- класифіковані за морфологічними ознаками кристали рабдиту в паласитах, ниткоподібні кристали мінералів у різних групах метеоритів і продукти вивітрювання метеоритів;

- унаслідок електронно-мікроскопічних досліджень поверхні мінеральних зерен паласитів діагностовано ниткоподібні кристали камаситу, отримано нові докази домінування скульптур ударного метаморфізму над скульптурами, що виникли у процесі консолідації материнського тіла. Дослідження недиференційованих і диференційованих метеоритів свідчить про подібність їхніх вторинних структурно-мінералогічних характеристик, виникнення яких зумовлено складною ударно-метаморфічною історією в період існування материнських тіл у поясі астероїдів, а також процесами вивітрювання метеоритних зразків у земних умовах;

- класифіковано новий український метеорит Грузьке як представник хондритів *H4*, а також вивчені особливості його ударно-метаморфічного перетворення.

Космічна мінералогія поповнилася новими кандидатськими дисертаціями: "Мінералогія та походження тонкозернистої речовини метеорита Кримка" (К.О. Шкуренко, 2016) та "Нікелісте залізо звичайних хондритів як індикатор умов утворення та еволюції материнських тіл метеоритів" (Н.В. Кичань, 2017).

Нині відділ космоекології та космічної мінералогії ІГМР НАН України виконує фундаментальні дослідження з вивчення особливостей формування метал-силікатної та вуглецьвмісної речовини в допланетний період розвитку Сонячної системи. Ця речовина є важливою складовою протопланетної туманності, примітивних метеоритів і Землі, тож її дослідження дає змогу поглибити знання щодо

первісного складу Землі і закономірностей розподілу мінеральних ресурсів у ній.

**Наномінералогія** — наймолодший розділ мінералогії. Поки що нема визнаної дефініції наномінералогії, яка вивчає структурно та морфологічно впорядковані ультрадисперсні (нанорозмірні) об'єкти. В Україні дослідження у галузі наномінералогії розгорнулися з вивчення домішкових нанорозмірних структур і наноіндивідів у породоутворювальних мінералах, пов'язаних із механізмом утворення та еволюцією твердих розчинів [16].

Нанорозмірні мінеральні об'єкти є скрізь — у метеоритах, серед глинистих мінералів, як включення у мінералах, у живих організмах. В організмі людини фізіогенні біомінерали — це мінерали, сформовані наночастинками (дія дисиметризованого середовища Луї Пастера). З численних радіоспектроскопічних та інших досліджень (О.Б. Брик, А.П. Шпак, О.М. Пономаренко та ін.), концепції симетрії-дисиметрії впливає, що в організмах людей і тварин нормально функціонують, виконуючи певні функції, лише впорядковані наномінерали. Зроблено припущення, що фізіогенні магнітні біомінерали, сформовані наночастинками, сприяють функціонуванню мозку, патогенні біомінерали спричиняють його хвороби. Біомінерали є унікальним класом наноматеріалів, у яких на нанорозмірному рівні переплетені властивості мінеральної й органічної речовини, тому вони являють собою об'єкти, перспективні для відкриття нових явищ і закономірностей, пошуку нових технологій.

Серед предметів дослідження наномінералогії — магнітні властивості нанорозмірного магнетиту, синтезованого в інтервалі 40—90 °С (Н.О. Дудченко), вплив форми та розмірів частинок магнетиту на час релаксації магнітного моменту (О.А. Калініченко), кінетика "старіння" та інші особливості штучних магнітоупорядкованих наночастинок оксидів заліза (В.П. Іваницький, О.Б. Брик, Е.В. Польшин), залежність селективного розсіювання світла від кількості, розмірів і показників заломлення нановключень у прозорих матрицях (В.М. Хоменко), морфологія глобулярних нанокристалів діаманту з Білilівської астроблеми (В.М. Квасниця та ін.), можливості використання нанокластерів для оцінки якості кварцової п'єзосировини (О.Б. Брик, А.Л. Ларіков), ультрадисперсні природні феригідрити і тех-

ногенні фази на поверхні сталі (О.М. Лавриненко).

Не викликає сумнівів наукова та практична доцільність розширення переліку природних нанооб'єктів і сконцентрувати увагу на їх дослідженні.

**Прикладна мінералогія. Пошукова мінералогія.** Після того як різко зменшився фонд родовищ, які можна легко відкрити, виникла проблема пошуку руд, що залягають на глибині. Разом із нею зародився новий напрям — *пошукова мінералогія* — як розділ прикладної мінералогії про методи та критерії пошуку і оцінки родовищ корисних копалин.

Розвиток пошукової мінералогії у 1980-х роках пов'язаний із напрацюваннями В.С. Мельникова, Д.К. Возняка, В.І. Павлишина, В.М. Квасниці, С.М. Цимбала, О.М. Платонова, А.М. Таращана, С.С. Мацюка, Г.В. Кузнецова та ін. На цьому етапі підсилено наукові засади пошукової мінералогії, зокрема, обґрунтовано нові типоморфні ознаки мінералів, що як критерії рудоносності засвідчували їхній зв'язок із процесами рудоутворення.

Одним із важливих підсумків досліджень в області прикладної мінералогії стала низка авторських свідочств, багатьох із названих вище вчених, на нові методи та критерії прогнозування, пошуку і оцінки родовищ різних видів мінеральної сировини. Загальною основою цих розробок є виявлення морфологічних, конституційних, термобарогеохімічних параметрів, парамагнітних, хромо- чи люмінофорних центрів, інших структурних дефектів, які можуть слугувати надійними індикаторами рудоутворювальних процесів, геохімічної спеціалізації родовищ, ступеня рудоносності геологічних об'єктів. Такі прогнозні та пошуково-оціночні критерії розроблені для корінних і розсіпних родовищ діаманту (за колориметричними параметрами мінералів діамант-піропової фації глибинності), родовищ і рудопроявів рідкісних металів — Та, Nb, Ве, Li, Cs (за люмінесцентними характеристиками породоутворювальних мінералів), золота (за індикаторними парамагнітними центрами і центрами люмінесценції), п'єзокварцу та коштовного каміння (за комплексом типоморфних ознак) тощо. Багато зі згаданих розробок використані для обґрунтування цільових програм, скерованих на створення і розвиток в Україні каменебарвної, рідкіснометалевої й золотої гірничорудної галузей.

**Технологічна мінералогія.** Завдання цього напрямку — вирішення проблем, що виникають на стику технології й мінералогії. Нині зміну якостей мінералів, особливо тонкодисперсної сировини, віддзеркалює ряд дисциплін: мінералогія → технологічна мінералогія → технологія → матеріалознавство.

Дослідження в області технологічної мінералогії досить розпорошені в Україні, хоча безсумнівним центром є Криворізький національний університет. У різних установах, здебільшого в безстатусних лабораторіях, вирішують такі завдання:

- створення енерго- і матеріалоощадних технологій для отримання залізорудних концентратів із окиснених залізних руд (О.М. Пономаренко, О.Б. Брик та ін.);
- вплив водного середовища на зміну магнітних характеристик оксидів і гідроксидів (Т.С. Савченко, О.Є. Гречановський, О.Б. Брик);
- перетворення природних оксидів і гідроксидів заліза з антиферомагнітною структурою в феромагнітні оксиди (О.М. Пономаренко, В.П. Іваницький, О.Б. Брик та ін.);
- синтез склокерамічних матеріалів з контрольованими фізичними властивостями (термостійкість, магнітність, прозорість та ін.) на основі мінеральних концентратів із українських родовищ (В.В. Ріпенко, В.М. Хоменко);
- особливості біовилуговування різних мінералого-технологічних типів мідьмісних руд із вулканітів Волині (Г.Г. Сидякіна, Т.В. Носальська);
- дослідження петалітових руд Полохівського родовища для отримання Li-концентрату (Т.В. Павленко та ін.).

**Гемологія.** В Україні відомо понад 300 проявів понад 40 видів каменебарвної сировини, вісім родовищ, отже, є певні перспективи відкриття нових родовищ коштовного та виробного каміння. Всебічне мінералогічне вивчення цікавих з естетичної точки зору представників мінерального царства є актуальним для оцінки ювелірних і декоративних якостей кольорового каміння та його сертифікації.

Особлива сторінка гемології в Україні пов'язана з дослідженнями природи забарвлення коштовного каміння, яке започатковано в ІГН і потужно продовжено в ІГМР НАН України (О.С. Поваренних, О.М. Платонов, М.М. Таран, В.П. Беліченко, В.М. Хоменко, С.С. Мазюк, В.В. Індутний, М.О. Литвин). Плідна сторінка розвитку гемології в Україні пов'язана

з В.В. Індутним — засновником і першим директором Державного гемологічного центру України. Розроблені ним теоретичні основи й методичні прийоми планіметричного аналізу структур мінеральних агрегатів дали змогу вивчати і об'єктивно оцінювати декоративні властивості візерункового кольорового каміння — малахіту, чароїту, родоніту, яшми тощо.

Протягом багатьох років і нині в ІГМР детально вивчають оптичні спектри і колориметричні параметри природних мінералів — берилів, топазів, турмалінів, корундів, шпінелей, гранатів, сподуменів, нефритів, скаполітів, лазуритів, амазонітів тощо та їхніх синтетичних аналогів. Сформульовано головні принципи використання методу оптичної спектроскопії в гемологічних дослідженнях, зокрема для діагностики коштовного каміння та розпізнання його імітацій, оцінки кольору каміння з традиційних і нових родовищ з метою паспортизації та сертифікації каменебарвної сировини, вперше вивчено явище так званого Мі-розсіювання, викликаного нанорозмірними включеннями в прозорих мінеральних матрицях (В.М. Хоменко). Обґрунтовано вплив цього ефекту на забарвлення природних мінералів.

Нещодавно вчені ІГМР НАН України (В.М. Хоменко, О.А. Вишневецький, А.М. Тарашан) здійснили вагомий внесок у вивчення спектрів поглинання та люмінесценції іонів лантаноїдів у силікатних матрицях — штучних аналогах мінералів, що має велике значення для розробки новітніх лазерних оптичних матеріалів, електроніки тощо. Застосування комплексу методів дало змогу дослідити будову рідкісноземельної ювелірної склокераміки різного кольору на атомно-електронному рівні, визначити електронну структуру оптично активних центрів іонів перехідних металів, з'ясувати природу забарвлення й опалесценції. Забарвлення склокераміки обумовлено домішками деяких тривалентних іонів лантаноїдів і типовими комбінаціями іонів лантаноїдів з іонами перехідних металів групи заліза. Зроблено висновок, що основна маса іонів-хромофорів у склокераміці не входить до складу нанокристалічних фаз, а залишається в матриці скла. Поза сумнівом, здобуті результати зацікавлять гемологів та виробників імітацій коштовного каміння.

**Техногенна мінералогія** — надзвичайно болюча проблема, оскільки в Україні нагрома-



джено величезну масу відходів гірничорудного виробництва ~ 30 млрд т, через що у країні найбільш докілья в Європі. Найбільша проблема існує в гірничорудних районах, передусім у Криворізькому, Донецькому басейнах, в районі соляних і сірчанних родовищ Передкарпаття. У всьому світі ця проблема вирішується шляхом утилізації відходів.

Утилізація відходів — одне з найвагоміших завдань комплексного використання вторинних мінерально-сировинних ресурсів. Актуальність його вирішення зумовлена масовим нагромадженням відходів на підприємствах, наявністю потужних потенційних споживачів, можливістю істотного скорочення обсягів видобутку руд із природних родовищ, зниженням вартості сировини, зменшенням земельних відводів для розміщення відвалів і згубного впливу техногенних скупчень на довкілля. У такому контексті утилізація відходів — це, передусім, проблема мінералогічна. Йдеться про "перетворення" шкідливих відвалів у корисні руди для діючих підприємств, що лише на користь економіці України.

**Екологічна мінералогія** — новий науковий напрям, покликаний висвітлювати природу та наслідки біомінеральної взаємодії. Мінерали відіграють і позитивну, і негативну роль у житті кожної людини та людства загалом. Які мінерали і коли стають шкідливими, навіть смертельно небезпечними, у чому особливість їх хімічного складу, кристалічної структури, форми та розміру? Це питання вивчено недостатньо. Екологічну мінералогію нині сприймають як вчення про просторові закономірності формування та розподілу в геологічному середовищі біоактивних мінералів, дія або виникнення яких тісно пов'язані з технічною діяльністю людей, насамперед із розвідкою, видобутком, переробкою та споживанням мінеральної сировини. Ця дефініція зближує екологічну мінералогію з регіональною мінералогією.

Дія мінералів на живий організм — дистанційна, дотикова, пневмонічна та харчова — має негативні фізіологічні та спадкові наслідки. Є всі підстави стверджувати, що нині проблеми "людина і камінь", "мінеральні ресурси та екологія" є дуже гострими, невідкладними, катастрофічно небезпечними для людства, тому вимагають уваги, ґрунтового аналізу, професіоналізму, активних дій. На мінеральному рівні цю проблему висвітлено у монографії "Екологічна мінералогія України" [7]. Розробки

(В.В. Радчук, О.Б. Брик, Ф.В. Зузук, Б.Г. Шабалін, В.О. Дяків, А.І. Самчук, І.В. Кураєва, А.С. Литовченко, Р.О. Пушкарьова, І.Л. Комов та ін.), що стосуються ретроспективної дозиметрії, забруднення довкілля отруйними металами, пошуку природних і штучних сполук для локалізації радіонуклідів, критеріїв виявлення силікатів, здатних нагромаджувати та утримувати тритій у кристалічних структурах, пошуку мінералогічних протекторів дезінтеграції соляно-глинистих порід у випадку мокрої консервації виробок калійних родовищ, з'ясування впливу рудних покладів на здоров'я людей тощо — належать до здобутків екологічної мінералогії.

**Музейна справа.** Більшість великих музеїв з мінералогічними експонатами, які зазвичай називаються національними або музеями натуральної історії, виникли у XVIII—XX ст. В Україні налічується 14 музеїв і експозицій, де представлені зразки мінералів і вироби з них. Більшість з них підпорядковані національним університетам — Львівському, Харківському, Київському, Одеському, Дніпровському, Криворізькому, Донецькому технічному, і лише один з них є офіційною установою НАН України. Це — Геологічний музей Національного науково-природничого музею (ННПМ) НАН України, у спеціалізованому підрозділі якого відкрита для огляду одна з найкращих колекцій мінералів України, насамперед із гірничорудних районів, що налічує 1451 експонат [11]. Музей посідає чільне місце серед усіх природничих музейних закладів країни, має періодичне видання "Вісник Національного науково-природничого музею НАН України" і невеликий, але потужний науковий колектив [8]. ННПМ НАН України був одним із організаторів Міжнародної конференції "Природничі музеї та їх роль в освіті і науці" (Київ, 2015).

Велике впорядковане зібрання мінералів, започатковане в 1978 р. ініціативою і колекціями двох видатних академіків АН УРСР Є.К. Лазаренка і О.С. Поваренних, існує в ІГМР. Розширення колекції відбувалось за рахунок зразків, зібраних під час експедиційних виїздів, і подарунків приватних осіб. Нині колекційний фонд нараховує понад 5000 зразків, майже 1000 мінеральних видів і різновидів. Мінералогічна колекція ІГМР НАН України — унікальне зібрання мінералів, насамперед України, вона репрезентує Карпатський регіон, Воли-

но-Подільську плиту, Український щит, Донецьку складчасту область і Крим. Бажано якомога швидше на інвестиційні кошти реформувати цю колекцію, упорядкувати її відповідно до структури сучасної мінералогії, надати колекції музейний статус. Для цього треба просити Президію НАН України ухвалити Постанову з двох пунктів:

1. Надати мінералогічній колекції ІГМР НАН України статус Мінералогічного музею.

2. Назвати Мінералогічний музей іменем В.І. Вернадського.

Це сприятиме реалізації заклику В.І. Вернадського: "...без мінералогических собраний немыслимо развитие минералогии".

**Висновки.** 1. Кадровий вакуум, природна втрата наукових кадрів старшого покоління і нестача молоді — це першочергова в Україні перешкода розвитку мінералогії, яку необхідно невідкладно й ефективно долати.

2. Вітчизняні мінералогічні школи за всяку ціну треба зберегти, розвивати та зміцнювати новими здобутками.

3. Потрібно урахувати велике значення розвитку мінералогії в Україні для нарощування її ресурсного потенціалу. Доцільно ствердити в кризовий період такий магістральний шлях досліджень: розвивати всі наукові напрями мінералогії, але з акцентом на надання пріоритетного значення регіонально-мінералогічним і прикладним роботам.

4. Вирішити назрілу в Україні проблему — від теорії до практики — шляхом створення інноваційної моделі розвитку, в якій гармонійна єдність освіти з наукою є запорукою високої якості освіти та сталого розвитку економіки.

5. Актуальним питанням в Україні є створення нових гірничорудних галузей: рідкісно-металевої, золоторудної, міднорудної, кварцоворудної, каменебарвної, сировина для яких наявна у надрах держави.

6. Подальші успіхи — у пізнанні ще не розкритих таємниць мінеральної речовини, в розшифровці унікальної генетичної інформації, закодованої у конституції й властивостях природних мінералів, у ретельному вивченні мінерального світу й сировинної бази нашої держави. Досягнення цих успіхів залежить від істотної та оперативної модернізації лабораторної бази мінералогічних досліджень в Україні. Вирішення цієї досить гострої проблеми стає найголовнішим фактором у збереженні та зміцненні світового статусу вітчизняної мінералогічної науки.

7. Ні на йоту не втратило актуальності перзріле завдання українських мінералогів — упорядкувати наукову термінологію й номенклатуру українських назв мінералів і створити врешті-решт "Мінералогічну енциклопедію України", як це планував Є.К. Лазаренко, виконати завдання, яке ставив В.І. Вернадський 100 років тому.

## ЛІТЕРАТУРА

1. *Азовское редкоземельное месторождение Приазовского мегаблока Украинского щита (геология, минералогия, геохимия, генезис, руды, комплексные критерии поисков, проблемы эксплуатации)* / Под ред. А.Н. Пономаренко и А.В. Анциферова. — Донецк : Ноулидж, 2012. — 374 с.
2. *Вернадский В.И.* Дневники. 1917—1921. — Киев : Наук. думка, 1994. — 270 с.
3. *Бондаренко С.Н., Нечаев С.В., Сыродоев Н.Ф.* Теллуридные минеральные ассоциации в Майском золоторудном месторождении (Украинский щит) // Геол. журн. — 1993. — № 5. — С. 30—36.
4. *Возняк Д.К.* Мікрровклучення та реконструкція умов ендегенного мінералоутворення. — Київ : Наук. думка, 2007. — 280 с.
5. *Володимир Степанович Мельников.* Наук.-довід. видання / Ін-т геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України. — К., 2011. — 50 с.
6. *Гречановский А.Е.* Радиационная устойчивость природных и искусственных минеральных матриц для долговременной и экологически-безопасной утилизации высокоактивных радиоактивных отходов. — Киев : Логос, 2012. — 127 с.
7. *Довгий С.О., Павлишин В.І.* Екологічна мінералогія України. — Київ : Наук. думка, 2003. — 152 с.
8. *Ємельянов І.Г., Червоненко О.В., Гриценко В.П. та ін.* Національний науково-природничий музей НАН України: Геологічний. Палеонтологічний. Зоологічний. Ботанічний. — Київ : Горобець, 2012. — 176 с.
9. *Зінченко О., Павлишин В., Васинюк А.* Хронологія відкриття мінералів у надрах України // Мінерал. зб. — 2012. — № 62, вип. 1. — С. 31—37.
10. *Історія Академії наук України. 1918—1923.* Документи і матеріали / П.С. Сохань (відп. ред.). — Київ : Наук. думка, 1993. — 570 с.
11. *Король Р.Ф., Комар Ю.Г., Русько Ю.О.* Мінерали Геологічного музею. Каталог. — Київ, 2008. — 153 с.
12. *Матковський О.І., Павлишин В.І.* Стан і перспектива розвитку регіонально-мінералогічних досліджень в Україні. — Львів, 1998. — 76 с.

13. *Матковський О., Наумко І., Павлунь М.* Термобарогеохімічна школа професора Миколи Порфіровича Єрмакова та її внесок у розвиток генетичної мінералогії й учення про родовища корисних копалин // *Мінерал. зб.* — 2017. — № 67, вип. 1. — С. 3—37.
14. *Мінерали Українських Карпат. Процеси мінералоутворення* / Гол. ред. О.І. Матковський. — Львів : ВЦ Львів. нац. ун-ту, 2014. — 584 с.
15. *Мінерали Українських Карпат. Силікати* / Гол. ред. О.І. Матковський. — Львів : ВЦ Львів. нац. ун-ту, 2011. — 520 с.
16. *Павлишин В.І., Платонов О.М., Брик О.Б., Возняк Д.К., Квасниця В.М., Курепін В.О., Мельников В.С., Міцюк Б.М., Семененко В.П., Таращан А.М.* Мінералогія у Національній академії наук України // *Мінерал. журн.* — 2008. — **30**, № 3. — С. 7—37.
17. *Петрологія, геофізика і рудоносність редкометальних гранитів Приазов'я (Український щит)* / Е.М. Шеремет, Е.В. Седова, С.Н. Стрекозов, С.Г. Кривдик. — Донецьк : Ноулідж, 2013. — 214 с.
18. *Платонов А.Н., Таран М.Н.* Оптичні спектри і окраска природних гранатів. — Київ : Наук. думка, 2018. — 256 с.
19. *Платонов А.Н., Хоменко В.М., Таращан А.Н.* Оптична спектроскопія і люмінесценція породообразуючих слюд і хлоритів. — Київ : Наук. думка, 2013. — 297 с.
20. *Пономаренко О.М., Кривдик С.Г., Дубина О.В.* Ендегенні ільменіт-апатитові родовища Українського щита (геохімія, петрологія та мінералогія). — Донецьк : Ноулідж, 2012. — 230 с.
21. *Семененко В.П.* Мінералогія досонячних зерен // *Геохімія та рудоутворення.* — 2009. — Вип. 27. — С. 92—94.
22. *Шеремет Е.М., Кривдик С.Г., Стрекозов С.Н.* Перспективи обнаруження месторождений редкоземельного оруденения нового типа в Приазовье Украинского щита. — Харьков : ФЛП Мезина В.В., 2017. — 244 с.

Надійшла 31.05.2018

## REFERENCES

1. Sheremet, E.M., Melnikov, V.S., Strekozov, S.N., Kozar, N.A., Voznyak, D.K., Kulchytska, H.O., Kryvdik, S.G., Borodyna, B.V., Volkova, T.P., Sedova, E.V., Omelchenko, A.A., Nikolaev, I.Yu., Nikolaev, Yu.I., Setaya, L.D., Agarkova, N.G., Grechanovskaya, E.E., Foshchii, N.V. and Ekaterinenko, V.N. (2012), *The Azov rare-earth deposit of the Azov Sea region megablock of Ukrainian Shield (geology, mineralogy, geochemistry, genesis, ores, integrated exploration criteria, problems of exploitation)*, Noulidzh press, Donetsk, UA, 374 p.
2. Vernadskiy, V.I. (1994), *Dnevnyki. 1917-1921*, Nauk. dumka, Kyiv, UA, 270 p.
3. Bondarenko, S.N., Nechayev, S.V. and Syrodov, N.F. (1993), *Geologicheskii zhurnal*, No. 5, Kyiv, UA, pp. 30-36.
4. Voznyak, D.K. (2007), *Micro inclusion and reproduce the conditions of endogenous mineral formation*, Nauk. dumka, Kyiv, UA, 280 p.
5. Voznyak, D.K. (ed.) (2011), *Volodymyr Stepanovych Melnykov*, Nauk.-dovidkove vydannya, M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NAS of Ukraine, Kyiv, UA, 50 p.
6. Grechanovskiy, A.Ye. (2012), *Radiatsionnaya ustoychivost prirodnykh i iskusstvennykh mineralnykh matrits dlya dolgovremennoy i ekologicheskii-bezopasnoy utilizatsii vysokoaktivnykh radioaktivnykh otkhodov*, Logos press, Kyiv, UA, 127 p.
7. Dovgii, S.O. and Pavlyshyn, V.I. (2003), *Ekologichna mineralogiya Ukrayiny*, Nauk. dumka, Kyiv, UA, 152 p.
8. Emelyanov, I.G., Chervonenko, O.V., Gritsenko, V.P. and et al. (2012), *Natsionalniy naukovoprirdnichiy muzey NAN Ukrayiny, Geologichniy. Paleontologichniy. Zoologichniy. Botanichniy*, Gorobets press, Kyiv, UA, 176 p.
9. Zinchenko, O., Pavlyshyn, V. and Vasynyuk, A. (2012), *Mineral. zb.*, No. 62, Vyp. 1, Lviv, UA, pp. 31-37.
10. Sohan, P.S. (ed.) (1993), *Istoriya Akademii nauk Ukrayiny. 1918-1923. Dokumenty i materialy*, Nauk. dumka, Kyiv, UA, 570 p.
11. Korol, R.F., Komar, Yu.G. and Rusko, Yu.O. (2008), *Mineraly Geologichnogo muzeyu. Katalog*, Kyiv, UA, 153 p.
12. Matkovskiy, O.I. and Pavlyshyn, V.I. (1998), *Stan i perspektiva rozvytku regionalno-mineralogichnykh doslidzhen v Ukrayini*, Lviv, UA, 76 p.
13. Matkovskiy, O., Naumko, I. and Pavlun, M. (2017), *Mineralogichniy zbirnyk*, No. 67, Vyp. 1, Lviv, UA, pp. 3-37.
14. Matkovskiy, O.I. (ed.) (2014), *Mineraly Ukrayinskykh Karpat. Protsepy mineraloutvorennya*, Vydavnuch. Tsentrv Lviv Nats. Univ., Lviv, 584 p.
15. Matkovskiy, O.I. (ed.) (2011), *Mineraly Ukrayinskykh Karpat. Sylikaty*, Vydavnych. Tsentrv Lviv Nats. Univ., Lviv, 520 p.
16. Pavlyshyn, V.I., Platonov, O.M., Brik, A.B., Voznyak, D.K., Kvasnytsya, V.M., Kurepin, V.O., Melnykov, V.S., Mitsyuk, B.M., Semenenko, V.P. and Tarashchan, A.M. (2008), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 30, No. 3, Kyiv, UA, pp. 7-37.
17. Sheremet, Ye.M., Sedova, Ye.V., Strekozov, S.N. and Kryvdik, S.G. (2013), *Petrologiya, geofizika i rudonosnost redkometalnykh granitov Priazovya (Ukrainskiy shchit)*, Noulidzh press, Donetsk, UA, 214 p.
18. Platonov, A.N. and Taran, M.N. (2018), *Opticheskiye spektry i okraska prirodnykh granatov*, Nauk. dumka, Kyiv, UA, 256 p.
19. Platonov, A.N., Khomenko, V.M. and Tarashchan, A.N. (2013), *Opticheskaya spektroskopiya i lyuminesentsiya porodooobrazuyushchikh slyud i khloritov*, Nauk. dumka, Kyiv, UA, 297 p.
20. Ponomarenko, O.M., Kryvdik, S.G. and Dubyna, O.V. (2012), *Endogenni ilmenit-apatytovi rodovyshcha Ukrayinskogo shchyta (geokhimiya, petrologiya ta mineralogiya)*, Noulidzh press, Donetsk, UA, 230 p.

21. Semenenko, V.P. (2009), *Geokhimiya ta rudoutvorenniya*, Вып. 27, Kyiv, UA, pp. 92-94.  
22. Sheremet, Ye.M., Kryvdik, S.G. and Strekozov, S.N. (2017), *Perspektivy obnaryzheniya mestorozhdeniy redkozemel'nogo orudneniya novogo tipa v Priazovye Ukrainskogo shchita*, FLP Mezina V.V. press, Kharkov, UA, 244 p.

Received 31.05.2018

*В.И. Павлишин<sup>1</sup>, С.Н. Бондаренко<sup>1</sup>, А.Б. Брик<sup>1</sup>, Д.К. Возняк<sup>1</sup>, Е.А. Ильченко<sup>1</sup>,  
А.М. Калиниченко<sup>1</sup>, В.Н. Квасница<sup>1</sup>, А.А. Кульчицкая<sup>1</sup>, Т.Н. Лупашко<sup>1</sup>, И.М. Наумко<sup>2</sup>,  
В.П. Семеновко<sup>1</sup>, М.Н. Таран<sup>1</sup>, А.Н. Таращан<sup>1</sup>, В.М. Хоменко<sup>1</sup>, Д.С. Черныш<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення

ім. Н.П. Семеновко НАН України

03142, м. Київ, Україна, пр-т Акад. Палладина, 34

E-mail: V.I.Pavlyshyn@gmail.com

<sup>2</sup> Інститут геології та геохімії горючих ископаємих НАН України,

79060, м. Львів, Україна, ул. Наукова, 3-а

E-mail: igggk@mail.lviv.ua

#### МИНЕРАЛОГИЯ В НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК УКРАИНЫ

(к 100-летию НАН УКРАИНЫ)

Статья посвящена истории развития минералогических знаний в Украине со времени создания в 1918 г. Украинской академии наук, наиболее детально описано последнее десятилетие. Кратко освещена роль академика В.И. Вернадского в развитии минералогии в Украине. Рассмотрены основные достижения ученых НАН Украины в разных областях этой фундаментальной дисциплины в цикле наук о Земле — региональной, систематической и генетической минералогии, кристаллохимии и физики минералов, минералогической кристаллографии, био- и наноминералогии, экспериментальной, космической и прикладной минералогии, музейного дела и пр. Акцентировано внимание на основных проблемах и задачах минералогии в Украине. Оценен вклад украинских ученых в развитие мировой минералогической науки.

**Ключевые слова:** В.И. Вернадский, региональная и генетическая минералогия, кристаллохимия и физика минералов, минералогическая кристаллография, биоминералогия, наноминералогия, экспериментальная, космическая и прикладная минералогия.

*V.I. Pavlyshyn<sup>1</sup>, S.M. Bondarenko<sup>1</sup>, A.B. Brik<sup>1</sup>, D.K. Voznyak<sup>1</sup>, K.O. Ilchenko<sup>1</sup>,  
A.M. Kalinichenko<sup>1</sup>, V.M. Kvasnytsya<sup>1</sup>, H.O. Kulchytska<sup>1</sup>, T.M. Lupashko<sup>1</sup>, I.M. Naumko<sup>2</sup>,  
V.P. Semenenko<sup>1</sup>, M.M. Taran<sup>1</sup>, A.M. Tarashchan<sup>1</sup>, V.M. Khomenko<sup>1</sup>, D.S. Chernysh<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy

and Ore Formation of the NAS of Ukraine

34, Acad. Palladin Ave., Kyiv, Ukraine, 03142

E-mail: V.I.Pavlyshyn@gmail.com

<sup>2</sup> Institute of Geology and Geochemistry

of Combustible Minerals of the NAS of Ukraine

3a, Naukova Str., Lviv, Ukraine, 79060

E-mail: igggk@mail.lviv.ua

#### MINERALOGY AT THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF UKRAINE

(on the 100<sup>TH</sup> ANNIVERSARY of the NATIONAL ACADEMY of SCIENCES of UKRAINE)

The paper is dedicated to the history of development of mineralogical knowledge in Ukraine since the time of formation of the Ukrainian Academy of Sciences in 1918, with emphasis on the contemporary modern state of mineralogy in Ukraine. It highlights the diverse scientific and organizational activities of V.I. Vernadsky in Kyiv, which was aimed at the creation of the Ukrainian Academy of Sciences and development of the scientific foundations of geological functioning cells — departments, institutes, commissions and museums. Main achievements of scientists from NAS of Ukraine in various fields of mineralogy such as regional, systematic and genetic mineralogy, crystallochemistry and physics of minerals, crystallography, biomineralogy, nanomineralogy, experimental, space and applied mineralogy are briefly discussed. The main tasks of the mineralogy in Ukraine are shortly characterized. The most important problems are distinguished. Contribution of Ukrainian scientists to development of the world mineralogical science has been emphasized.

**Keywords:** mineralogy of the NAS of Ukraine, V.I. Vernadsky, regional and genetic mineralogy, crystallochemistry and physics of minerals, crystallography, biomineralogy, nanomineralogy, experimental, space mineralogy.