

**MINERALOGICAL
COLLECTION**

N 72

Published since 1947

**МІНЕРАЛОГІЧНИЙ
ЗБІРНИК**

№ 72

Виходить з 1947 р.

Ivan Franko
National University of Lviv

Львівський національний
університет імені Івана Франка

2022

Засновник: ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ФРАНКА

Друкується за ухвалою Вченої Ради
Львівського національного університету
імені Івана Франка.
Протокол № 36/10 від 05.10.2022 р.

Свідоцтво про державну реєстрацію
серія КВ № 14604-3575Р від 29.10.2008 р.,
перереєстровано як фахове видання України
(наказ Міністерства освіти і науки України
№ 747 від 13.07.2015 р.)

Збірник, присвячений 110-річчю від дня народження акад. Є. Лазаренка, містить статті з теоретичної, регіональної й генетичної мінералогії, мінералогічної кристаллографії, геохімії доквілля, історії мінералогії, а також розділ “Хроніка”.

Collection dedicated to the 110th anniversary of Acad. Ye. Lazarenko, contains articles on theoretical, regional and genetic mineralogy, mineralogical crystallography, environmental geochemistry, history of mineralogy, as well as the “Chronicle” section.

Редакційна колегія:

д-р геол.-мін. наук, проф. *Орест Матковський* (головний редактор), канд. геол.-мін. наук, доц. *Ірина Побережська* (заступник головного редактора), канд. геол.-мін. наук, доц. *Євгенія Сливко* (відповідальний секретар), д-р філософії, проф. *Maciej Babel* (Польща), канд. геол.-мін. наук, доцент *Лариса Генералова*, д-р геол. наук, член-кор. НАН України, проф. *Ігор Наумко*, канд. геол.-мін. наук, ст. наук. співробітник *Андрій Побережський*, канд. геол. наук, ст. дослідник *Мирослава Яковенко*.

Editorial Board:

Professor *O. Matkovskyi* – Editor-in-Chief,
Associate Professor *I. Poberezhska* – Assistant Editor,
Associate Professor *Ye. Slyvko* – Managing Editor

Відповідальний за випуск: д-р геол.-мін. наук, проф. *Орест Матковський*
Упорядник: канд. геол.-мін. наук, доц. *Євгенія Сливко*

Адреса редколегії:

Львівський національний університет імені
Івана Франка, геологічний факультет,
вул. Грушевського, 4, Львів, Україна, 79005
тел. (38)(032)239-47-00

Editorial office address:

Ivan Franko National University of Lviv,
Faculty of Geology,
4, Hrushevskoho St., Lviv, Ukraine, 79005
tel.: (38)(032)239-47-00

<http://publications.lnu.edu.ua/collections/index.php/mineralogy>

Редактор Н. ПЛИСА

Комп'ютерна верстка Є. СЛИВКО

АДРЕСА РЕДАКЦІЇ, ВИДАВЦЯ І ВИГОТОВЛЮВАЧА:
Львівський національний університет
імені Івана Франка,
вул. Університетська, 1, Львів, Україна, 79000.
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої
справи до Державного реєстру видавців,
виготівників і розповсюджувачів видавничої
продукції. Серія ДК № 3059 від 13.12.2007 р.

Формат 70×100/16.
Умовн. друк. арк.
Тираж 50 прим. Зам.

© Львівський національний університет
імені Івана Франка, 2022



Збірник присвячено

110-річчю від дня народження академіка **Євгена Лазаренка** –
видатного українського вченого-мінералога, організатора геологічного
факультету (1945) та Львівського геологічного товариства (1945),
засновника “Мінералогічного збірника” (1947),
ректора Львівського державного університету імені Івана Франка
(1951–1963)

УДК 001-057.4:549(477)

Орест Матковський¹, Євгенія Сливко²

Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, Львів, Україна, 79005

¹mineral@lnu.edu.ua; <https://orcid.org/0000-0001-7632-6080>

²emslivko@i.ua; <https://orcid.org/0000-0002-2731-0602>

ЛАЗАРЕНКІВСЬКИЙ ПЕРІОД РОЗВИТКУ МІНЕРАЛОГІЇ В УКРАЇНІ

Стисло проаналізовано львівський і київський періоди життєвого й творчого шляху акад. Євгена Лазаренка, його внесок у розвиток майже всіх тогочасних напрямів мінералогії (більшість з яких він і започаткував), як-от регіональна мінералогія, теоретичні проблеми мінералогії, генетична мінералогія, космічна мінералогія, мінералогічна кристалографія, прикладна мінералогія, історія науки. Схарактеризовано найвагоміші здобутки Є. Лазаренка у розвитку мінералогії загалом та України, зокрема. Вони відображені в сотнях статей, десяти фундаментальних монографіях, шести виданнях підручника з мінералогії, “Мінералогічному словнику”, започаткованій і сформованій потужній українській мінералогічній школі. Лазаренківський період розвитку мінералогії справедливо названо золотим віком мінералогії в Україні.

Ключові слова: академік Євген Лазаренко, Львів, Київ, мінералогія, регіональна мінералогія, підручник з мінералогії, “Мінералогічний словник”, українська мінералогічна школа.

DOI: <http://dx.doi.org/10.30970/min.72.01>

Двадцять шостого грудня 2022 р. минає 110 років від дня народження Євгена Костянтиновича Лазаренка – видатного українського мінералога, науковця й педагога, доктора геолого-мінералогічних наук, професора, академіка АН України, заслуженого діяча науки і техніки України, лауреата Державної премії в галузі науки і техніки України (посмертно), талановитого організатора науки й освіти, активного громадського діяча, основоположника всесвітньовідомої наукової мінералогічної школи, яка нині має його ім'я.

Народився Євген Лазаренко на Слобожанщині, у Харкові. У його життєвій і творчій біографії виділено чотири головні періоди [14]. Харківсько-воронезький (університетський) період – це дитинство, юність, шкільні роки й перші спроби наукового пошуку, перші успіхи на ниві науково-педагогічної діяльності й організації навчального процесу. Уральський (академічний) період охоплює тяжкі роки Другої світової війни й евакуації, важливі наукові дослідження з мінералогії мідно-цинкових колчеданових родовищ Середнього Уралу. Львівський (університетсько-академічний) період – час найактивнішої праці, спрямованої на вирішення важливих науково-педагогічних і організа-

ційних проблем. Це був період розквіту таланту Є. Лазаренка як ученого, педагога, організатора науки й освіти, громадського діяча та появи перших фундаментальних науково-педагогічних праць. Київський (академічний) період пов'язаний з найактивнішою (на жаль, нетривалою) науково-організаторською діяльністю, створенням нових фундаментальних праць з мінералогії та виданням першого україномовного мінералогічного словника.

Євген Костянтинівич відійшов у вічність 1 січня 1979 р. на 67-му році життя, у розквіті творчих сил і бажанні активної праці. Однак творчий період його діяльності (з другої половини 1930-х років) був надзвичайно насичений, бурхливий і продуктивний. Внесок ученого в розвиток мінералогії за цей час висвітлено в численних публікаціях, серед яких зазначимо такі: біобібліографічне видання “Євген Костянтинівич Лазаренко” [2]; матеріали наукової конференції, присвяченої 80-річчю від дня народження академіка Є. Лазаренка [11]; два літературно-публіцистичні видання – “Академік Євген Лазаренко. Нарис про життєвий і творчий шлях, спогади, фотоальбом” [8] і “Євген Лазаренко – видатна постать ХХ століття” [9]; окремий номер “Мінералогічного журналу”, присвячений пам’яті Є. Лазаренка [13]; перша книга “Історії мінералогії в Україні” – “Від глибокої давнини до 90-х років ХХ ст.” [14]; наша доповідь “Золотий вік в історії мінералогії України”, виголошена на ІХ з’їзді Українського мінералогічного товариства (УМТ) й опублікована в “Записках УМТ” [12] – у ній золотий вік мінералогії названо ще Лазаренківським віком.

Наша мета – проаналізувати Лазаренківський період розвитку мінералогії в Україні, висвітлити найважливіші результати мінералогічних досліджень цього часу та внесок української мінералогічної школи акад. Є. Лазаренка в розвиток мінералогії.

Найважливіші результати мінералогічних досліджень часів Євгена Лазаренка. Перші кроки науково-педагогічної діяльності Є. Лазаренка пов’язані з Харковом. Уже 1936 р. у “Наукових записках Харківського університету” з’явилися перші його публікації, написані українською мовою. Дві з них присвячені мінералогії Нагольної-Тарасівського поліметалевого родовища, а 1937 р. він захистив кандидатську дисертацію на тему “Мінералогія свинцево-цинкових месторождений Нагольной Тарасовки в Донбассе”.

У 1938 р. Є. Лазаренка за конкурсом було обрано доцентом кафедри мінералогії і петрографії Воронежського університету, а 1939 р. йому присвоєно вчене звання доцента. Власне з цього часу почалася його педагогічна й організаторська діяльність. Він став спочатку заступником, а згодом – деканом геологічного факультету, читав курс “Рудні і нерудні корисні копалини”. З’явилися його публікації, присвячені мінералогії Донецького басейну, зокрема, донбаситам як новій групі мінералів у Донбасі, мінералогії свинцево-цинкових родовищ Нагольної Тарасівки, срібловмісному тетраедриту цього родовища й алофанюїдам Липецького залізорудного родовища (1939–1941).

У 1942 р. Є. Лазаренка разом з родиною евакуювали на Урал, у м. Свердловськ, де до 1944 р. він працював старшим науковим співробітником у Гірничо-геологічному інституті Уральської філії АН СРСР. Тут він досліджував мінералогію колчеданово-поліметалевих родовищ Уралу; результати цих робіт узагальнені в докторській дисертації й опубліковані у Львові вже після війни.

Наприкінці 1944 р. учений повернувся в Україну і чверть століття працював у Львівському державному університеті імені Івана Франка й частково – в Інституті геології



Доцент Є. Лазаренко (перший праворуч) на виробничій практиці зі студентами геологічного факультету Воронежського університету, 1940. Перший ліворуч – О. Сидоренко, у майбутньому академік, міністр геології СРСР і віце-президент АН СРСР.



Євген Лазаренко (перший ліворуч), Д. Григор'єв (другий ліворуч), Б. Мерліч (перший праворуч) серед співробітників Гірничо-геологічного інституту Уральської філії АН СРСР, 1943.

корисних копалин АН УРСР (нині Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України). Львівський період – це надзвичайний злет Євгена Костянтиновича як педагога й науковця, організатора наукової роботи, навчального процесу, видавничої справи, як літературознавця й культурознавця. Кафедра мінералогії, яку він очолив, швидко стала центром мінералогічної думки не тільки в Україні, а й за її межами. У 1945 р. Є. Лазаренко організував геологічний факультет і став його деканом. Цього ж року з його ініціативи створено Львівське геологічне товариство (ЛГТ), яке швидко завойовувало міжнародний авторитет. За сприяння Євгена Костянтиновича бібліотека ЛГТ уже 1949 р. налагодила обмін різноманітною геологічною літературою з 45 бібліотеками країни й 183 бібліотеками інших держав; у той час за поповненням вітчизняною й зарубіжною геологічною літературою і фондами бібліотеку вважали чи не найліпшою в закладах вищої освіти країни. Розпочато активну видавничу діяльність, зокрема, з ініціативи Є. Лазаренка створено “Мінералогический сборник” (перше в Україні періодичне фахове видання мінералогічного спрямування) і низку інших видань, зокрема, “Вопросы минералогии осадочных образований”.



Члени ДЕКА геологічного факультету, 1948. Зліва направо: Є. Лазаренко, В. Соболев, Б. Порфир'єв, О. Вялов, М. Єрмаков.

У 1947 р. Є. Лазаренко захистив докторську дисертацію на тему “Мінералогія медно-цинкових месторождений Среднего Урала”, а 1948 р. йому присвоєно вчене звання професора. З 1949 р. він став проректором, а з 1951 р. – ректором Львівського університету (на цій посаді він пропрацював до 1963 р.). У 1951 р. його обрано членом-кореспондентом АН УРСР.

Особливе місце у львівській діяльності Є. Лазаренка посідають педагогічна й навчально-методична робота і підготовка кадрів через аспірантуру. Чверть віку він читав студентам повний курс мінералогії та спецкурси з мінералогії України й генетичної

мінералогії; підготував і опублікував шість видань підручника “Курс мінералогії” (три – російською, два – українською і одне – китайською мовою), кожне з яких відрізнялося якістю й новизною, а також монографічне зведення “Основы генетической минералогии” (за матеріалами спецкурсу).



Євген Лазаренко (другий праворуч) зі студентами (зліва направо: М. Габінет, О. Фурман, Г. Смирнов, С. Дромашко, Т. Изотова, Ю. Пекун) біля входу в шахту комбінату “Березівзолото” на Уралі, 1949.

На повну силу розкрився талант Євгена Костянтиновича як ученого й педагога, організатора навчального процесу та мінералогічних досліджень, до яких він активно залучав науковців і педагогів з інших кафедр (професори В. Соболев, М. Єрмаков, Г. Піотровський та ін.). З ініціативи Є. Лазаренка в університеті почали тісно співпрацювати з відомими вченими й педагогами не тільки окремих республік СРСР, а й інших країн світу. Львів за короткий час став одним із провідних мінералогічних центрів України, а Львівський університет здобув славу справжньої кузні з підготовки геологічних кадрів, у тім числі науково-педагогічних через аспірантуру.

Особливу роль у розвитку мінералогії відіграв уже згаданий “Мінералогічний збірник”, який швидко отримав міжнародне визнання. У ньому друкували праці, у яких фактично започатковано структурну мінералогію і кристалохімію, мінералогічну кристалографію, вивчення включень у мінералах, регіональну та космічну мінералогію. Тривалий час у збірнику публікували знамениті нариси зі структурної мінералогії академіка М. Белова. Недарма проф. І. Шафрановський писав, що ці нариси становлять епоху в розвитку структурної мінералогії, а заслуги Є. Лазаренка у створенні “Мінералогічного збірника” й організації публікації “Нарисів” важко переоцінити [16].



Євген Лазаренко розповідає учасникам IV з'їзду КБГА про геологічні експонати біля корпусу геологічного факультету Львівського університету, 1958.



Учасники першого засідання комісії КБГА у дзеркальній залі Львівського університету, 1961.
Зліва направо: у першому ряді – Г. Піотровський, С. Родіонов, С. Карамата (Югославія),
Є. Лазаренко, В. Янович (Румунія), І. Костов (Болгарія), Я. Глогочовський (Польща).

Уже з перших років роботи у Львівському університеті Євген Костянтинович спрямував свої зусилля на вивчення мінерально-сировинних ресурсів західних областей України, а згодом також інших регіонів. За порівняно короткий час зі співробітників, аспірантів і ліпших студентів геологічного факультету він сформував колективи, які розпочали детальні регіонально-мінералогічні дослідження найважливіших геологічних об'єктів України. Роботи завершилися появою перших колективних фундаментальних монографічних зведень з мінералогії вивержених комплексів Західної Волині, осадових утворень Передкарпаття й мінералогії Закарпаття (за авторства й редакцією Є. Лазаренка) та низки тематичних регіонально-мінералогічних монографій (теж за редакцією Є. Лазаренка).

У цих працях, які високо оцінила геологічна громадськість, засвідчено, що регіонально-мінералогічні дослідження, по-перше, дають ключ до розшифрування геологічної історії й тих фізичних і хімічних змін мінералів і мінеральних асоціацій, за якими звичайно цю історію відтворюють, по-друге, – слугують однією з головних умов для прогнозування, розшуків та оцінювання родовищ корисних копалин, по-третє, – є джерелом усебічної інформації про мінерали, на підставі якої вчені розробляють мінералогічні теорії й закони. Саме це спонукало Є. Лазаренка наприкінці 1960-х років до започаткування багаторічної науково-дослідної держбюджетної теми республіканського значення “Мінералогія України”, мета якої – реалізація його задуму щодо створення монографічного зведення з мінералогії України. Однак 1969 р. ініціатор теми та її науковий керівник Є. Лазаренко переїхав до Києва, тому рамки досліджень звузили. Основну увагу зосереджено, головню, на детальному вивченні типоморфізму окремих породоутворювальних, акцесорних і рудоутворювальних мінералів, мінералогії найцікавіших з практичного погляду геологічних об'єктів та мінералогії космічних тіл – метеоритів. До цих досліджень Євген Костянтинович активно залучав учених з інших кафедр: кристалографії (Г. Піотровський та ін.), петрографії (В. Соболев, Д. Бобровник та ін.), загальної геології (М. Єрмаков та ін.), а також геологів-практиків з виробничих геологічних організацій.

Основні результати досліджень перших п'яти років (за участю й під керівництвом Є. Лазаренка) висвітлено в численних наукових статтях і узагальнено в монографіях, присвячених мінералогії Поділля (Лазаренко, Сребродольський, 1969), мінералогії і петрографії Чивчинських гір Українських Карпат (Матковський, 1971), мінералоутворювальним флюїдам і парагенезисам мінералів у пегматитах заніркового типу (відп. ред. В. Калужний, 1971), літогенезу сірчаних родовищ Передкарпаття (Колтун, Роскош, Сеньковський, Ясинська, 1972) та мінералогії й генезису камерних пегматитів Волині (Лазаренко, Павлишин, Сорокин, Латыш, 1973).

Дослідження за темою протягом наступних п'яти років виконували вже під науковим керівництвом О. Матковського. Результати наведено в низці статей і узагальнено в науковому звіті, який зберігається у фондах кафедри мінералогії й наукової бібліотеки ЛНУ імені Івана Франка. У звіті на підставі великого фактичного матеріалу (головно, власного, а також літературного) схарактеризовано типоморфізм самородного золота Українських Карпат (О. Матковський, А. Ясинська), карбонадоподібний алмаз і баде-лейт з титаноносних розсипів Українського щита й колумбіт із карбонатитів Приазов'я (З. Бартошинський), гранати піропового (О. Бобрієвич), альмандинового і спесартинового (О. Матковський) складу. Наведено майже монографічне узагальнення з мінералогії глауконіту Волині, Поділля, Дніпровсько-Донецької западини, Карпат, Кримського півострова (У. Феношин), Бурштинського родовища мангану (В. Хмелівський, Е. Ян-

чук). Описано метасоматичні утворення в заніркових пегматитах Волині (К. Калюжна) і в зоні Верхньобузького розлому Українського щита (Є. Рибачок), мінералогію метеоритів, що впали на території України (А. Ясинська).



Члени оргкомітету Другої всесоюзної наради з експериментальної і технічної мінералогії. Львів, 1964. У центрі першого ряду три академіки: Є. Лазаренко, В. Соколов, Д. Коржинський.



У Мінералогічному музеї Львівського університету, 1968. Зліва направо: В. Горєцький, Є. Лазько, Д. Резвой, Л. Колтун, Є. Лазаренко, Д. Бобровник.

Наймовірними на той час у звіті є відомості про морфологію й анатомію самородного золота й алмазу, які одержав В. Макаров з використанням електронно-мікроскопічних методів дослідження, а також дані гоніометричних вимірювань кристалів бадделіту й колумбіту, виконаних З. Бартошинським. Значну частину результатів наведено в численних наукових статтях і частково – в окремих монографіях.

Під керівництвом і за активною участю Є. Лазаренка започатковано дослідження з космічної мінералогії й мінералогічної кристалографії. Євген Костянтинівича активно підтримував дослідження включень у мінералах та онтогенії мінералів як важливих складових генетичної мінералогії, у якій він був послідовником динамічної концепції акад. В. Вернадського. Особливу увагу вчений звертав на прикладне спрямування мінералогії, багато часу приділяв теоретичним проблемам мінералогії (зокрема, питанням номенклатури, термінології й класифікації мінералів), підготовці навчальних видань, історії науки, завданням і напрямам розвитку мінералогії в Україні й загалом.

Тоді мінералогічні дослідження досить активно провадили за такими напрямками: 1) регіональна мінералогія (головно Український щит і його західний схил, Волино-Подільська плита, Карпатська складчаста споруда); 2) теоретичні проблеми мінералогії (кристалохімія, класифікація різних груп мінералів, мінералогічна термінологія й номенклатура, основні поняття мінералогії); 3) генетична мінералогія (з використанням методів онтогенії й парагенетичного аналізу, термобарогеохімії, ізотопії, дослідження типоморфізму мінералів); 4) космічна мінералогія (вивчення складу й різноманітних властивостей мінералів метеоритів, явищ ударного метаморфізму, алмазоутворення тощо); 5) мінералогічна кристалографія (кристаломорфологія, анатомія й онтогенія мінеральних індивідів та їхніх закономірних зростків); 6) прикладна мінералогія (мінералогічне картування, розшуково-оцінна мінералогія, мінералогічне прогнозування, технологічна мінералогія, техногенне мінералоутворення та ін.); 7) історія науки (історія розвитку мінералогії загалом та її окремих розділів, внесок у розвиток мінералогії видатних учених).

Особливим є внесок Є. Лазаренка у розвиток Мінералогічного музею, який значно поповнився новими, у тім числі унікальними мінералогічними колекціями, здобув статус самостійної структурної одиниці й був на той час одним із найліпших музеїв у вищих навчальних закладах усієї країни, а нині має ім'я Євгена Лазаренка. Поповнення музею відбувалось по-різному, однак провідну роль відігравали спеціальні експедиційні й екскурсійні виїзди Є. Лазаренка зі студентами і співробітниками геологічного факультету наприкінці 1940-х і протягом 1950–1960-х років на відомі родовища України, Уралу й Забайкалля. Особливо багатий колекційний матеріал збирила група аспірантів і студентів (М. Габінет, С. Дромашко, Т. Ізотова, Ю. Пекун, М. Сливко, Г. Смирнов, О. Фурман) під час експедицій на Урал і в Забайкалля. З ініціативи Євгена Костянтинівича відбулися обміни колекціями мінералів з Празьким національним музеєм (Чехословаччина) і Мінералогічним музеєм Торонто (Канада).

У Львові Є. Лазаренко й О. Винар розпочали роботу над створенням “Мінералогічного словника” за активною участю М. Сливка, У. Феношин, Н. Геренчук, Л. Григорчук, Д. Копистянської, У. Ситницької та ін. Словник завершено й опубліковано в Києві 1975 р.

Надзвичайно активною була діяльність Є. Лазаренка по лінії Карпато-Балканської геологічної асоціації (КБГА) [10, 18]. Зокрема, він брав участь в організації й проведенні IV з'їзду КБГА (Львів, Київ, 1958), а 1961 р. організував перше засідання створеної ним Комісії мінералогії і геохімії КБГА. Засідання відбулося у Львівському університеті

за участю представників країн-учасниць асоціації. На ньому вчений висловив ідею про створення мінералогічного словника-довідника Карпато-Балканської гірської системи. У матеріалах засідання опубліковано доповіді Є. Лазаренка “Новые данные по минералогии Советских Карпат” і “Принципы составления минералогического справочника Карпато-Балканской горной системы и схема его минералогического описания” [4].

Наведемо такі найвагоміші наукові здобутки українських мінералогів за часів діяльності Є. Лазаренка у Львові:

- сотні статей у “Мінералогічному збірнику” та інших виданнях;
- захист понад 20 кандидатських дисертацій (А. Ясинська, М. Сливко, К. Сидоренко, Є. Циганов, С. Дромашко, О. Фурман (Сливко), Ю. Пекун, Г. Смирнов, М. Габінет, О. Винар, О. Матковський, В. Шашкіна, Ю. Мельник, З. Бартошинський, Б. Сребродольський, Г. Бойко, У. Феношин, В. Павлишин, В. Малашевський, П. Вовк, П. Білоніжка) і п’яти докторських (Є. Лазаренко, Є. Шевченко, М. Єрмаков, Є. Лазько, Д. Бобровник);

- видання фундаментальних монографічних праць: “Минералогия медно-цинковых месторождений Среднего Урала” (Лазаренко, 1947), “Петрология восточной части сложного Коростеньского плутона” (Соболев, 1947), “Введение в минералогии силикатов” (Соболев, 1949), “Исследование минералообразующих растворов” (Єрмаков, 1950), “Структурные петрографические особенности некоторых пермских плутонов Центрального Казахстана” (Шевченко, 1951), “Хрусталеносные кварцевые жилы и их генезис” (Лазько, 1954), “Петрография неогеновых вулканических и гипабиссальных пород Советских Карпат” (Соболев, Костюк, Бобриевич, Спитковская, Фишкин, 1954), “Петрография відкладів продуктивної товщі карбону Львівсько-Волинського кам’яновугільного басейну” (Бобровник, 1960), “Мінералогія вивержених комплексів Західної Волині” (Лазаренко, Матковський, Винар, Шашкіна, Гнатів, 1960), “Мінералогія осадових утворень Прикарпаття” (Лазаренко, Габінет, Сливко, 1962), “Основы генетической минералогии” (Лазаренко, 1963), “Минералогия Закарпатья” (Е. К. Лазаренко, Э. А. Лазаренко, Барышников, Малыгина, 1963), “Основы анализа физико-химических свойств минералообразующих растворов по включениям в минералах” (Лесняк, 1964), “Мінералогія Поділля” (Лазаренко, Сребродольський, 1969);

- видання тематичних монографій за редакцією Є. Лазаренка: *Сливко М. М.* Исследование турмалинов некоторых месторождений СССР (1955); *Пекун Ю. Ф.* Минералогия бентонитов западных областей УССР (1956); *Матковский О. И.* Акцессорные минералы гранитоидов осницкого комплекса Вольны (1956); *Мельник Ю. М.* До мінералогії кори вивітряння Західної Волині (1960); *Матковский О. И.* Минералогия и петрография Чивчинских гор (Украинские Карпаты) (1971);

- у тематичному виданні “Вопросы минералогии осадочных образований” вийшли такі монографічні праці: *Фурман Е. П.* Минералогия фосфоритовых месторождений Приднестровья (1954); *Дромашко С. Г.* Минералогия гипсовых месторождений Приднестровья (1955); *Коробцова М. С.* Минералогия калийных месторождений Прикарпатья (1956);

- публікація таких навчальних видань: *Лазаренко Є. К.* Курс мінералогії (шість видань: три – російською (1951, 1963, 1971), два – українською (1958–1961, 1970), одне – китайською (1957) мовами); *Соболев В. С.* Федоровский метод. Оптические исследования минералов (1964); українські видання російськомовного підручника Г. Попова й І. Шафрановського “Кристалогія” (1959, переклад з доповненнями О. Матковського й О. Винар) та навчального посібника О. Вахромєєва “Посібник з мінералогії” (1959,

переклад А. Ясинської); навчальний посібник *Билонижка П. М., Матковский О. И.* Геохимия элементов главных подгрупп IV (III) подгруппы периодической системы Д. И. Менделеева (1984); конспекти лекцій М. Сливка з геохімії “Хімічний склад земної кори” (1965), “Вступні лекції до курсу “Геохімія” (1966) та “Міграція хімічних елементів у земній корі” (1975);

– видання з ініціативи і за підтримки Є. Лазаренка циклів лекцій, що їх прочитали для студентів, аспірантів і співробітників геологічного факультету відомі науковці й педагоги Ленінградського гірничого інституту: *Шафрановский И. И.* Очерки по кристалломорфологии минералов (1960, отв. ред. Г. Г. Пиотровский) та *Григорьев Д. П.* Онтогенез минералов (1961, отв. ред. Е. К. Лазаренко);

– організація і проведення під керівництвом Є. Лазаренка періодичних наукових форумів різного рівня (міжнародних, всесоюзних, відомчих) з публікацією їхніх матеріалів: “100 років Мінералогічного музею” (1953), “Осадочное минералообразование” (1955), “Мінералогія і використання глини” (1957), IV з’їзд КБГА (1958), Перше засідання Комісії мінералогії і геохімії КБГА (1961), Сьома всесоюзна нарада з експериментальної й технічної мінералогії і петрографії (1964), Перша всесоюзна міжвідомча нарада з мінералогічної кристаллографії (1966), Всесоюзна вулканологічна нарада (1969). Майже всі вони супроводжувалися незабутніми геологічними й історико-культурнознавчими екскурсіями;

– низка публікацій з історії мінералогії загалом і України, зокрема (Є. Лазаренко, О. Матковський, М. Сливко, З. Бартошинський, А. Ясинська, П. Білоніжка);

– відкриття Г. Піотровським нового органічного мінералу – карпатиту, який Є. Лазаренко відшукав на Закарпатті;

– зародження майбутньої української мінералогічної школи академіка Євгена Лазаренка.

Високу оцінку діяльності Є. Лазаренка у Львові дав І. Шафрановський, який писав, що завдяки організаторському талантові, захопленню й енергії Євген Костянтинівич створив свого часу у Львівському університеті життєздатний і повний інтересів центр мінералогічної науки, який притягує до себе багатьох мінералогів і кристаллографів, у тім числі й автора цих слів [15].

Новий період наукової й науково-організаційної діяльності Є. Лазаренка почався 1969 р., коли він переїхав до Києва. Тут Євген Костянтинівич очолив Інститут геологічних наук АН УРСР, був обраний академіком, організував і очолив відділ регіональної та генетичної мінералогії. У 1972 р. відділ разом з працівниками переведено в Інститут геохімії і фізики мінералів АН УРСР (нині Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка НАН України), де Є. Лазаренко на посаді завідувача відділу працював до кінця життя.

У 1970 р. Є. Лазаренко створив на базі українського відділення Всесоюзного мінералогічного товариства самостійне Українське мінералогічне товариство і на першому з’їзді був обраний його президентом. Створено нові осередки УМТ; відповідно, зросла кількість як індивідуальних (408), так і колективних (26) членів. Було зареєстровано 18 осередків: Алчевський, Артемівський, Білозерський, Волинський, Дніпропетровський, Донецький, Закарпатський, Івано-Франківський, Київський, Криворізький, Кримський, Львівський, Луганський, Луцький, Новомосковський, Одеський, Приазовський, Харківський. Колективними членами були наукові установи, навчальні заклади та виробничі геологічні й гірничорудні організації.

У Києві вчений швидко зібрав молодий працьовитий колектив (головно з випускників геологічного факультету Львівського університету) і продовжив активні мінералогічні дослідження майже за всіма напрямками, започаткованими у Львові. Під керівництвом Є. Лазаренка щорічно відбувались геологічні експедиції на найцікавіші і практично значимі мінералогічні об'єкти України. У рамках УМТ під його головуванням проводили щорічні виїзні сесії, присвячені різним проблемам мінералогії: “Типоморфізм кварцу України” (Володарськ-Волинський, 1974), “Перспективи пошуків корисних копалин у Дніпровсько-Донецькій западині” (Ромни, 1974), “Роль мінералогії у пошуках і розвідці нафтових і газових родовищ” (Івано-Франківськ, 1976), “Мінералогічні критерії пошуків рідкісних і кольорових металів у межах Українського щита” (Дніпрорудний, 1977), “Основні поняття в мінералогії” (Керч, 1978). Матеріали цих форумів опубліковано за редакцією Є. Лазаренка.



Євген Лазаренко (у центрі) у президії пленарного засідання виїзної сесії УМТ в Івано-Франківському інституті нафти і газу, 1976.

Остання нарада, проведена разом з Комісією з мінералогічної номенклатури і термінології Всесоюзного мінералогічного товариства, яку очолював Є. Лазаренко, була присвячена впорядкуванню мінералогічної номенклатури та вивільненню її від неточних і зайвих назв мінералів. На цій нараді Євген Костянтинович, будучи вже важко хворим, виголосив чотири доповіді, які стосувалися предмета, завдань і таксонометричних категорій мінералогічної номенклатури й класифікації процесів мінералоутворення, схеми генетичної класифікації мінералів. Учений навів своє визначення таких основних понять мінералогії, як *мінерал*, *мінералогія*, *мінеральний вид*, *різновид мінерального виду* [7].

Під керівництвом Є. Лазаренка було проведено ще два засідання Комісії мінералогії і геохімії КБГА (1973, 1977), на яких обговорено результати мінералогічних, геохімічних, металогенічних досліджень Карпатського регіону.



Євген Лазаренко (другий праворуч) з учасниками Карпатської експедиції біля пам'ятного знака Центра Європи недалеко від Рахова, 1976.

У матеріалах другого засідання опубліковано доповідь Є. Лазаренка, Е. Лазаренка й О. Малигіної “Металлогения Карпат. Объяснительная записка к макету металлогенической карты (масштаб 1:1 000 000)”, у якій у вигляді таблиці наведено характеристику родовищ разом із даними про рудну формацію і генетичний тип, головні рудні й жильні мінерали, глибину і температуру формування [5].

Третє засідання Комісії мінералогії і геохімії КБГА відбулося під час проведення XI конгресу КБГА у Києві (1977). На ньому представники країн-учасниць КБГА підтримали задум Є. Лазаренка щодо створення мінералогічного словника-довідника й ухвалили назвати його “Мінералогічною енциклопедією Карпато-Балканської гірської системи”. У матеріалах засідання є доповідь Є. Лазаренка “Принципы составления и окончательный макет минералогической энциклопедии Карпато-Балканской горной системы”, у якій наведено кристалохімічну класифікацію мінералів, таблицю з назвами мінеральних різновидів, виділених за хімічним складом, приклади опису мінералів і відомостей про мінералогів [6]. Як член оргкомітету, Є. Лазаренко брав активну участь в організації й проведенні конгресу, був співавтором путівника екскурсії, підготовленого секцією мінералогії і геохімії, петрографії, магматизму і метаморфізму цього форуму, та відповідальним редактором збірника матеріалів з мінералогії й геохімії.

До найважливіших досягнень у царині мінералогії часів діяльності Є. Лазаренка в Києві належать такі:

– захист дев'яти докторських (П. Заріцький, Ю. Мельник, О. Матковський, І. Щербаків, Ю. Русько, Б. Панов, Б. Пирогов, А. Вальтер, В. Павлишин) і семи кандидатських (Ю. Галабурда, В. Квасниця, С. Галій, В. Кушеєв, В. Семененко, Г. Кульчицька, О. Марушкін) дисертацій;



Остання зустріч співробітників відділу регіональної та генетичної мінералогії з Євгеном Костянтиновичем Лазаренком, 13.11.1978 р.

– видання фундаментальних, головню, колективних монографій: “Мінералогія и генезис камерных пегматитов Волыни” (Лазаренко, Павлишин, Латыш, Сорокин, 1973), “Мінералогія Донецкого бассейна” (Лазаренко, Панов, Груба, 1975, т. 1; Лазаренко, Панов, Павлишин, 1975, т. 2), “Мінералогія Криворожского бассейна” (Лазаренко, Гершойг, Бучинская, Белевцев, Возняк, Галабурда, Галий, Квасница, Кульчицкая, Мельник, Мельников, Павлишин, Пирогов, Туркевич, 1977), “Мінералогія Приазовья” (Лазаренко, Лавриненко, Бучинская, Возняк, Галабурда, Зациха, Иванова, Квасница, Кульчицкая, Куц, Мельников, Павлишин, Туркевич, 1981), “Опыт генетической классификации минералов” (Лазаренко, 1979);

– відкриття нового мінералу (1970) – тарасовіту*, названого за місцезнаходженням (Нагольна Тарасівка на Донбасі);

– видання першого україномовного “Мінералогічного словника” (Лазаренко, Винар, 1975) з російським і англійським перекладом усіх термінів;

– заснування двох нових тематичних видань: “Мінералогія осадочных образований” і “Регіональная и генетическая мінералогія”;

– реалізація давньої мрії Є. Лазаренка – створення науково-теоретичного журналу в галузі мінералогії – “Мінералогічного журналу”, перший номер якого вийшов, на жаль, уже після смерті Євгена Костянтиновича;

– Інститут геохімії і фізики мінералів АН УРСР та УМТ стали новим провідним мінералогічним центром України, який і нині відіграє провідну роль у розвитку й координації мінералогічних досліджень у країні;

* Тарасовіт – нерегулярне перешарування типу MMMS трьох шарів слюди й одного шару діоктаєдричного смектиту. Назву дискредитовано ММА 1981 р. [3].

– формування і розвиток наукової мінералогічної школи академіка Євгена Лазаренка.

Результати Лазаренківського періоду розвитку мінералогії в Україні високо оцінили вітчизняна геологічна громадськість і відомі вчені. Зокрема, акад. М. Юшкін писав [17], що територія України – це найбільш мінералогічно вивчений регіон СРСР, а топомінералогічні дані за окремими регіонами України узагальнено в серії досить докладних зведених праць, які вийшли за редакцією Є. Лазаренка. Проф. А. Гінзбург зазначив [1], що це чудово видані книги, кожна з яких має свою специфіку і є прикладом регіонально-мінералогічних досліджень. Євген Лазаренко створив фактично перше велике узагальнення з мінералогії України, значення якого важко переоцінити.

Висновки. Євген Лазаренко за час своєї бурхливої наукової, педагогічної, організаторської, громадської діяльності (з другої половини 1930-х років до кінця 1978 р.) зробив надзвичайно багато для розвитку мінералогії. Львівський і київський періоди його життя і творчості справедливо називають золотим Лазаренківським віком мінералогії в Україні.

Учений створив два мінералогічні центри – Львівський і Київський, які здобули всевітнє визнання. Разом з учнями й колегами він розвивав майже всі тогочасні напрями мінералогії – регіональну, теоретичну, генетичну, космічну, прикладну мінералогію, мінералогічну кристалографію, історію науки. Науково-педагогічні розробки Є. Лазаренка багато в чому були піонерними й новаторськими, одержали високу оцінку відомих науковців і педагогів та мінералогічної громадськості.

Євген Лазаренко – класик мінералогії ХХ ст. Його мінералогічна спадщина неперевершена: понад три сотні ґрунтовних статей, десятки фундаментальних монографій з регіональної і генетичної мінералогії за його авторства чи редакцією, найліпші для свого часу підручники з мінералогії (шість видань), великий тримовний “Мінералогічний словник”.

Пам’ять про Євгена Лазаренка живе, передусім, у офіційно затвердженій науковій мінералогічній школі, яка має його ім’я. Представники школи й сьогодні провадять активні мінералогічні дослідження в різних регіонах України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гинзбург, А. И. (1983). Основные проблемы и задачи регионально-минералогических исследований. *Минерал. журн.*, 5 (2), 18–28.
2. Калмикова, Н. Р. (упоряд.), Павлишин, В. І. (відп. ред.). (1992). *Євген Костянтинівич Лазаренко*. Київ: Наук. думка.
3. Кульчицька, Г., Черниш, Д. (укл.). (2019). Словник українських назв мінеральних видів. *Зап. Укр. мінерал. т-ва*, 16, 3–446.
4. Лазаренко, Е. К. (отв. ред.). (1961). *Материалы Комиссии минералогии и геохимии КБГА № 1*. Львов: Изд-во Львов. ун-та.
5. Лазаренко, Е. К. (отв. ред.). (1973). *Материалы Комиссии минералогии и геохимии КБГА № 2*. Киев: Наук. думка.
6. Лазаренко, Е. К. (отв. ред.). (1977). *Материалы Комиссии минералогии и геохимии КБГА № 3*. Киев: Наук. думка.
7. Лазаренко, Е. К. (отв. ред.). (1978). *Основные понятия минералогии*. Киев: Наук. думка.

8. Матковський, О., Білоніжка, П., Павлишин, В. (упоряд.). (2005). *Академік Євген Лазаренко. Нарис про життєвий і творчий шлях, спогади, фотоальбом*. Львів: Видавн. центр ЛНУ імені Івана Франка.
9. Матковський, О., Білоніжка, П., Павлишин, В. (упоряд.). (2012). *Євген Лазаренко – видатна постать ХХ століття*. Львів: ЛНУ імені Івана Франка.
10. Матковський, О., Сливко, Є. (2016). Про стан реалізації задуманих і розпочатих Євгеном Лазаренком наукових праць з мінералогії України та Карпато-Балканської гірської системи. У кн. *Десяті наукові читання імені академіка Євгена Лазаренка. Матеріали*. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 3–8.
11. Матковський, О. І. (відп. ред.). (1992). *Матеріали наукової конференції, присвяченої 80-річчю від дня народження академіка Євгена Лазаренка. Тези доповідей і спогади*. Львів.
12. Матковський, О. І. (2017). Золотий вік мінералогії України. *Зап. Укр. мінерал. т-ва*, 14, 5–31.
13. *Мінералогический журнал. Посвящается памяти известного ученого-минералога академика Евгения Константиновича Лазаренко (1912–1979)*. (1992). Киев.
14. Павлишин, В., Матковський, О., Довгий, С. (2019). *Історія мінералогії в Україні. Від глибокої давнини до 90-х років ХХ ст.* Київ: Master-print.
15. Шафрановский, И. И. (1992). Е. К. Лазаренко – основатель и глава минералогического центра в Украине. *Мінерал. журн.*, 14 (6), 7–14.
16. Шафрановский, И. И. (1996). *Кристаллография в СССР (1917–1991)*. Санкт-Петербург: Наука.
17. Юшкин, Н. П. (1982). *Топоминералогия*. Москва: Недра.
18. Matkovskiy, O., & Slyvko, Ye. (2016). On the implementation of planned and started by Yevhen Lazarenko scientific works on mineralogy of Ukraine and the Carpathian-Balkan mountain system. *Мінерал. зб.*, 66 (1), 3–15.

REFERENCES

1. Ginzburg, A. I. (1983). The main problems and tasks of regional mineralogical research. *Mineral. J.*, 5 (2), 18–28. (in russian)
2. Kalmykova, N. R. (Compiler), Pavlyshyn, V. S. (Ed.). (1992). *Yevhen Kostiantynovych Lazarenko*. Kyiv: Naukova Dumka. (in Ukrainian)
3. Kultchytska, H., & Chernysh, D. (Compilers). (2019). Dictionary of Ukrainian names of mineral species. *Proceedings of the Ukrainian Mineralogical Society*, 16, 3–446. (in Ukrainian)
4. Lazarenko, E. K. (Ed.). (1961). *Materials of the Commission of mineralogy and geochemistry of CBGA N 1*. Lvov: Lvov University Publishing House. (in russian)
5. Lazarenko, E. K. (Ed.). (1973). *Materials of the Commission of mineralogy and geochemistry of CBGA N 2*. Kiev: Naukova Dumka. (in russian)
6. Lazarenko, E. K. (Ed.). (1977). *Materials of the Commission of mineralogy and geochemistry of CBGA N 3*. Kiev: Naukova Dumka. (in russian)
7. Lazarenko, E. K. (Ed.). (1978). *Basic concepts of mineralogy*. Kiev: Naukova Dumka. (in russian)
8. Matkovskiy, O., Bilonizhka, P., & Pavlyshyn, V. (Compilers). (2005). *Academician Yevhen Lazarenko. Essay on life and creative path, memories, photo album*. Lviv: Publishing Centre of Ivan Franko National University of Lviv. (in Ukrainian)

9. Matkovskiy, O., Bilonizhka, P., & Pavlyshyn, V. (Compilers). (2012). *Yevhen Lazarenko – an outstanding figure of the twentieth century*. Lviv: Ivan Franko National University of Lviv. (in Ukrainian)
10. Matkovskiy, O., & Slyvko, Ye. (2016). On the status of implementation of planned and started by Yevhen Lazarenko scientific works on mineralogy of Ukraine and the Carpathian-Balkan mountain system. In *Academician Yevhen Lazarenko 10th scientific readings. Materials*. Lviv: Ivan Franko National University of Lviv, 3–8. (in Ukrainian)
11. Matkovskiy, O. I. (Ed.). (1992). *Materials of the scientific conference dedicated to the 80th anniversary of the birth of Academician Yevhen Lazarenko. Abstracts and memoirs*. Lviv. (in Ukrainian)
12. Matkovskiy, O. (2017). Golden age of mineralogy of Ukraine. *Proceedings of the Ukrainian Mineralogical Society*, 14, 5–31. (in Ukrainian)
13. *Mineralogical Journal*. Dedicated to the memory of the famous mineralogist Academician Yevgenii Konstantinovich Lazarenko (1912–1979) (1992). (in russian)
14. Pavlyshyn, V., Matkovskiy, O., & Dovhyi, S. (2019). *History of mineralogy in Ukraine. From antiquity to the 90^s of the XX century*. Kyiv: Master-Print. (in Ukrainian)
15. Shafranovskii, I. I. (1992). E. K. Lazarenko – the founder and head of the mineralogical center in Ukraine. *Mineral. J.*, 14 (6), 7–14. (in russian)
16. Shafranovskii, I. I. (1996). *Crystallography in the USSR (1917–1991)*. Sankt-Petersburg: Nauka. (in russian)
17. Yushkin, N. P. (1982). *Topomineralogy*. Moscow: Nedra. (in russian)
18. Matkovskiy, O., & Slyvko, Ye. (2016). On the implementation of planned and started by Yevhen Lazarenko scientific works on mineralogy of Ukraine and the Carpathian-Balkan Mountain system. *Mineralogical Review*, 66 (1), 3–15.

Стаття: надійшла до редакції 25.05.2022
прийнята до друку 29.08.2022

Orest Matkovskiy, Yevheniia Slyvko

Ivan Franko National University of Lviv,
4, Hrushevskoho St., Lviv, Ukraine, 79005,
emslivko@i.ua

LAZARENKO'S PERIOD OF DEVELOPMENT OF MINERALOGY IN UKRAINE

The Lviv (1944–1969) and Kyiv (1969–1978) periods of the life and creative path of Academician Yevhen Lazarenko is briefly analysed. His contribution to the development of almost all contemporary fields of mineralogy (most of which he started), such as regional mineralogy, theoretical problems of mineralogy, genetic mineralogy, cosmic mineralogy, mineralogical crystallography, applied mineralogy, history of science is characterized.

The most significant achievements of Ye. Lazarenko in the development of mineralogy in general and Ukraine in particular are noted. They are reflected in hundreds of scientific articles, ten fundamental monographs, including the solo books “Fundamentals of Genetic Mineralogy” (1963) and “Experience of Genetic Classification of Minerals” (1979), six editions of a textbook

on mineralogy (three – in Russian, two – in Ukrainian and one – in Chinese), Ukrainian-Russian-English “Mineralogical Dictionary” (1975, co-author O. Vynar).

Thanks to Ye. Lazarenko's active work, such professional periodicals as “Mineralogical Review” (published since 1947) and “Mineralogical Journal” (since 1979), as well as periodical thematic collections “Questions of Mineralogy of Sedimentary Formations”, “Mineralogy of Sedimentary Formations”, and “Regional and Genetic Mineralogy” appeared in Ukraine.

Perhaps the greatest achievement of Ye. Lazarenko is the creation of a powerful Ukrainian mineralogical school, which is quite active in Ukraine today and bears his name. The scientist left an unsurpassed legacy, which is an integral part of the golden fund of Ukrainian science and culture. Lazarenko's period of mineralogy development is rightly called the golden age of mineralogy in Ukraine.

Key words: Academician Yevhen Lazarenko, Lviv, Kyiv, mineralogy, regional mineralogy, textbook on mineralogy, “Mineralogical Dictionary”, Ukrainian mineralogical school.

УДК 012:55:549(092)(477)

Володимир Павлишин

*Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення
імені М. П. Семененка НАН України,
просп. акад. Палладіна, 34, Київ, Україна, 03142
V.I.Pavlyshyn@gmail.com*

НАЙБІЛЬШ ПЛІДНИЙ КИЇВСЬКИЙ ПЕРІОД ТВОРЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ АКАДЕМІКА ЄВГЕНА ЛАЗАРЕНКА В ГАЛУЗІ МІНЕРАЛОГІЇ

Стисло проаналізовано наукові здобутки акад. Є. Лазаренка протягом його життєдіяльності в Києві (1969–1978). З цим періодом пов'язані суттєві досягнення в галузі регіональної, генетичної, прикладної й загальної мінералогії, створення потужної української регіонально-мінералогічної наукової школи, заснування й нині активних двох структур – відділу регіональної та генетичної мінералогії й Українського мінералогічного товариства, видання одного з найліпших у світі підручників з мінералогії, тримовного “Мінералогічного словника”, заснування нових періодичних видань, у тім числі “Мінералогічного журналу”, організація регулярних мінералогічних форумів з актуальних питань мінералогії, зокрема, української, формування концепції напрямів розвитку мінералогії.

Ключові слова: академік Євген Лазаренко, мінералогія, Київ, наукова діяльність, Українське мінералогічне товариство, наукова мінералогічна школа.

DOI: <http://dx.doi.org/10.30970/min.72.02>

Творчий портрет корифея української мінералогії академіка Євгена Лазаренка неімовірно яскравий, змістовний, розмаїтий, насичений великою кількістю учнів, публікацій, форумів, педагогічними новаціями, географічно окреслений. Вдячний учень Євгена Костянтинівича, який у геологічній галузі України не має собі рівних за пошануванням свого Вчителя, сучасний класик мінералогії О. Матковський виділив у життєвій і творчій біографії Є. Лазаренка чотири головні періоди: харківсько-воронезький, уральський, львівський і київський (академічний) (1969–1978) [9].

Ми обґрунтовуємо сформульований у назві статті висновок на підставі власних спостережень і формально об'єктивних даних – публікацій, організації наукового процесу у відділі регіональної та генетичної мінералогії, координації наукових досліджень в Українському мінералогічному товаристві (УМТ). Відомий учений, історик мінералогічної кристалографії І. Шафрановський поставив ім'я Є. Лазаренка в один ряд з іменами таких корифеїв мінералогічної науки, як В. Вернадський, О. Ферсман, М. Белов, В. Соболев.

Так сталося, що останні дев'ять років буремної й напрочуд результативної діяльності Є. Лазаренка в Києві відбувались на моїх очах, пліч-о-пліч і з моєю активною участю,

яка не могла бути інакшою, якщо ти взявся за мінералогічну справу під керівництвом Євгена Костянтиновича. Колись один учений, здається, В. Дріц, який був в екскурсійній групі, що зустрілася з директором Інституту геологічних наук УРСР (ІГН) Є. Лазаренком, запитав: “Чи правда, що молодий дослідник мінералів Володимир Павлишин став Вашою правою рукою?” Євген Костянтинович відповів: “Це правда, але неповна, оскільки нерідко він є обома моїми руками”.

Переходимо до системного аналізу наукових здобутків Є. Лазаренка в Києві.

Діяльність у Всесоюзному мінералогічному товаристві (ВМТ). Ще за життя Є. Лазаренка уважні спостерігачі помітили, що з приходом активного Євгена Костянтиновича на високі посади ВМТ млява діяльність товариства суттєво пожвавилася. На Четвертому з'їзді ВМТ (16–20 листопада 1971 р.) Є. Лазаренко і О. Сидоренко (учитель і учень у Воронежському університеті) у спільній доповіді “Состояние и задачи современной минералогии” сформулювали *головне завдання мінералогів* – сприяти подальшому розширенню мінерально-сировинної бази країни всебічним вивченням мінералів і використанням нових методів дослідження. Чи не вперше у ВМТ голосно прозвучала широкоформатна концепція, присвячена мінералогічній термінології й номенклатурі. Як певний підсумок – Є. Лазаренка обрано почесним членом ВМТ і його віце-президентом. У резолюції з'їзду від 20.11.1971 р. адекватно відображено ключові положення з доповіді Є. Лазаренка й О. Сидоренка, а також записано: “п. 15. Создать комиссию по минералогической терминологии и номенклатуре”.

У лютому 1972 р. Комісію з мінералогічної термінології і номенклатури ВМТ у складі 15 осіб затвердили на засіданні президії ВМТ. Вона пропрацювала під керівництвом Є. Лазаренка неповних вісім років, тобто до смерті вченого. На її рахунок багато корисних напрацювань.

П'ятий з'їзд ВМТ, який відбувся у Ленінграді 18–21 жовтня 1976 р., був присвячений темі “Роль мінералогії й суміжних дисциплін у розвитку мінерально-сировинної бази СРСР”. Про вельми успішну роботу Комісії з мінералогічної термінології й номенклатури прозвітували Є. Лазаренко й Н. Бучинська. З доповіддю “Роль мінералогічних досліджень у підвищенні ефективності геологорозвідувальних робіт” виступив В. Павлишин (співавтор Є. Лазаренко). Євгена Костянтиновича повторно обрали віце-президентом ВМТ.

Науково-організаційна діяльність. Євгенові Лазаренку належить чимало добрих справ науково-організаційного штибу. Стисло розглянемо дві структури й один документ.

У 1969 р. Є. Лазаренко заснував в ІГН АН УРСР відділ регіональної та генетичної мінералогії, який згодом перевели у новостворений Інститут геохімії і фізики мінералів АН УРСР (ІГФМ). Євген Костянтинович керував цим відділом до кінця свого життя. Концепцію розвитку відділу вчений окреслив трьома шляхетними словами – *мінералогічний опис України*. Він свято дотримувався цієї концепції й закріпив її в науковій тематиці Академії наук. Однак регіонально-мінералогічна тематика (за В. Вернадським, “основний субстрат мінералогії, її життєвий ґрунт”) панувала порівняно недовго.

Ідеологічно згуртований і націлений Є. Лазаренком на безперервне професійне зростання колектив дав приголомшливий результат (див. нижче). Так було допоки жив учений. Згодом концепція академіка ослабла і, врешті-решт, втратила сенс: спочатку – через економічну кризу, пізніше – через конфлікт інтересів [12].

Шостого травня 1970 р. було реалізовано омріяну Є. Лазаренком національну ідею: на організованому ним з'їзді ухвалено доленосну для української мінералогії нову структуру – Українське мінералогічне товариство, а його президентом обрано Є. Лазаренка. Цим започатковано новий надзвичайно продуктивний етап науково-організаційної діяльності вченого, скерованої на координацію мінералогічних досліджень в Україні, організацію й проведення різного роду форумів з актуальних питань мінералогії, розвиток музейної справи, охорону довкілля тощо [11].

Євген Костянтинович, розбудовуючи діяльність УМТ, зміцнюючи стосунки з виробничими організаціями, усіма засобами й на новому рівні поживлявав роботу мінералогів у центрі й осередках УМТ, доручав їй, передусім, небайдужим патріотично налаштованим мінералогам. Паралельно з розширенням кількості індивідуальних і колективних членів він напрацював статут УМТ, згідно з яким УМТ підпорядковувалося Відділенню наук про Землю АН УРСР, будучи водночас складовою частиною ВМТ (затверджений Бюро Президії АН УРСР 6.02.1973 р.). Такий дещо незвичний для наукових товариств статус УМТ отримало завдяки вмілій дипломатичній діяльності президента, спрямованій, з одного боку, на отримання оптимальної можливості обирати самостійно напрям розвитку мінералогії в Україні, а з іншого, – на зміцнення взаємозв'язку з ВМТ, у якому він відігравав одну з ключових ролей.

Восени 1973 р. на честь вшанування 90-річчя акад. О. Ферсмана у Сімферополі відбулася виїзна сесія УМТ – нарада, присвячена ювілею видатного вченого. На ній з ініціативи Є. Лазаренка було напрацьовано один державницький природоохоронний документ. Під час екскурсії на унікальний вулканічний масив Кара-Даг її учасники побачили жахливу картину – більшість проявів мінералогічно цікавих індивідів і агрегатів (сердолік, парчева яшма тощо) ущент розтриті й засмічені. Терміново на скелі було складено акт, підписаний президентом УМТ Є. Лазаренком і вченим секретарем В. Павлишиним, про нагальну потребу створення на Кара-Дазі мінералогічного заповідника. Документ надіслали заступнику голови Ради Міністрів України П. Троньку, який відповідав за природоохоронну діяльність в Україні. Далі пішла бюрократична тяганина, досилання щораз нових і нових матеріалів, обґрунтувань, і нарешті (уже після смерті Є. Лазаренка) 1979 р. було створено заповідник, який нині називають Карадазьким природним заповідником (на жаль, з суттєвими відхиленнями від нашого проекту).

Періодичні видання, видавнича діяльність. Євген Костянтинович як ніхто знав ціну друкованого слова. У боротьбі з бюрократією й органами радянської влади він долав у цій царині неймовірні труднощі. Зокрема, він добре “набив руку” ще у Львові, створюючи у Львівському університеті видавництво й друковані органи, які функціонують досі.

Як допомагав Є. Лазаренко видавництвам? Усіляко. Наведу тільки один приклад. Здається, 1974 р. Є. Лазаренко зібрав до купи всіх редакторів видавництва “Наукова думка”, які редагували геологічну літературу, і на автобусі повіз їх на геолого-мінералогічну екскурсію. На першій зупинці він сказав приблизно так: “Ви багато працюєте з геологічними текстами, термінами, які використовуються для характеристики мінералів, порід і руд, коштовного каміння, однак саме каміння в руках не тримали і в природі не спостерігали. Нині, наскільки це можливо, ви потрапите в світ мінералогічного царства, добре представленого в смт Володарськ-Волинський (мінералогічний музей) і на його околицях (відвали шахт і кар’єрів). Передбачаю, що ця екскурсія буде цікавою у вашому житті й рисною у вашій роботі”.

Важливого значення надавав Є. Лазаренко друкованому органу УМТ. Спочатку він організував два збірники – “Мінералогія осадочних образований” і “Региональная и генетическая минералогія”, які відіграли певну роль у публікації нових даних з мінералогії, однак не набули широкого розголосу. Ученого не покидала думка про створення центрального журналу УМТ. Коли ситуація визріла 1977 р., Євген Костянтинівич поставив переді мною завдання форсувати підготовку матеріалів, необхідних для заснування друкованого органу УМТ – “Мінералогічного журналу”. Далі була ціла історія, насичена поїздками, документами й обґрунтуваннями, яку стисло описано в спеціальній публікації [13].

У ті часи підготовлені документи не надсилали, а завозили. Схема була така: Президія УМТ → Президія АН УРСР → Президія ВМТ → Президія АН СРСР → ЦК КПРС. У якийсь момент віце-президент АН СРСР О. Сидоренко порадив Є. Лазаренкові змінити (розширити) статус майбутнього журналу з друкованого органу УМТ на союзно-республіканський науково-теоретичний журнал АН СРСР (Відділення геології, геофізики та геохімії) і АН УРСР (Відділення наук про Землю). Євген Костянтинівич охоче погодився з цією пропозицією, знав, що постанова ЦК КПРС про створення “Мінералогічного журналу” ось-ось вийде, проте, на жаль, не дочекався. Постанову підписав М. Сулов одразу ж після смерті Є. Лазаренка.

У 1979 р. з'явилося два випуски “Мінералогічного журналу”. Він швидко завоював авторитет, а наукова громадськість, читачі й дописувачі журналу мого покоління й досі пам'ятають ім'я засновника журналу Є. Лазаренка, який цим діянням спорудив собі мінералогічний пам'ятник.

Мінералогічні форуми. Вони були розмаїті за формою і змістом, однак на них неодмінно обговорювали актуальні питання загальної мінералогії й мінералогії України. Є. Лазаренко був неперевершеним майстром проведення потужних республіканських і союзних нарад. Він встиг провести два з'їзди УМТ і вісім нарад (симпозіумів), які Б. Звягін назвав “незабутніми Лазаренківськими конференціями”.

Згадаємо основні (лазаренківські й післялазаренківські) наради, які ефективно вплинули на розвиток мінералогії в Україні: “Мінералогія Донецького басейну” (Комунарськ, 1971), “Мінералогія залізорудних родовищ докембрію” (Кривий Ріг, 1973), “Типоморфізм кварцу” (Володарськ Волинський, 1974), “Роль мінералогічних досліджень у пошуках нафтових і газових родовищ” (Івано-Франківськ, 1976), “Мінералогічні критерії пошуків рідкісних і кольорових металів” (Дніпрорудний, 1977), “Основні поняття мінералогії” (Керч, 1978), “Проблеми регіональної мінералогії” (Львів-Чинадієве, 1982), до 90- і 100-річчя від дня народження акад. О. Ферсмана (Сімферополь, 1973, 1983), “Мінералогічна кристалографія та її застосування у практиці геологорозв'язувальних робіт” (Одеса, 1984), Перша школа з обміну досвідом викладання мінералогії і кристалографії у вузах СРСР (Львів-Шацьк, 1984), “Циркон” (Одеса, 1987), “Проблеми біомінералогії (до 125-річчя від дня народження В. І. Вернадського)” (Луцьк-Шацьк, 1988), “Всесоюзна школа з пошукової мінералогії” (Алушта, 1988), “80-річчя від дня народження академіка Є. К. Лазаренка” (Львів, 1992), “Мінералогія і мінералогічні музеї у ХХІ столітті” (Львів, 2002), “Техногенні мінерали та родовища” (Донецьк, 2003), “Мінералогія: історія, теорія і практика” (Львів-Шацьк, 2004), “Геологічна освіта та наука в ХХІ столітті. Проблеми викладання геологічних дисциплін” (Київ, 2004), “Прикладна мінералогія” (Кривий Ріг, 2007), “Біомінералогія-2008” (Луцьк, 2008), “Стан і перспективи сучасної геологічної освіти та науки” (Львів, 2010) та ін. Матеріали цих

форумів опубліковані окремим виданнями або на сторінках періодичних мінералогічних видань.

А ще Євген Костянтинівич успішно практикував проведення “мікросимпозіумів” в експедиціях (геологічних партіях) під час польових робіт, які були своєрідною формою впровадження науки в практику. Наприклад, у ВО “Західкварцсамоцвіти” висвітлювали проблему типоморфізму кварцу, що згодом переросло у велику союзну нараду; у тресті “Артемгеологія” неабиякий інтерес викликала доповідь про мармароські “діаманти”, уперше досліджені в Донецькому басейні; у Приазовській геологорозвідувальній експедиції організували дискусію (яка триває досі) стосовно генезису і практичного значення рідкіснометалевої мінералізації та ін.

Євген Лазаренко був неперевершеним організатором наукових форумів і на міжнародній арені. З його ініціативи у Києві проведено три засідання Комісії мінералогії і геохімії Карпато-Балканської геологічної асоціації (КБГА), на яких обговорювали проблеми мінералогії й мінерагенії Карпат, варіанти створення макету мінералогічної енциклопедії Карпато-Балканської гірської системи, термінологічні питання та ін. На всіх сильне враження справила доповідь Є. Лазаренка “Принципы составления и окончательный макет минералогической энциклопедии Карпато-Балканской горной системы” [3]. Чимало зусиль Євген Костянтинівич (передусім як член оргкомітету) доклав до організації й проведення XI Конгресу КБГА, який відбувся 1977 р. у Києві. Особливо талановито він провів мінералогічні засідання, на яких головував, і завершальний банкет, який прикрасив як тамада.

У Є. Лазаренка було своє розуміння мети проведення мінералогічних форумів. Згадую 1971 р. – рік, коли в Україні провели найпотужнішу нараду з регіональної мінералогії, цього разу присвячену мінералогії Донецького басейну. Ця нарада фактично стала передумовою завершальних робіт і підготовки монографічного зведення з мінералогії регіону. І ось тут яскраво засвітився організаційний талант Євгена Костянтинівича. Він залучив широке коло фахівців загальногеологічного напрямку, у співпраці з якими підготував досконалий вступ до мінералогії Донбасу, згодом опублікований у першій частині монографії [5]. Також він організував і блискуче провів на нараді досі небачене широкомасштабне й предметне обговорення проблем мінералогії Донбасу. Яскраві виступи, нові результати, жваві дискусії... Найгарячішою була дискусія-перепалка між В. Мельниковим і майбутнім директором Інституту мінеральних ресурсів Ю. Брагіним стосовно конституції змішаношаруватих силікатів. Завдяки спілкуванням між науковцями, кількарічним експедиційним роботам, довивченню працівниками відділу регіональної та генетичної мінералогії слабко або взагалі не досліджених мінералів і аналізу літературних даних підготовлено й опубліковано другу частину “Минералогии Донецкого бассейна” [6].

Найліпший для свого часу україномовний підручник з мінералогії. Чи були до Є. Лазаренка україномовні підручники з мінералогії? Були, однак їх швидко забули. Протягом 1958–1961 рр. вийшов підручник Є. Лазаренка “Курс мінералогії” у трьох частинах (Ч. I. Загальна мінералогія; Ч. II. Опис мінералів; Ч. III. Мінералогія гірських порід і мінеральних родовищ), а 1970 р. – його друге видання (книга обсягом 600 с.), яке допущено Міністерством вищої і середньої спеціальної освіти УРСР як підручник для студентів геологічних спеціальностей вузів України.

У передмові до підручника зазначено, що матеріал у ньому подано на основі кристалохімічного й генетичного принципів. Кристалохімічний принцип дає змогу виявити зв'язок між конституцією мінералу та його хімічними й фізичними властивостями, а

генетичний – взаємозв’язок між цими властивостями й умовами утворення мінералу, а також з’ясувати загальні закономірності утворення окремих мінералів і мінеральних родовищ.

Які новації є в підручнику? Насамперед, це доступна й водночас досконала українська мова з легким галицьким діалектом, а також уміння автора за допомогою цієї мови зрозуміло викласти складні явища й факти. Євген Костянтинівич наситив новими даними всі три частини підручника, особливо першу і другу. Крім того, уведено нові розділи: “Розчинність мінералів”, “Термічні властивості мінералів”; осучаснено розділ про радіоактивні мінерали. Оригінальним і вельми цікавим виявився розділ “Взаємозв’язок між складом, будовою, властивостями і морфологією мінералів”. Групи мінералів схарактеризовано повніше й чіткіше, ніж у попередньому виданні. Розширює читацький світогляд уперше наведений у книзі перелік найважливіших мінералів окремих хімічних елементів. Завершується підручник темою “Основні проблеми сучасної мінералогії”, яка ні на йоту не втратила свого значення й сьогодні. Тут, зокрема, зазначено, що основою подальшого розвитку сучасної мінералогії повинен стати історико-генетичний принцип.

Підручник і досі використовують у навчальному процесі, він відіграв певну роль в українізації навчального процесу в Галичині, оскільки в інших місцинах, у тім числі в класичних університетах, його, за моїми спостереженнями, моментально замінили на російськомовний аналог “Курс минералогии”, виданий у Москві 1971 р. Така, на жаль, була сумна картина з українським письменством, у тім числі науковим: Є. Лазаренко був тоді в мінералогії чи не єдиним героєм свого часу.

Золотий вік мінералогії в Україні. Євген Лазаренко кардинально змінив уявлення про мінералогію України. Він фактично заклав сучасні основи, передусім, регіональної мінералогії України. На його думку, систематичне регіонально-мінералогічне вивчення території країни – завдання, яке за своїм значенням можна прирівняти до геологічних знімачів. Без таких досліджень неможливо розвивати інші напрями мінералогії, передусім генетичний і прикладний.

Учений уважно стежив за появою нових результатів досліджень у цій галузі мінералогії, міг у будь-яку мить ґрунтовно схарактеризувати мінералогічну вивченість країни й поставити відповідне завдання. У виступах і публікаціях він наголошував, що на території нашої країни мінерали головню вивчені й описані, проте далеко не завжди на рівні, який би відповідав сучасному станові мінералогічної науки. Треба вітати всі нові дані, що їх отримано за допомогою новітніх методів дослідження. Хоча потік такої інформації з кожним роком збільшується, та вона значно розрізнена, нема належного обсягу відомостей про умови знаходження мінералу та його геологічну історію. Назріла доцільність проведення загальних регіонально-мінералогічних досліджень, що дасть змогу підвести підсумки мінералогічної вивченості території країни у вигляді монографічних описів окремих регіонів, пов’язаних між собою спільністю геологічної історії. Остаточний результат Є. Лазаренко уявляв у формі “кондиційних” мінералогічних монографій, які б “покривали” всю неосяжну територію нашої країни. У мінералах він убачав джерело знань про взаємозв’язок геологічної історії регіону й тих особливостей мінералів і мінеральних парагенезисів, за якими цю історію можна відтворити: “Мінерал – важливий геологічний документ, без якого неможливо відтворити історію Землі і зрозуміти процеси, що в ній відбуваються” [4]. Звідси випливає не тільки загальнопізнавальне значення регіонально-мінералогічних досліджень, а й практичне. Результа-

ти регіонально-мінералогічних досліджень, як справедливо зазначив один із перших учнів Євгена Костянтиновича акад. О. Сидоренко, є основним показником розподілу мінералів і родовищ корисних копалин. Тому Є. Лазаренко боровся (і виступав з конкретними пропозиціями у Міністерстві геології) за забезпечення розшукових, знімальних, розвідувальних партій, рудникових служб фахівцями-мінералогами для підвищення ефективності геологорозвідувальних і видобувних робіт.

Головний об'єкт регіонально-мінералогічних досліджень Є. Лазаренка – Україна. Під його керівництвом і за безпосередньою участю вивчали мінералогію восьми регіонів, а результати узагальнено в монографіях, які вже стали класичними: “Мінералогія вивержених комплексів Західної Волині” (1960), “Мінералогія осадових утворень Прикарпаття” (1962), “Мінералогія Закарпаття” (1963), “Мінералогія Поділля” (1969), “Мінералогія и генезис камерных пегматитов Вольни” (1973), “Мінералогія Донецького басейна” (1975), “Мінералогія Криворожського басейна” (1977), “Мінералогія Приазов'я” (1981).

У цих працях детальному монографічному опису мінералів, який Євген Костянтинович об'єднав у розділ “Систематична мінералогія”, передують короткий нарис геологічної позиції регіону й характеристика його мінеральних комплексів. Усі книги завершуються великою генетичною частиною (а деякі з них – і прикладними мінералогічними критеріями, металогенічними узагальненнями), у якій визначено природу мінералів і мінеральних комплексів на підставі комплексу геологічних, термобарогеохімічних, онтогенічних, геохімічних та інших даних. Останній розділ “Мінералогія Приазов'я” під назвою “Типоморфізм мінералів” містить також відомості прикладного спрямування.

Є. Лазаренко приділяв значну увагу мінералогії гірничорудних районів. Особливе місце серед них посідає всевітньо відомий Криворізький залізорудний басейн. У фундаментальній праці “Мінералогія Криворожського басейна” вперше завдяки застосуванню широкого арсеналу сучасних методик наведено результати комплексного дослідження породоутворювальних і рудних мінералів, що дало змогу відтворити процеси мінералоутворення в докембрії, виявити особливості метаморфізму й метасоматичного перетворення залізисто-кременистих порід. Виявлені мінеральні парагенезиси й аналіз геологічної історії Криворізького басейну дали підставу для висновку про полігенну природу рудних мінералів за умов осадового й ефузивно-осадового нагромадження залізорудної товщі регіону, а результати детального аналізу процесів мінералоутворення – про формування залізорудної формації внаслідок ритмічної седиментації колоїдів заліза й кремнезему за умов періодичної зміни геохімічних параметрів середовища мінералоутворення. На підставі геологічних і мінералого-петрографічних даних розвинуто ідею про поступову й регіонально закономірну зміну умов метаморфізму в межах басейну. Усі ці дані, як і завершальний розділ монографії про генетичну класифікацію мінералів Кривбасу, – наукова база для оцінки перспектив залізорудних родовищ регіону, прогнозування залізних руд на глибину і складання мінералого-технологічних карт розроблюваних родовищ.

Окрасою мінералогії ХХ ст. є ще два оригінальні твори Є. Лазаренка – новаторський тримовний “Мінералогічний словник” (співавтор О. Винар) [7] і книга “Опыт генетической классификации минералов” [4], у якій викладено принципи генетичної класифікації мінералів, розроблені на підставі даних про процеси мінералоутворення, генетичні особливості мінеральних комплексів і типоморфізм мінералів. Учений виділив і детально проаналізував у зв'язку з генетичними проблемами чотири основні напрями: геоло-

гічний, кристаломорфологічний, кристалохімічний і термобарогеохімічний. Він уважав, що саме генетична класифікація мінералів найбільш природна в мінералогії й найповніше відповідає її сучасній суті. Крім того, генетична класифікація – надійний фундамент прикладної мінералогії. У класифікації Є. Лазаренка весь мінеральний світ поділено на чотири типи: ендогенний, екзогенний, космогенний і техногенний. У межах типів виділено підтипи, класи, підкласи, родини, ряди, групи і види.

Свою новаторську книгу, у якій викладено також оригінальні думки про мінералогічну модель Землі й еволюцію мінеральних комплексів земної кори, Є. Лазаренко закінчив такими словами: “Запропонована генетична класифікація мінералів, яку розглянуто в генеральному плані для всього мінерального світу і стосовно окремих регіонів та родовищ на прикладі мінералів Донецького й Криворізького басейнів, найповніше відповідає сучасному стану мінералогії, оскільки ґрунтується на її провідному принципі – генезисі мінералів. Однак вона є першою спробою такого роду і, звичайно, ще далека від досконалості. Її слід розглядати як першу спробу на шляху створення генетичної класифікації” (переклад наш – В. П.) [4, с. 301].

Особлива заслуга Є. Лазаренка – розробка української мінералогічної термінології, що пов’язано, передусім, з виходом у світ мінералогічного словника [7]. Нині він особливо “прислужився”, оскільки напрацьований Г. Кульчицькою і Д. Черниш “Словник українських назв мінеральних видів” [2] цілковито зберіг правопис назв мінералів, що увійшли до Лазаренківського мінералогічного словника.

Отже, на 1940–1990-ті роки припав, значною мірою завдяки Є. Лазаренку, надзвичайно інтенсивний і плідний період розвитку мінералогії в Україні, її *золотий вік*. Опубліковано близько 9 000 праць, у тім числі близько 90 монографій, у яких висвітлено вагомі результати досліджень за всіма науковими напрямками української мінералогії, серед яких регіональна мінералогія, систематична мінералогія, генетична мінералогія, кристалохімія і фізика мінералів, мінералогічна кристалографія, експериментальна і фізико-хімічна мінералогія, космічна мінералогія, прикладна мінералогія, музейна справа. У післялазаренківський час до них додалися нові наукові напрями – біомінералогія, екологічна мінералогія, наномінералогія [11].

Є. Лазаренко – засновник української регіонально-мінералогічної школи. Ця нині загально визнана школа виникла й набирала силу у Львові, згодом (з 1969 р.) розвивалася й у Києві. Київський період школи мені особливо близький, оскільки, як зазначено вище, я перебував у гущі практично всіх подій і діянь, які супроводжували мінералогічне життя столиці й України в 1970-х роках.

На мою думку, чи не найвагомим досягненням Євгена Костянтиновича як мінералога є створена ним повнокровна світового рівня наукова регіонально-мінералогічна школа. Про це в авторитетному виданні “Горная энциклопедия” (1987. Т. 3) написано вичерпно лаконічно: “Е. К. Лазаренко – создатель украинской научной школы в области региональной минералогии”.

Важливу роль у розвитку школи відіграли підготовлені на геологічному факультеті Львівського університету молоді спеціалісти, які згодом стали знаними фахівцями-мінералогами. В Україні представники школи започаткували, подекуди розвинули структурну мінералогію і кристалохімію, мінералогічну кристалографію, сучасну космічну мінералогію, дослідження акцесорних мінералів, учення про типоморфізм мінералів, біомінералогічні дослідження, частково – фізику мінералів.

Вихованці школи, представники Київського і Львівського відділень УМТ, захистили понад 50 кандидатських і 10 докторських дисертацій. Серед них відомі вчені й педагоги З. Бартошинський, С. Бекеша, В. Бельський, П. Білоніжка, А. Вальтер, О. Винар, П. Вовк, Д. Возняк, М. Габінет, С. Галій, Ф. Зузук, В. Квасниця, Г. Кульчицька, Г. Легкова, О. Матковський, Ю. Мельник, В. Мельников, В. Павлишин, В. Семененко, К. Сидоренко, Л. Скакун, Є. Сливко, М. Сливко, Б. Сребродольський, В. Степанов, У. Феношин, Е. Янчук, А. Ясинська та ін.

Важливу роль у розвитку школи відіграли й відіграють її непрямі учасники, які стали відомими вченими за сприяння й підтримки Євгена Костянтиновича чи безпосередніх представників його школи й УМТ – А. Горовий, Т. Добровольська, П. Заріцький, В. Євтехов, М. Ковальчук, Ю. Мельник, І. Носирев, О. Палкіна, Б. Панов, Б. Пирогов, І. Прохоров, Г. Смирнов, В. Супричов, О. Тищенко та ін.

Розвиткові школи сприяло проведення періодичних наукових читань імені академіка Євгена Лазаренка (з 1997 р.) і видання підручників з мінералогії [14, 15] та регіональної [8] і генетичної [16] мінералогії.

В ухвалі останнього з'їзду УМТ (Київ, 2017) зазначено, що “головне завдання для нинішнього покоління українських мінералогів – зібрати всі сили і в наступні роки завершити роботу зі створення “Мінералогічної енциклопедії України”. Це обов’язок всіх мінералогів України”.

Саме з іменем Є. Лазаренка, як зазначено вище, пов’язують нове уявлення про мінералогію України, її унікальність, закономірності розподілу мінералів у земній корі, генезис і практичне значення мінералів. Академік М. Юшкін, оцінюючи 1982 р. стан вивченості топомінералогії СРСР, віддав пальму першості Є. Лазаренку й зазначив, що територія України – це найдетальніше мінералогічно вивчений регіон країни.

Цьому стислому висновку передувала велетенська дослідницька й науково-організаційна робота Є. Лазаренка, завдяки якій у Києві фактично на порожньому місці у стислі терміни вдалося сформувати добре підготовлений творчий колектив, який безупинно вдосконалювався за такою методологією: кожний член колективу мусив знати основи регіональної мінералогії й водночас спеціалізуватись у якійсь вузькій галузі – кристаломорфології, кристалохімії, термобарогеохімії. Євген Костянтинович вимагав (водночас усіляко сприяючи), щоб усі вузькоспеціалізовані фахівці стали лідерами щонайменше в Україні. Так і сталося.

Важливими є здобутки регіонально-мінералогічної школи в різних напрямках – мінералогічному описі України, мінералогічному картуванні, підготовці наукового фундаменту для створення у державі нових гірничорудних галузей [10], розвитку вчення про типоморфізм мінералів [11] тощо. Суттєві недоліки – у надрах України не відкривають нові мінерали, не напрацьовано досконалі закономірності розподілу мінералів у просторі (у надрах) і з часом.

Загальні проблеми мінералогії. У творчому доробку Є. Лазаренка чільне місце посідають розробки загальних проблем мінералогії, без яких немислима її фундаментальність як геологічної науки. “До цього зобов’язують, – любив повторювати Євген Костянтинович, – також ті обставини, що понад 75 % усіх матеріалів, які використовує людство для свого існування, припадає на мінерали”.

Учений неодноразово в різні роки формулював *завдання вітчизняної мінералогії* загальною або мінералогією окремих регіонів України – Донбасу, Кривбасу тощо, виходячи з того, що вони визначені не тільки станом і доцільністю подальшого розвитку науки, а й нагальними потребами господарства. Тридцять років тому він написав, що головним і

загальним завданням мінералогів є їхня активна участь у розширенні й зміцненні мінерально-сировинної бази для нашої промисловості й сільського господарства. Одночасно з вирішенням цього загального завдання потрібно з'ясувати й виявити закономірності утворення й розподілу мінеральних родовищ. Для цього треба невідкладно розробити розшукові критерії, що ґрунтуються на нових і точних теоретичних розробках. Ця думка актуальна й у наші дні. В одній зі статей 1967 р. наголошено на важливості створення за єдиним планом детальних мінералогічних зведень і карт. Нині мінералогічне картування – предмет турботи багатьох колективів і дослідників – приносить суттєву практичну користь.

Одним із важливих завдань Є. Лазаренко вважав вивчення *історії мінералогії*. В оглядах мінералогічної науки він акцентував увагу на важливості визначення наукового пріоритету нашої країни і зазначав, що історію вітчизняної мінералогії вивчено незадовільно й це негативно позначається на спрямуванні мінералогічних досліджень. Євген Костянтинович планував видати спільно з проф. І. Шафрановським багатотомну працю “Історія мінералогії”, перші її начерки були зроблені незадовго до смерті.

У 1971 р. на з'їзді ВМТ Є. Лазаренко висунув проблему *основних понять мінералогії* (мінералогія, мінерал, мінеральний вид, мінеральний різновид тощо). Пізніше за його ініціативою проблему обговорювали на різних наукових сесіях, найширше і плідно – у 1978 р. під час роботи спеціального симпозіуму в Керчі, якому передувало видання збірника “Основные понятия минералогии”. У чотирьох зразкових за формою і змістом доповідях, які виявилися останніми в його житті, Є. Лазаренко вичерпно проаналізував сучасну мінералогічну термінологію, запропонував “рецепти” для розробки загальновищезначених визначень мінералогії, відсутність яких вносить плутанину в друковані видання, ускладнює опрацювання мінералогічної інформації та викладання мінералогії у вищій школі. Євген Костянтинович відстоював визначення поняття “мінерал”, яке дав А. Булах (це природна хімічна сполука кристалічної будови), і запропонував для обговорення багато інших визначень, з яких наведемо декілька.

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

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

Мінеральний різновид – внутрішньовидова систематична категорія, складена з мінеральних індивідів заданого виду, які відрізняються від інших індивідів за хімічними або структурними ознаками.

Актуальність порушеної Є. Лазаренком проблеми полягала в тому, що вже через рік під егідою наукових і виробничих установ та організацій АН СРСР і Міністерства геології СРСР було проведено міжгалузеву координаційну нараду, присвячену визначенню понять “мінеральний вид” і “різновид мінерального виду”. Багато ідей Є. Лазаренка відображені в рішенні цієї наради [1].

Цікаві міркування висловив Євген Костянтинович у працях, присвячених аналізу *стану і напрямів розвитку мінералогії*. Він уважав, що в основі вітчизняної мінералогії є взаємозв'язані генетичний і кристалохімічний принципи, однак вони нерівноцінні. Кристалохімічний принцип, суть якого полягає у глибокому пізнанні взаємозв'язку хімічного складу, структури і властивостей мінералів, – дуже важлива допоміжна ланка у з'ясуванні історії мінеральної форми матерії в земній корі або Землі загалом. Тому найважливішим принципом, який повинен бути в основі мінералогічного методу дослідження (тобто в основі сучасної мінералогії та її подальшого розвитку), є генетичний.

Ґрунтуючись на ньому, можна найповніше і найбільш аргументовано розкрити причини виникнення значних концентрацій мінералів в окремих структурах земної кори, розкрити питання історії мінеральних тіл та еволюції мінеральної речовини в планетарному масштабі. Звідси випливає доцільність створення генетичної класифікації мінералів і відкриваються широкі можливості мінералогії у вирішенні загальногеологічних завдань. Євген Лазаренко, використавши, зокрема, фізичні властивості мінералів, густину окремих зон Землі й експериментальні результати, створив мінералогічну модель Землі [4]. Учений уважав, що завдяки досягненням мінералогії з'являється можливість кількісно схарактеризувати природу розподілу сейсмічних швидкостей у розрізі Землі та інші геофізичні "аномалії". У створеній ним мінералогічній моделі лініями мінеральних рівноваг обмежені поля стійкості найважливіших мінералів у тій чи іншій зоні або облонок Землі.

На спеціальну увагу заслуговує *мінералогічна кристалографія* – упроваджене Є. Лазаренком у науку 1951 р. поняття, яке незабаром закріпилося в мінералогії. Ідеї Євгена Костянтиновича й розробки інших авторів у цій галузі І. Шафрановський узагальнив у серії праць, серед яких першорядне значення має монографія, присвячена власне мінералогічній кристалографії.

На завершення згадаємо задумки Є. Лазаренка, які потроху розробляли, проте в життя так і не втілили.

Один із задумів Євгена Костянтиновича, пов'язаний зі створенням мінералогічного словника-довідника (енциклопедії) Карпато-Балканської гірської системи, не реалізовано. Учні й соратниками частково виконали це завдання – опубліковано мінералогічні зведення за країнами-учасницями КБГА, і 2002 р. у Празі вийшла книга "Minerals of the Carpathians" (Ed. by S. Szakáll. Praha: Granit, 2002. 479 p.).

Стосовно давно задуманої "Мінералогічної енциклопедії України", то нині є чимало напрацювань, проте остаточно вона монографічно не оформлена.

Не втілена до кінця реформа структури, кадрового потенціалу й розвитку науки в ІГН АН УРСР. Не вдалося також реформувати навчальний процес з мінералогії в Київському університеті імені Тараса Шевченка.

Як зазначено вище, одним із важливих завдань Є. Лазаренко уважав вивчення історії мінералогії. Передчасна смерть завадила Євгенові Костянтиновичу підготувати разом з І. Шафрановським багатотомну працю "История минералогии". Цю проблему частково вирішили його учні: у 2019 р. вийшла книга В. Павлишина, О. Матковського й С. Довгого "История минералогии в Украине. Від глибокої давнини до 90-х років ХХ ст." [11], а нині на стадії редагування перебуває її друга частина, яка стосується періоду від 1990-х років донині.

Висновки. Отже, десять суперактивних років (1969–1978) мінералогічних досліджень у Києві за участю й під керівництвом Є. Лазаренка дали Україні і світові один з найліпших для свого часу україномовний підручник з мінералогії (1970) та його російськомовний аналог (1971), унікальний тримовний "Мінералогічний словник" (1975), чотири колективні фундаментальні регіонально-мінералогічні монографії (1973–1981), які й досі є підручними книгами геологів, досить оригінальне генетичне узагальнення світового рівня "Опыт генетической классификации минералов" (1979), шість збірників наукових праць, відредагованих Є. Лазаренком, десятки статей, періодичне видання "Мінералогічний журнал" (1979). Євген Костянтинович організував і успішно провів два з'їзди УМТ, вісім різних за тематикою нарад, чимало наукових засідань УМТ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Белов, Н. В. (1980). Межотраслевое координационное совещание. *Минерал. журн.*, 2 (4), 103–104.
2. Кульчицька, Г., Черниш, Д. (укл.). (2019). Словник українських назв мінеральних видів. *Зап. Укр. мінерал. т-ва*, 16, 3–446.
3. Лазаренко, Е. К. (1977). Принципы составления и окончательный макет минералогической энциклопедии Карпато-Балканской горной системы. В кн. *Материалы Комиссии минералогии и геохимии № 3*. Киев: Наук. думка, 97–119.
4. Лазаренко, Е. К. (1979). *Опыт генетической классификации минералов*. Киев: Наук. думка.
5. Лазаренко, Е. К., Панов, Б. С., Груба, В. И. (1975). *Минералогия Донецкого бассейна. Ч. 1*. Киев: Наук. думка.
6. Лазаренко, Е. К., Панов, Б. С., Павлишин, В. И. (1975). *Минералогия Донецкого бассейна. Ч. 2*. Киев: Наук. думка.
7. Лазаренко, С. К., Винар, О. М. (1975). *Мінералогічний словник*. Київ: Наук. думка.
8. Матковський, О., Павлишин, В., Сливко, Є. (2009). *Основи мінералогії України*. Львів: ВЦ ЛНУ імені Івана Франка.
9. Матковський, О. І. (1992). Творчий шлях і науково-педагогічна спадщина Є. К. Лазаренка. У кн. *Матеріали наук. конф., присвяченої 80-річчю від дня народження Євгена Костянтиновича Лазаренка. Тези доп. і спогади*. Львів, 3–5.
10. Павлишин, В. (2021). *Шляхи розвитку та доля мінералогії України у кризових умовах*. Київ.
11. Павлишин, В., Матковський, О., Довгий, С. (2019). *Історія мінералогії в Україні. Від глибокої давнини до 90-х років ХХ ст.* Київ: Master-print.
12. Павлишин, В. І. (відп. ред.). (2019). *Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка НАН України: 50 років*. Київ.
13. Павлишин, В. І. (2019). Нотатки до історії створення “Мінералогічного журналу”. *Мінерал. журн.*, 41 (1), 77–80.
14. Павлишин, В. І., Довгий, С. О. (2008). *Мінералогія. Ч. 1*. Київ: КНТ.
15. Павлишин, В. І., Довгий, С. О. (2013). *Мінералогія. Ч. 2*. Київ: КНТ.
16. Павлишин, В. І., Матковський, О. І., Довгий, С. О. (2021). *Генезис мінералів. 3-є вид.* Київ.

REFERENCES

1. Belov, N. V. (1980). Intersectoral coordination meeting. *Mineral. J.*, 2 (4), 103–104. (in russian)
2. Kultchytska, H., & Chernysh, D. (Compilers). (2019). Dictionary of Ukrainian names of mineral species. *Proceedings of the Ukrainian Mineralogical Society*, 16, 3–446 (in Ukrainian)
3. Lazarenko, E. K. (1977). Principles of compiling and the final layout of the mineralogical encyclopaedia of the Carpathian-Balkan Mountain system. In *Materials of the Commission of Mineralogy and Geochemistry N 3*. Kiev: Naukova Dumka. (in russian)
4. Lazarenko, E. K. (1977). *Experience of genetic classification of minerals*. Kiev: Naukova Dumka. (in russian)

5. Lazarenko, E. K., Panov, B. S., & Gruba, V. I. (1975). *Mineralogy of the Donets Basin. Part 1*. Kiev: Naukova Dumka. (in russian)
6. Lazarenko, E. K., Panov, B. S., & Pavlyshyn, V. I. (1975). *Mineralogy of the Donets Basin. Part 2*. Kiev: Naukova Dumka. (in russian)
7. Lazarenko, Ye. K., & Vynar, O. M. (1975). *Mineralogical dictionary*. Kyiv: Naukova Dumka. (in Ukrainian)
8. Matkovskiy, O., Pavlyshyn, V., & Slyvko, Ye. (2009). *Fundamentals of mineralogy of Ukraine*. Lviv: Ivan Franko National University of Lviv Publishing House. (in Ukrainian)
9. Matkovskiy, O. I. (1992). Creative path and scientific-pedagogical heritage of Ye. K. Lazarenko. In *Materials of the scientific conference, dedicated to 80th anniversary of Yevhen Kostiantynovych Lazarenko birthday. Abstracts and memoirs*. Lviv, 3–5. (in Ukrainian)
10. Pavlyshyn, V. (2021). *Ways of development and destiny of mineralogy of Ukraine in crisis conditions*. Kyiv. (in Ukrainian)
11. Pavlyshyn, V., Matkovskiy, O., & Dovhyi, S. (2019). *History of mineralogy in Ukraine. From antiquity to the 90s of XX century*. Kyiv: Master-print. (in Ukrainian)
12. Pavlyshyn, V. I. (2019). Notes on the history of the “Mineralogical Journal”. *Mineral. J.*, 41 (1), 77–80. (in Ukrainian)
13. Pavlyshyn, V. I. (Ed.). (2019). *M. P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NAS of Ukraine: 50 years*. Kyiv. (in Ukrainian)
14. Pavlyshyn, V., & Dovhyi, S. (2008). *Mineralogy. Part 1*. Kyiv: KNT. (in Ukrainian)
15. Pavlyshyn, V., & Dovhyi, S. (2013). *Mineralogy. Part 2*. Kyiv: KNT. (in Ukrainian)
16. Pavlyshyn, V., Matkovskiy, O., & Dovhyi, S. (2021). *Genesis of minerals* (3rd ed.). Kyiv. (in Ukrainian)

Стаття: надійшла до редакції 29.05.2022
прийнята до друку 29.08.2022

Volodymyr Pavlyshyn

M. P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NASU,
34, Acad. Palladin Ave., Kyiv, Ukraine, 03142,
V.I.Pavlyshyn@gmail.com

THE MOST PRODUCTIVE KYIV PERIOD OF ACADEMICIAN YEVHEN LAZARENKO'S CREATIVE ACTIVITY IN THE FIELD OF MINERALOGY

The scientific achievements of Academician Yevhen Lazarenko during his life in Kyiv (1969–1978) are briefly analyzed. Significant achievements in the field of regional, genetic, applied and general mineralogy, formation of the concept of ways of mineralogy development, creation of a powerful Ukrainian regional mineralogical scientific school, establishment of two active structures – Ukrainian Mineralogical Society (UMS) and the Department of Regional and Genetic Mineralogy at the Institute of Geological Sciences of the UkSSR Academy of Sciences (in 1972 the Department was transferred to the Institute of Geochemistry and Physics of Minerals, now the M. P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the National Academy of Sciences of Ukraine) are connected with this period.

One of the best Ukrainian-language textbooks on mineralogy (1970) and its Russian-language analogue (1971), as well as the Ukrainian-Russian-English “Mineralogical Dictionary” (1975, co-author O. Vynar) were published. A new professional periodical was founded – “Mineralogical Journal” (1979) as well as two periodical thematic collections – “Mineralogy of Sedimentary Formations” and “Regional and Genetic Mineralogy”.

One of Ye. Lazarenko's activities were the organization of regular mineralogical forums. They were diverse in form and content, but they certainly discussed topical issues of mineralogy in Ukraine and in general. The scientist personally organized and successfully held two congresses of UMS, eight different meetings on various topics, many scientific meetings of UMS.

The Kyiv period of Ye. Lazarenko's activity includes a rather original world-class genetic generalization “Experience of Genetic Classification of Minerals” (1979), six collections of scientific works edited by him, dozens of scientific articles and four collective fundamental regional mineralogical monographs (1973–1981), which are still the textbooks of geologists.

Key words: Academician Yevhen Lazarenko, mineralogy, Kyiv, scientific activity, Ukrainian Mineralogical Society, scientific mineralogical school.

УДК 549:002.4

Ганна Кульчицька¹, Дарія Черниш², Лариса Сетая³

*Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення
імені М. П. Семененка НАН України,
просп. акад. Палладіна, 34, Київ, Україна, 03142*

¹kulchetchanna@gmail.com; <http://orcid.org/0000-0002-7206-4797>

²chernysh@nas.gov.ua; <https://orcid.org/0000-0001-5390-2591>

³lasetaya@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-2996-0289>

ВІД “МІНЕРАЛОГІЧНОГО СЛОВНИКА” ДО “УКРАЇНСЬКОЇ НОМЕНКЛАТУРИ МІНЕРАЛІВ”

У “Мінералогічному словнику” С. Лазаренка і О. Винар (1975) уперше опубліковано українською мовою всі відомі на той час назви мінералів: затверджені, застарілі, синоніми, назви відмін. Це також тлумачний словник, оскільки містить найважливішу інформацію про мінерал – від хімічного складу і фізичних властивостей до поширення й етимології назви. Більшість наведених у ньому мінералогічних термінів запозичено з російської мови, хоча низку давньоукраїнських слів збережено як нормативні історичні назви мінералів. Частину термінів, зокрема, назви нещодавно відкритих мінералів, запозичено напряму з інших мов за правилами транскрипції українською й записано згідно з чинним на той час правописом. Такі терміни часто не збігалися з транскрибованими з російської. Це призвело до появи розмаїття термінів для одного виду з розбіжностями в одну–дві літери. Перед термінологічною комісією, створеною 2017 р. при Українському мінералогічному товаристві, було поставлено завдання впорядкувати номенклатуру мінералів, оскільки вона, як уважав акад. С. Лазаренко, є мовою мінералогів. Комісія ухвалила головні принципи утворення й орфографії українських назв мінералів. Підготовлена до друку монографія “Українська номенклатура мінералів”, у якій зібрано інформацію про 5 780 мінеральних видів, відомих станом на 2021 р., покликана допомогти мінерологам розмовляти однією мовою.

Ключові слова: мінералогічний словник, термінологічна комісія, історична назва мінералу, транскрипція, номенклатура мінералів, українська мова.

DOI: <http://dx.doi.org/10.30970/min.72.03>

Вступ. Майже півстоліття тому побачив світ “Мінералогічний словник” Євгена Лазаренка й Оксани Винар [12]. Академік С. Лазаренко (до того ще й автор декількох підручників з мінералогії) приділяв номенклатурі мінералів значну увагу. “Основные понятия минералогии” – саме такій темі було присвячено останню організовану ним все-союзну нараду з мінералогії й підготовлений до неї збірник матеріалів [11]. Чільне місце серед розглянутих на нараді питань посідала номенклатура мінералів. “Номенклатура – це система назв, роль яких зводиться до позначення систематичних одиниць або категорій для полегшення спілкування між спеціалістами. Мінералогічна номенклату-

ра – мова мінералогів. Мова може бути гарним засобом спілкування тільки за умови її значного поширення й однакового змісту тих самих слів” (переклад наш – Г. К.) [11, с. 17].

Мінералогічні словники. Слова Євгена Лазаренка про номенклатуру як мову мінералогів опубліковано після оприлюднення згаданого “Мінералогічного словника” – першого словника, де були зібрано й записано українською мовою всі відомі на той час назви мінералів. Виконавши титанічну роботу зі створення української номенклатури мінералів у вигляді тримовного українсько-російсько-англійського словника [12], Євген Костянтинович планував продовжувати працю в цьому напрямі, та не встиг... Звичайно, і до того були різні видання з українськими назвами мінералів, зокрема, праці І. Верхратського [4], словник П. Тутковського [14], видання АН УРСР [9]. Та це крапля в морі порівняно з кількістю мінералів, відкритих до середини ХХ ст., не кажучи вже про сучасність. У “Словнику геологічної термінології” П. Тутковського (російсько-українському й навпаки) заледве набереться сотня термінів, які тією чи іншою мірою стосуються мінералів. Словник не містить ніякої іншої інформації про мінерал, крім правопису його назви, до того ж з деякими суперечностями. Якщо в першому розділі (російсько-українському) терміни *аргон*, *арагоніт*, *аргентит* написані через літеру “г”, то в українсько-російському розділі, який, вочевидь, був підготовлений уже після узаконення літери “г” в українській абетці, читаємо *аргон*, *арагоніт*, *аргентит*. Там же *геоїд* і *геотектоніка*, однак *геольогія* і *геотермічний градієнт*. Та це був крок уперед, оскільки прикладів сліпого калькування з російської на кшталт *с’ємка*, *удільна вага*, *містонаходження* вистачало. Як зазначав автор, “...я вважаю за першу спробу складання пекуче потрібної нам термінології, але спробою потрібною і здатною, щоб користуватися нею при складанні книжок або розправ, – здатною, також, щоб усунути згадані вище негарні і цілком хибні, неукраїнські терміни, що засмічують нашу наукову мову” [14, с. 8].

Тримовний “Мінералогічний словник” [12] став не тільки довідковим виданням для перекладу назв мінералів з російської й англійської мов українською. Це свого роду тлумачний словник мінералогічних термінів, скорочений варіант мінералогічної енциклопедії на зразок праці Дж. Д. Дена та ін. “Система минералогии” (ИЛ, 1950–1963) або довідника “Минералы” (Наука, 1960–2003). Окрім власне назви трьома мовами, словник містить усю необхідну інформацію про мінерал: етимологію назви, дані про хімічний склад і структуру мінералу, його фізичні й кристалооптичні властивості, форму кристалів, поширення в геологічних комплексах. Таких статей у словнику близько 2 600. Попри певну застарілість інформації, “Мінералогічний словник” і нині є важливим довідковим джерелом знань про мінерали. Словник також містить роз’яснення щодо кількох тисяч рідкісних, забутих і маловживаних мінералогічних термінів, на які можна натрапити в давнішній геологічній літературі. Таке зібрання цінне і з історичного, і з наукового погляду.

На особливу увагу заслуговує спосіб утворення авторами “Мінералогічного словника” українських назв мінералів.

1. Збережено деякі давньоукраїнські назви мінералів, мінералоїдів та їхніх відмін як історичні. Одні з них стали нормативними (галун, смарагд, сірка, срібло), інші збережено як синоніми до нормативних (діамант, бурштин).

2. Більша частина назв мінералів скальована (транскрибована) з російських джерел, незалежно від того, як утворена російська назва, – за правилами транслітерації чи транскрипції, з мови оригіналу чи з англійської. Їх прийнято за історичні назви, що перейшли в українську мову через російську, і записано за правилами тогочасного українського

правопису (редакція 1961 р.). Найбільшим джерелом російських назв на той час була “Мінералогія” А. Бетехтіна (Госгеолиздат, 1950).

3. Українські назви мінералів, які були відкриті протягом наступних десятиліть і не були розтиражовані в російськоалфавітній літературі, автори словника напряму утворили з латиноалфавітних.

Саме такі назви мінералів призвели до численних розбіжностей в українській мінералогічній літературі. Попри те, що ці назви записані літерами англійської абетки, українські синоніми від них у словнику утворювали з урахуванням мови країни, де було знайдено мінерал, і за правилами транскрибування для української мови (для цього консультувались з лінгвістами) [12]. Латиноалфавітні терміни з початковою “h” записано українською з початковою “г”. Як наслідок, у словнику з’явилися такі назви мінералів, як *гейдорніт*, *гатоніт*, *годрушит*, *гейровськіт* тощо (ці мінеральні види відкрили в період 1950–1971 рр.). У російськоалфавітній літературі, навіть виданій у Києві [13], назви цих мінералів записано за правилами транскрибування для російської мови: *хейдорніт*, *хаттоніт*, *ходрушит*, *хейровскіт*. Водночас були ще й транслітеровані варіанти: *харлбатит* і *херлбатит*, *хантит* і *хунтит*, *ибонит* і *гібонит*, відповідно. Деякі найчастіше вживані з транслітерованих термінів у російських мінералогічних словниках закріплено як нормативні [10, 15]. Коли в пострадянські часи у геологів виникла потреба записати назву мінералу українською, то вони зверталися не до єдиного українського “Мінералогічного словника”, а робили власне калькування зі словників російських. Так наукова й деяка довідкова література “збагатилася” численними українськими синонімами назви одного виду: *гантит*, *хантит*, *хунтит*. Після того, як тісний обмін науковою літературою з Росією звузився, українські мінералоги робили власні транслітерації з англійської, ігноруючи рекомендації міжнародних інституцій, у яких заборонено запозичати орфографію назви з перекладів [17]. Найбільшим “каменем спотикання” стали назви китайського походження: в українській номенклатурі мінералів з’явилися орфографічно різні назви одного виду: *qusongite* – *цюйсуніт* і *кусонгіт*, *xifengite* – *цифенгіт* і *ксифенгіт* тощо.

Мінералогічні словники містять багато прикладів, коли назви різних мінералів відрізняються однією літерою: *ашарит* й *аширит*; *байерит* і *бейерит*; *бузерит*, *буазерит*, *буаззерит* тощо. Завдання мінералогічної номенклатури полягає саме в тому, щоб забезпечити чітко позначення складу речовини й у письмовій, і в розмовній формах, створити однозначну відповідність назви хімічної формулі і структурі природної сполуки, щоб не переплутати один мінерал з іншим та ідентифікувати його тільки за назвою. Номенклатура допомагає також розділити назви, що стосуються мінералів, на категорії й чітко окреслити їхній статус (затверджена, дискредитована, синонім затвердженої, назва відміни). Не всі сучасні пошукові системи справляються з поставленим завданням. Найважчий випадок – коли розбіжності в термінах виявляються з першої літери, як у випадку чергування “t” і “x” у назвах мінералів. Залежно від мови оригіналу, латинські літери “h”, “c”, “v”, “y” можуть передаватися різними літерами української абетки. Тому дуже важливо, щоб створення номенклатури мінералів будь-якою мовою не відбувалося самопливом.

Функції громадських мінералогічних організацій. Контроль за номенклатурою зазвичай провадять громадські організації. Після того, як кількість мінеральних видів перевищила тисячу, а кількість їхніх назв – у десять разів більше (<http://www.webmineral.com/>), у 1959 р. мінералоги створили Міжнародну мінералогічну асоціацію (ММА) (International Mineralogical Association (IMA)). Дві комісії при ММА взяли під

свій контроль упорядкування номенклатури й затвердження нових видів. З 2006 р. усіма питаннями займається Комісія з нових мінералів, номенклатури і класифікації (КНМНК) (Commission on New Minerals, Nomenclature and Classification (CNMNC)). У колишньому СРСР питаннями номенклатури опікувалася Комісія мінералогічної термінології й номенклатури Всесоюзного мінералогічного товариства (ВМТ) (Всесоюзное минералогическое общество (ВМО)). Українське мінералогічне товариство (УМТ), яке на перших порах було лише відділенням ВМТ, питаннями номенклатури не займалося. Затвердження нових видів і зв'язок українських мінералогів з міжнародною організацією відбувалися через посередника – ВМТ.

У 1994 р. УМТ стало членом ММА, вийшовши зі складу ВМТ. Відтоді питання мінералогічної номенклатури лягло на плечі УМТ. Однак тільки 2017 р. на ІХ з'їзді УМТ було створено термінологічну комісію. До її складу ввійшли провідні мінералоги країни, головою комісії обрали проф. В. Павлишина. Комісія виробила головні принципи утворення українських назв мінералів, продовживши традицію, започатковану авторами “Мінералогічного словника”, і ухвалила таке:

а) зберегти орфографію назв мінералів, що ввійшли до “Мінералогічного словника” й позначені в ньому як нормативні. Уважати їх історичними назвами, що перейшли в українську з різних мов. Виняток зроблено, відповідно до рекомендацій ММА [17], для двослівних термінів – їх треба замінити одним словом: *золото* замість *золото самородне*, *галун-(К)* замість *галун калієвий*, *нітратин* замість *селітра натрієва* тощо. Комісія також віддала пріоритет раніше опублікованим у світі назвам (*аланіт*, *титаніт*, *леоніт*, *афтіталіт* тощо) замість поширених у вітчизняній літературі (відповідно, *ортит*, *сфен*, *каліастраханіт*, *лазерит*), які вирішено позначати як синоніми до ухвалених ММА. Водночас комісія повернула пріоритетність давній українській назві *діамант*, визнавши *алмаз* її синонімом;

б) уважати історичними назви мінералів, що були відкриті до 1991 р. і перейшли в українську мову з російської. Записувати ці назви відповідно до чинного на той час українського правопису;

в) записувати українською транскрипцію (вимову) латиноалфавітних назв мінералів, відкритих з часу здобуття Україною незалежності (з 1991 р.), відповідно до українського правопису 2019 р.

Зазначимо, що гостра потреба в українській науковій термінології спричинила появу після 1991 р. серії геологічних і мінералогічних словників – різної спеціалізації, наповнення, поширення й якості [1, 2, 5–8 та ін.]. Одні їхні автори й укладачі взялися активно впроваджувати літеру “г” у наукову термінологію, виправляючи історичні назви [1, 3], інші ж цю літеру проігнорували [7, 16]. Якщо вже виправляти історичні назви, то, згідно з правилами правопису 2019 р., треба писати *діамант* і *главконіт*. До речі, саме такою є орфографія цих термінів у словнику П. Тутковського [14]. Усі зазначені словники повернуті в минуле, удосконалюють на свій лад наявні терміни, і в жодному з них не охоплено нові мінеральні види, які постійно з'являються в англомовній науковій літературі. Створюючи власну транслітерацію англійських термінів (не завжди правильну), українські мінералоги ще більше засмічують наукову термінологію синонімами.

Сучасна українська мінералогічна номенклатура. Відповідно до ухвали термінологічної комісії при УМТ підготовлено проєкт “Словника українських назв мінеральних видів”, куди також увійшли їхні синоніми й назви багатьох відмін. Проєкт опубліковано 2019 р. у друкованому органі УМТ – “Записках Українського мінералогічного товариства”. Усі види мінералів, затверджені КНМНК на кінець 2019 р. (5 562 види), отримали

еквівалентні назви українською мовою, утворені згідно з рекомендаціями термінологічної комісії. Назву виду продубльовано латиницею й літерами російської абетки, наведено кристалохімічну формулу, дату відкриття мінералу, етимологію назви, що дає читачам змогу зробити свій висновок стосовно вимови й правопису української назви.

Мінеральний світ не стоїть на місці. За два роки, що минули з часу виходу “Записок УМТ”, він поповнився на понад дві сотні мінеральних видів: на кінець 2021 р. їхня кількість сягнула 5 780. Водночас декілька видів втратило статус затверджених, КНМНК їх дискредитувала. Зміни торкнулися також хімічного складу і структури деяких видів. Отже, потрібно постійно оновлювати дані про мінеральний вид, що найліпше робити з використанням вебресурсів. Для цього УМТ разом з Інститутом геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка НАН України (ІГМР) за спонсорської допомоги доньки Є. Лазаренка Євгенії започаткувало вебсайт “Мінералогічна енциклопедія України”, куди заносять усі зміни в царстві мінералів. Однак ці зміни не повинні стосуватися назв мінералів та їхнього правопису, щоб не спричинити колапс пошукових систем.

В англійській, німецькій, іспанській мовах (<http://www.mindat.org/>) багато помилкових назв мінералів, які делікатно називають синонімами. Не злічити їх у російській [10] та українській [12] мовах. Для цього й працюють комісії при ММА, ВМТ і УМТ, щоб ухвалити одну назву мінералу. На підставі доопрацьованого “Словника українських назв мінеральних видів”, доповненого інформацією про нові, зареєстровані протягом 2019–2021 рр. види й даними про структуру мінералів і належність до великих груп, ми підготували до друку монографію “Українська номенклатура мінералів”. Сподіваємося, що ця спільна праця двох мінералогічних інституцій – ІГМР і УМТ, рекомендована до друку рішенням вченої ради ІГМР (відп. ред. – акад. О. Пономаренко), стане термінологічною опорою для українських мінералогів та інших фахівців у царині наук про Землю. Конкретний мінеральний вид повинен мати одну назву без огляду на те, утворена вона транслітерацією чи транскрипцією і наскільки точно вона відповідає історичній назві чи назві, яку запропонував автор знахідки. Адже назва мінералу – це тільки символ, здебільшого не пов’язаний з властивостями природної речовини. Якщо номенклатура – це мова мінералогів, як писав Є. Лазаренко, то назви мінералів у ній – тільки слова. Так само, як *вікно*, *день*, *ніч* у повсякденній мові, яку всі розуміють. Українським мінералогам, щоб розуміти один одного, залишається тільки розмовляти однією мовою.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Білецький, В. С. (ред.). (2001–2004). *Гірничий енциклопедичний словник. У 3-х томах*. Донецьк: Східний видавничий дім.
2. Білецький, В. С., Омельченко, В. Г., Горванко, Г. Д. (укл.). (2017). *Мінералогічний словник*. Маріуполь: Східний видавн. дім; Київ: Книжкова палата; Ів.-Франківськ: ІФНТУНГ.
3. Білецький, В. С., Суярко, В. Г., Іщенко, Л. В. (2018). *Мінералого-петрографічний словник. Кн. 1. Мінералогічний словник*. Харків: НТУ “ХПІ”, Київ: ФОП Халіков Р. Х.
4. Верхратський, І. (1909). Виразня мінералогічна. *Збірник математично-природописно-лікарської секції наукового товариства імені Шевченка*, 13, 1–64.
5. Виноградов, Г. Ф., Добрянський, Ю. Є., Мороз, С. А. та ін. (укл.). (2018). *Російсько-український геологічний словник*. Київ: ВПЦ “Київський університет”.

6. Вовченко, Р., Матковський, О., Бакуменко, І., Бохорська, Л., Полубічко, О. (2006). *Словник-довідник ювелірного і колекційного каміння*. Львів: Видавн. центр ЛНУ імені Івана Франка.
7. Вовченко, Р., Матковський, О., Бохорська, Л., Полубічко, О. (2011). *Російсько-український геологічний словник*. Львів: ЛНУ імені Івана Франка.
8. Гейченко, В. В., Завірюхіна, В. М., Зеленюк, О. О., Коломієць, В. Г., Кратко, М. І., Тельнюк-Адамчук, В. В., Хоменко, М. П. (1998). *Російсько-український словник наукової термінології: Математика. Фізика. Техніка. Науки про Землю та Космос*. Київ: Наук. думка.
9. Головащук, С. І., Соколовський, І. Л. (укл.). (1959). *Російсько-український геологічний словник*. Київ: Вид-во Академії наук УРСР.
10. Кривовичев, В. Г. (2008). *Минералогический словарь*. Санкт-Петербург: Изд-во СПб. ун-та.
11. Лазаренко, Е. К. (отв. ред.). (1978). *Основные понятия минералогии*. Киев: Наук. думка.
12. Лазаренко, Є. К., Винар, О. М. (1975). *Мінералогічний словник*. Київ: Наук. думка.
13. Поваренных, А. С. (1966). *Кристаллохимическая классификация минеральных видов*. Киев: Наук. думка.
14. Тутковський, П. А. (1923). *Словник геологічної термінології. Проект*. Київ: Державне вид-во України.
15. Флейшер, М. (1990). *Словарь минеральных видов*. Москва: Мир.
16. Ципко, О. К., Арсірій, Ю. О., Савченко, В. Л. (1993). *Російсько-український словник геологічних термінів*. Чернігів: Десна.
17. Nickel, E. H., & Grice, J. D. (1998). The IMA Commission on new minerals and mineral names: Procedures and guidelines on mineral nomenclature. *Canadian Mineralogist*, 36, 3–16.

REFERENCES

1. Biletskyi, V. S. (Ed.) (2001–2004). *Mining encyclopaedic dictionary*. Donetsk: Eastern Publ. House. (in Ukrainian)
2. Biletskyi, V. S., Omelchenko, V. H., & Horvanko, H. D. (Compilers). (2017). *Mineralogical dictionary*. Mariupol: Oriental Publ. House, Kyiv: Book Chamber; Ivano-Frankivsk: IFNTUOG. (in Ukrainian)
3. Biletskyi, V. S., Suiarko, V. H., & Ishchenko, L. V. (2018). *Mineralogical and petrographic dictionary. Book 1. Mineralogical dictionary*. Kharkiv: NTU HPI, Kyiv: IE Halikov R. H. (in Ukrainian)
4. Verkhratskyi, I. (1909). *Mineralogical dictionary. Mathematical-Natural-Medical Section of the Shevchenko Scientific Society*, 13, 1–64. (in Ukrainian)
5. Vynohradov H. F., Dobrianskyi, Yu. Ye., Moroz, S. A. et al. (Compilers). (2018). *Russian-Ukrainian geological dictionary*. Kyiv: Publishing and Printing Centre “Kyiv University”. (in Ukrainian)
6. Vovchenko, R., Matkovskiy, O., Bakumenko, I., Bokhorska, L., & Polubichko, O. (2006). *Dictionary-reference book of precious jewels and collection stones*. Lviv: Publ. House of Ivan Franko National University of Lviv. (in Ukrainian)

7. Vovchenko, R., Matkovskiy, O., Bokhorska, L., & Polubichko, O. (2011), *Russian-Ukrainian geological dictionary*. Lviv: Publ. House of Ivan Franko National University of Lviv. (in Ukrainian)
8. Heychenko, V. V., Zaviriukhina, V. M., Zeleniuk, O. O., Kolomiiets, V. H., Kratko, M. I., Telniuk-Adamchuk, V. V., & Khomenko M. P. (1998). *Russian-Ukrainian dictionary of scientific terminology: Mathematics. Physics. Machinery. Earth and Space Sciences*. Kyiv: Naukova Dumka. (in Ukrainian)
9. Holovashchuk, S. I., & Sokolovskiy I. L. (Compilers). (1959). *Russian-Ukrainian geological dictionary*. Kyiv: Publ. House of the Academy of Sciences of the USSR. (in Ukrainian)
10. Krivovichev, V. G. (2008). *Mineralogical dictionary*. St. Petersburg: St.-Petersburg Univ. Publ. House. (in russian)
11. Lazarenko, Ye. K. (Ed.) (1978). *Basic concepts of mineralogy*. Kiev: Naukova Dumka. (in russian)
12. Lazarenko, Ye. K., & Vynar, O. M. (1975). *Mineralogical dictionary*. Kyiv: Naukova Dumka (in Ukrainian).
13. Povarennykh, A. S. (1966). *Crystallochemical classification of mineral species*. Kiev: Naukova Dumka. (in russian)
14. Tutkowski, P. (1923). *Dictionary of geological terminology. Project*. Kyiv: State Publ. House of Ukraine (in Ukrainian).
15. Fleischer, M. (1990). *Glossary of Mineral Species*. Moscow: Mir. (in russian)
16. Tsytko, O. K., Arsirii, Yu. O., & Savchenko, V. I. (Compilers). (1993). *Russian-Ukrainian dictionary of geological terms*. Chernihiv: Desna. (in Ukrainian)
17. Nickel, E. H., & Grice, J. D. (1998). The IMA Commission on new minerals and mineral names: Procedures and guidelines on mineral nomenclature. *Canadian Mineralogist*, 36, 3–16.

Стаття: надійшла до редакції 05.06.2022
прийнята до друку 29.08.2022

Hanna Kulchytska, Dariia Chernysh, Larysa Sietaia

*M. P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NASU,
34, Acad. Palladin Ave., Kyiv, Ukraine, 03142,
kulchechanna@gmail.com*

FROM “MINERALOGICAL DICTIONARY” TO “UKRAINIAN NOMENCLATURE OF MINERALS”

“Mineralogical Dictionary”, written by Ye. Lazarenko and O. Vynar (1975), was the first to publish in Ukrainian all the names of minerals known at that time: approved, obsolete, synonyms, names of varieties. It was also an explanatory dictionary, since it contained the most important information about the mineral – from the chemical composition and physical properties to the distribution and etymology of the name. The dictionary also contains explanations of several thousand rare, forgotten and underused mineralogical terms that can be found in the ancient geological literature. Such a collection is valuable both historically and scientifically.

After the number of mineral species exceeded one thousand, and the number of their names – ten times more, in 1959 mineralogists created the International Mineralogical Association (IMA), under which two commissions were set up to control the regulation of the nomenclature of minerals and the approval of new mineral species. In 2006, Commission on New Minerals, Nomenclature and Classification (CNMNC) was set up. The Ukrainian Mineralogical Society (UMS) became a member of the IMA in 1994.

Most mineralogical terms, used by Ukrainian mineralogists, were borrowed from Russian, although a number of ancient Ukrainian words have been preserved as normative historical names of minerals. Some of the terms, in particular the names of recently discovered minerals were borrowed directly from other languages according to the rules of transcription and written in accordance with the current Ukrainian spelling. They often did not coincide with those transcribed from Russian. This led to the emergence of a variety of terms for one species with a one–two letters difference.

The urgent need for Ukrainian scientific terminology led to the emergence after 1991 of a series of geological and mineralogical dictionaries – of different specialization, content, distribution and quality. All of these dictionaries are a thing of the past, refining existing terms in their own way, and none of them cover new mineral species that are constantly appearing in English-language scientific literature. But a particular mineral species must have one name, regardless of whether it is formed by transliteration or transcription and how exactly it corresponds to the historical name or the name proposed by the author of the discovery.

The Terminological Commission, established in 2017 at the UMS was given a task of arranging the nomenclature of minerals. According to Acad. Ye. Lazarenko, nomenclature is the language of mineralogists. The Commission approved the main principles of Ukrainian mineral names formation and spelling. Prepared for publication in accordance with the decisions of the Terminology Commission the “Ukrainian Nomenclature of Minerals” monograph, which contains information on 5 780 mineral species known as of 2021, should help Ukrainian mineralogists speak the same language.

Key words: mineralogical dictionary, terminological commission, historical name of mineral, transcription, nomenclature of minerals, Ukrainian language.

УДК 549.211

Віктор Квасниця

*Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення
імені М. П. Семененка НАН України,
просп. акад. Палладіна, 34, Київ, Україна, 03142
kvasnytsya@ukr.net
<https://orcid.org/0000-0002-3692-7153>*

ОСОБЛИВОСТІ МЕТАМОРФІЧНИХ ДІАМАНТІВ

Узагальнено оригінальні й літературні дані з мінералогії так званих метаморфічних діамантів. Стисло висвітлено відомості про геологію діамантоносних порід та їхні індикаторні мінерали: поширення, вік, геологічну позицію ультраметаморфітів, мінерали-індикатори їхньої діамантоносності, мінерали діамантних парагенезисів. Схарактеризовано особливості метаморфічних діамантів – кількість виділень у породах, їхній мікронний розмір, розмаїття форми кристалів, структурну недосконалість і нормальний механізм росту багатьох кристалів, переважний легкий ізотопний склад їхнього вуглецю, високий вміст домішок азоту та їхній низький стан агрегації, належність до спектрального типу Ib–IaA, збагачення домішками, вміст специфічних твердих включень і незвичайність мінеральних асоціацій. Є багато гіпотез про утворення кристалів метаморфічного діаманта, у тім числі їхнього метастабільного росту. Найімовірнішою вважають гіпотезу про їхнє субдукційне походження в мантиї за досить високих *PT*-параметрів. Виконано зіставлення кокчетавських мікродіамантів із метаморфічних порід Казахстану і самотканських мікродіамантів із неогенових пісків Середнього Придніпров'я України.

Ключові слова: діамант, морфологія, ізотопний склад вуглецю, домішки азоту, тверді включення, ультраметаморфічні породи.

DOI: <http://dx.doi.org/10.30970/min.72.04>

Моє ознайомлення з кристалами діаманта відбулося ще в студентські роки під керівництвом проф. З. Бартошинського, відомого дослідника якутських діамантів. Згодом я вивчав мінералогію і кристалографію діамантів України під час навчання в аспірантурі під керівництвом акад. Є. Лазаренка. Світлій пам'яті цих двох моїх незабутніх учителів і присвячено стислий огляд особливостей метаморфічних діамантів.

Вступ. Метаморфічні діаманти – під такою назвою увійшли в геологічну літературу мікродіаманти з ультраметаморфізованих порід багатьох регіонів світу. Розмір таких кристалів зрідка перевищує 0,2 мм. Спочатку значну їхню кількість відшукали кримські геологи в палеогенових титаноносних пісках Північного Казахстану [2]. Специфіка знайдених мікродіамантів свідчила про незвичайність їхніх корінних джерел. На цій підставі казахстанські геологи почали розшукові роботи, що привело до відкриття мікродіамантів і в ультраметаморфічних породах Кокчетавського масиву на півночі Казах-

стану [1]. Зазначимо, що раніше в корі звірювання докембрійських еклогітів цього масиву виявили макродіамант – кристал перехідної форми октаедр–ромбододекаедр розміром 1,6 мм і масою 4,67 мг [10]. Згодом мікродіаманти було відкрито в подібних ультраметаморфічних породах багатьох місць Азії, Європи й Африки.

Мінералогію метаморфічних діамантів схарактеризовано в численних публікаціях зарубіжних учених та оглядовій праці Л. Добржинецької [15]. У вітчизняній геологічній літературі ця галузь знань про діамант представлена вкрай мало, незважаючи на те, що значну частину розсіпних мікродіамантів із неогенових пісків Українського щита (УЩ) і його схилів часто зачисляють саме до генетичного типу діаманта з ультраметаморфічних порід, пов'язаних з еклогіто-гнейсовими комплексами.

Наша мета – висвітлити особливості мікродіамантів з ультраметаморфічних порід, на підставі чого довести їхню відмінність від діамантів з інших мантійних порід, особливо кімберлітів, лампроїтів, лампрофірів, та з'ясувати, наскільки вони зіставні з мікродіамантами з неогенових пісків України.

Нижче наведено стислий огляд найважливіших ознак метаморфічних діамантів, головню, за літературними даними, особливо за публікаціями про мікродіаманти з ультраметаморфічних порід Кокчетавського масиву. Ми також мали змогу вивчати кокчетавські мікродіаманти, і результати цих досліджень узятю до уваги.

Поширення, вік і геологічна позиція діамантоносних ультраметаморфітів. Як уже зазначено, уперше новий тип діамантоносних некімберлітових порід з мікродіамантами було відкрито в Кокчетавському масиві Казахстану. Мікрористали діаманта виявили в породах давнього метаморфічного комплексу й різновікових розсіпах [1–3]. Крім добре вивчених корінних і розсіпних родовищ та проявів діаманта в Кокчетавському масиві [1–3, 15], подібні мікрористали відшукали в метаморфічних породах гірського масиву Дабешань у Центральному Китаї [38], острова Фьортофт у Північній Норвегії [16], масиву Ерцгебірге в Німеччині [31], у Богемському масиві в Чехії [30], метаморфічних масивах Родопів у Греції [29] і Болгарії [34], Західних Альп в Італії [24] і Східних Альп у Словенії [25] (табл. 1). Найдокладніше висвітлено мінералогію діамантів Кокчетавського масиву й масиву Ерцгебірге.

Зазначені ультраметаморфічні породи та їхні масиви відомі в західній літературі під назвою *ultrahigh-pressure metamorphic (UHPM) terranes* – метаморфічні комплекси надвисоких тисків. Вони містяться в орогенних поясах, які утворені в місцях зіткнення тектонічних плит океанічної чи континентальної кори внаслідок їхньої колізії й субдукції в мантію й подальшої ексгумації в кору. Майже всі відомі метаморфічні пояси, що містять діамант, виникли в межах конвергентних плит у палеозої–мезозої (531–92 млн років), за винятком нового діамантоносного террейну в Західних Альпах, який утворився під час альпійського орогенезу (65,5–2,6 млн років). Однак у дещо ширшу вікову (протерозойсько-палеозойсько-мезозойсько-кайнозойську) групу потрапляють більше поширені в різних місцях світу аналогічні за природою метаморфічні комплекси надвисоких тисків, які містять коесит [15].

Класичні діамантоносні террейни УНПМ звичайно складені метаосадовими породами з включеннями шарів або лінз еклогіту й гранатового перидотиту як мантійного, так і корового походження. Мікродіаманти більше поширені в метаосадових породах, ніж в еклогітах і гранатових перидотитах, імовірно, тому, що вихідні осадові породи були багаті на органічний вуглець та інші компоненти як джерело вуглецю й рідких фаз для утворення діамантів.

Таблиця 1

Ультраморфні території світу, у яких виявлено мікродіаманти [15, 24, 25, 34]

Террейн, місцезнаходження	Вік ультраморфних діамантоносних порід, млн років	Параметри утворення діамантоносних порід (P , ГПа; T , °C) та їхні мінерали-індикатори
Казахстан, Кокчетавський масив, рудопроєви Кумди-Коль і Барчи-Коль (Kumdy-Kol and Barchi-Kol)	531	6–9; 980–1 200; коєсит, титаніт з ламелями коєситу, включення арагоніту і $MgCO_3$ у діамантах, діамант
Китай, рудопроєви Даби-Сулу, Північний Квайдама, Квінлінг (Dabie-Sulu, Northern Qaidam, Qinling)	Даби-Сулу: 220–240; Північний Квайдама: 420–450; Квінлінг: 507	Даби-Сулу: >2,7–5,0; 600–930; Півн. Квайдама: >2,8–4,0; 620–740; коєсит, діамант; Квінлінг: > 2,6; 590–760; коєсит, мейджоритовий гранат, релікти стишовіту, діамант
Норвегія, Західний гнейсовий регіон, рудопроєви Фьортофт, Швартбергет (Western Gneiss Region, Fjortoft, Svartberget)	408–425	>3,2–4,0; 800; коєсит, мейджоритовий гранат, діамант
Німеччина, масив Ерцгебірге (Erzgebirge)	360	>7; 900–1 200; коєсит, діамант, TiO_2 зі структурою αPbO_2
Чехія, Богемський масив, Молданобська зона (Moldanobian zone)	360	~ 1; 1 100; діамант
Словенія, Східні Альпи, Погор'я (Pohorje)	95–92	≥ 3,5; 800–850; діамант, муасаніт
Італія, Західні Альпи, рудопроєв Лаго ді Чіньяна (Lago di Signana)	65,5–2,6	3,8–4,0; 900; ≥ 3,2; ~ 600; діамант
Греція, Родопи, рудопроєви Кімі й Сідеронеро (Kimi and Sideronero)	202 і 39–186	2,2; 750; діамант, коєсит (псевдоморфози)
Болгарія, Родопи, рудопроєв Чепеларе (Chapelare)	200	3,5–4,6; 700–800; коєсит, діамант

Примітка. За останні 10 років кількість нових локалітів діамантоносних метаморфічних порід значно поповнилася завдяки відкриттю їх в Алжирі, Іспанії, Західній Гренландії, Норвегії, Швеції, Китаї, Японії та ін. (див. працю Dobrzhenetskaya, L. F., O'Bannon, E. F., & Sumino, H. (2022). Non-cratonic diamonds from UHP metamorphic terranes, ophiolites and volcanic sources. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 88 (1), 191–255. <https://doi.org/10.2138/rmg.2022.88.04>).

Мінерали-індикатори діамантоносності метаморфічних порід. Передусім зазначимо, що не тільки діамант є прямою ознакою діамантоносності метаморфічних порід; індикаторними для виявлення територій УНП є й інші високobarичні мінерали, насамперед коєсит, а також мейджоритовий гранат, омфацит з високим вмістом Ca-Esk (як включення в цирконі), ламелі коєситу в титаніті, включення $CaCO_3$ -аргоніту й $MgCO_3$ у кристалах діаманта та ін.

Метаморфічні діаманти й інші мінерали діамантних парагенезисів. Метаморфічні діаманти в усіх відомих родовищах і проявах представлені мікрокристалами, роз-

мір яких коливається від перших мікрметрів до сотих часток міліметра. Найдетальніше вивчено кокчетавські мікродіаманти. Характерний широкий спектр діамантоносних порід Кокчетавського масиву: гранат-біотитові гнейси, гранат-піроксен-кварцові, гранат-піроксен- і піроксен-карбонатні утворення, кварцити й інші породи. Вміст діамантів у різних метаморфічних породах неоднаковий, нерідко дуже високий. Детальними дослідженнями [1, 3, 15, 36] виявлено мікрочастинки діаманта у вигляді включень у різних мінералах метаморфічних порід: гранатах піроп-альмандин-гросулярового складу (рис. 1), цирконі, піроксенах, фенгіті, кіаніті, кварці, у кварцових, біотитових і мусковіт-хлоритових агрегатах, які замінюють гранат, а також на межі різних мінеральних зерен. Розподіл включень, розмір яких становить від перших мікрметрів до перших десятків мікрметрів, у гранатах нерівномірний. У кавернах зерен гранату трапляються нанорозмірні кристали діаманта (рис. 2), які діагностовано за допомогою методу енергодисперсійної рентгенівської спектроскопії (ЕДС-аналіз). Ми відшукали зерна гранату, які містили до декількох десятків кристалів діаманта. Поряд з діамантом у гранатах виявлено включення графіту, біотиту, рутилу, циркону, апатиту, титаніту, калієвого польового шпату, кіаніту й інших мінералів (табл. 2).

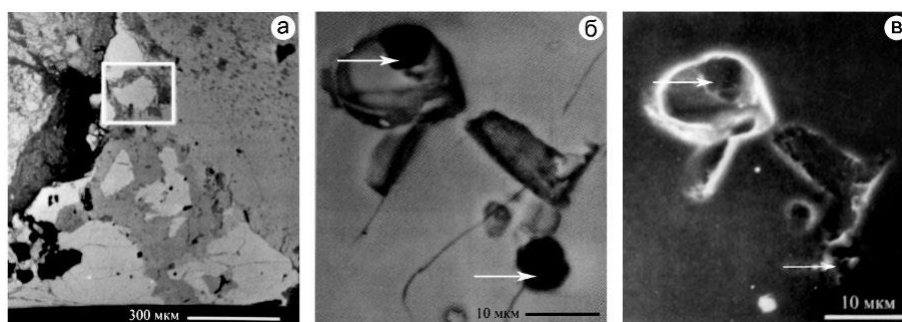


Рис. 1. Діамантоносна гранат-піроксенова порода (а) з родовища Кумди-Коль, Кокчетавський масив, Казахстан (зерно гранату з діамантами виділено квадратом) і куби діаманта в зерні гранату (б, в – діаманти показано стрілками, різні режими знімання).

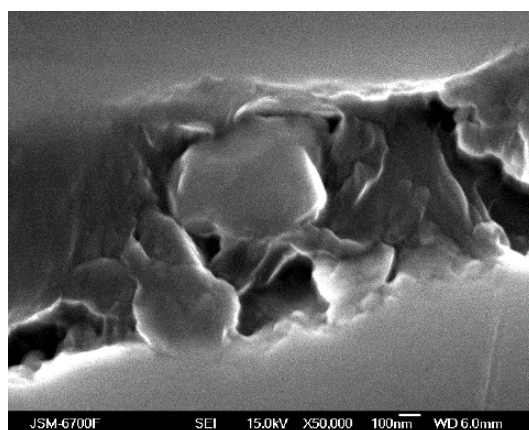


Рис. 2. Нанорозмірний кристал діаманта в каверні зерна гранату з родовища Кумди-Коль.

Таблиця 2

Мінеральні асоціації в кристалах гранату й циркону, що співіснують з діамантом [15]

Террейн, місцезнаходження	Включення 1	Включення 2	Включення 3
Казахстан, Кокчетавський масив	Гранат: кварц, аль- біт, діамант	Гранат: кварц, хло- рит, фенгіт, діамант	Гранат: апатит, діамант
Німеччина, масив Ерцгебірге	Гранат: кварц, апа- тит, TiO ₂ , діамант	Гранат: кварц, фен- гіт, TiO ₂ , діамант. Гранат: кварц, KAlSi ₃ O ₈ , діамант	Циркон: фенгіт, KAlSi ₃ O ₈ , діамант

Морфологія кристалів. Кристаломорфологія й анатомія. Мікрокристали діаманта з метаморфічних порід Кокчетавського масиву морфологічно надзвичайно різноманітні [1, 3, 7, 15, 36], причому серед них є індивіди, не відомі або вкрай рідкісні в кімберлітах та інших діамантоносних породах, а також серед кристалів штучного діаманта. Основні габітусні типи цих діамантів такі: октаедричний, кубічно-“плоскогранний”, кубічно-сфероїдальний і комбінаційний (рис. 3, табл. 3).

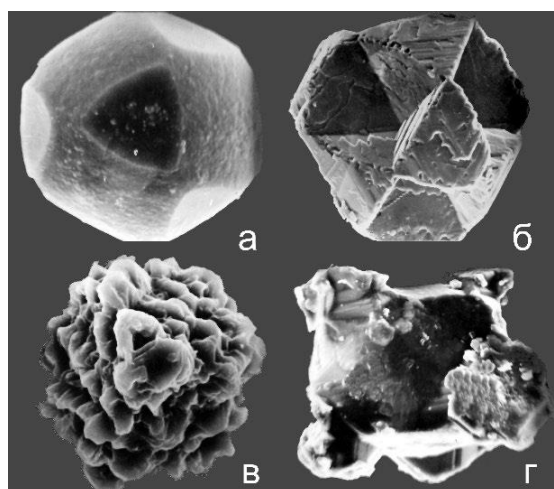


Рис. 3. Незвичайні кокчетавські мікрокристали діаманта [7]:

a – комбінація октаедр–кубоїд; *б* – скелетний октаедр; *в* – скелетний трояндоподібний кристал;
г – кубоїд з діамантними наростами на вершинах.

У комбінаційних кристалах по-різному поєднані октаедр, ромбододекаедр, куб та їхні кривогранні аналоги, що дає змогу виділити серед таких індивідів як плоскогранні, плоскогранно-кривогранні, так і кривогранні кристали, які нерідко успадковують загальні риси того чи іншого габітусу. Крім того, наявні групи кристалів скелетної і ксеноморфної форми, які не характерні, наприклад, для діаманта з кімберлітів. За даними Т. Скімової, В. Шацького та інших дослідників казахстанського діаманта, його конкретні морфологічні типи сконцентровані в певних породах, водночас діаманту з гнейсів притаманне найбільше морфологічне розмаїття. У багатьох із них фіксують примазки графіту. В одному зерні граната можуть бути кристали діаманта різних морфологічних типів.

Таблиця 3

Характеристика мікродіамантів із деяких УНРМ террейнів [15, 24, 25, 34]

Террейн, місцезнаходження	Розмір і морфологія мікродіамантів	Ізотопний склад вуглецю $\delta^{13}\text{C}$ й азоту $\delta^{15}\text{N}$ мікро- діамантів, ‰	Спектральні типи мікродіа- мантів
Казахстан, Кокче- тавський масив, рудопроєви Кумди- Коль і Барчи-Коль	10–100 мкм, середній ~ 40 мкм; скелетні, сфероїдальні, таблит- часті й недосконалі ксеномор- фні кристали; куби, октаедри й різні комбінаційні форми; полікристали	$\delta^{13}\text{C}$ – від –10,2 до –26,9; $\delta^{15}\text{N}$ – від +5,9 до +8,5	1b–1aA
Норвегія, Західний гнейсовий регіон, рудопроєви Фьор- тофт, Швартбергет	Від нанометрів до 45 мкм; округлі кристали й недосконалі куби, комбінаційні форми	Даних нема	1b–1aA
Німеччина, масив Ерцгебірге	5–50 мкм, середній ~ 30 мкм; недосконалі куби, трояндопо- добні монокристали, полікрис- тали	$\delta^{13}\text{C}$ – від –17,8 до –25,5 та від – 24 до –33	1b–1aA
Словенія, Східні Альпи, Погор'я	До 10 мкм, недосконалі куби і ксенокристали	Даних нема	
Італія, Західні Аль- пи, рудопроєви Лаго ді Чіньяна	До 20 мкм, середній розмір – 2– 6 мкм; кубоїдальні й октаед- ричні кристали		
Болгарія, Родопи, рудопроєви Чепеларе	2–20 мкм; кубоїдальні й округ- лі кристали		

Зіставлення морфології кристалів діаманта з метаморфічних порід і кімберлітів за-
свідчує, що в метаморфічних утвореннях мало октаедрів і багатогранників перехідної
форми, ромбододекаедра майже нема, різко виділяються скелетні і сфероїдальні форми,
трапляються форми, дуже рідкісні в мінеральному світі. Наприклад, оригінальний вер-
шинник – на вершинах кубоїда закономірно росли мініатюрні складні за формою
кристали (див. рис. 3, з). Це явище автоепітаксії, характерне для мінералів гідротерма-
льного походження (піриту, кальциту, флюориту та ін.), свідчить або про перерву в
кристалізації, або про різку зміну умов мінералоутворення. Очевидно, такі випадки (які
ілюструють ріст двох генерацій (зародження) кристалів діаманта) порівняно рідкісні,
наприклад, індивіди кімберлітового діаманта в облямівці та південноафриканський
діамантний вершинник з кімберлітів (макродіамант – октаедр із дрібними додекаедрами
на вершинах) [39], а ми виявили різні поодинокі вершинники серед декількох тисяч
самотканських мікродіамантів.

Серед кристалів казахстанського діаманта також нерідкісні скелетні утворення у ви-
гляді гранних і реберних пучків, коробчасті й таблитчасті. Незвичні й скелетні агрегати,
складені з грубошаруватих блоків. Тонка блокова будова характерна для кубів діаманту.
Таким багатогранникам властивий рідкісний неklasичний механізм росту природних
багатогранників – агрегування складових їхніх мікроблоків.

Специфічними є таблитчасті скелетні кристали, які виглядають, як сильно сплюснені
октаедричні індивіди. Вони можуть мати округлу сочевицеподібну форму, рідше – чітку

шестикутну, прямокутну, хрестоподібну. Поверхня таблитчастих кристалів шорстка, з численними заглибленнями різної конфігурації у вигляді западин, порожнин, наскрізних отворів і глибоких звивистих каналів. Незвичні й кристали-футляри – коробчасті скелетні утворення у вигляді пустотілих кубів, нерівномірно й частково заповнених тонкими діамантними пластинками. Для сфероїдальних мікрокристалів характерні кривогранні поверхні на місці граней куба, зрідка на них розвинені другорядні грані октаедра й ромбододекаедра.

Ще одна особливість мікрокристалів діаманта з метаморфічних порід – розвиток на октаедрах невеликих плоских граней куба, ромбододекаедра й інших простих форм, що зближує їх зі штучним діамантом і мікродіамантом із кімберлітів. Для багатьох описуваних кристалів можна відшукати аналоги серед мікрокристалів діаманта з кімберлітів і різновікових (особливо неогенових) теригенних відкладів України, проте їхній загальний морфологічний спектр досить своєрідний і типоморфний. Особливо виділимо морфологічну різноманітність включень діаманта в одному зерні гранату, де поряд виростили кубоїд і октаедр (рис. 4). В. Шацький описав випадок переходу від куба до октаедра в межах одного діамантного агрегату, а також заростання октаедрів облямівками.

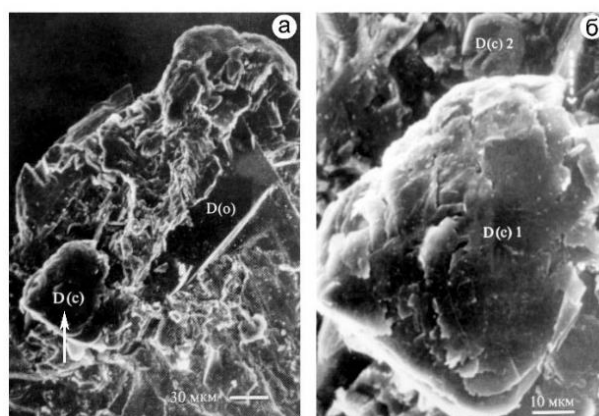


Рис. 4. Пластинчато-скелетний октаедр і кубоїди діаманта в кристалі гранату з родовища Кумди-Коль:

a, б – D(o) – октаедр, D(c)1 і D(c)2 – кубоїди; *б* – деталізація кубоїда, показаного стрілкою на рис. 4, *a*.

Поверхні граней кристалів діаманта звичайні – на них розвинені скульптурні візерунки, зумовлені симетрією мінералу. Водночас на їхній мікроморфології (горбиста, ниркоподібна, блокова, черепитчаста та ін.) позначається внутрішня будова. Зокрема, кубоїди з грубо скульптурованою пористою поверхнею мають секторіальну й зонально-секторіальну будову. Під час їхнього дроблення руйнування відбувається не за площинами спайності, а за дефектними межами між секторами, тому уламки мають конусоподібний вигляд. Власне сектори складені волокнистими агрегатами, волокна яких відхиляються від строгих кристалографічних напрямів уздовж [111]. У разі руйнування деяких скелетних кристалів типу 13 гранного різновиду октаедра, за І. Шафрановським, утворюються псевдотетраедри діаманта.

Складну анатомію мінералу з метаморфічних порід виявлено також методами рентгенографії й секційної рентгенівської топографії [6]. На лауєграмах багатьох кристалів,

особливо кубів, виражені астеризм і блоковість рефлексів; розорієнтування між окремими блоками – від 10 до 50°. Можна чітко розрізнити два різновиди кубів: 1) псевдокуби, що виникли в разі поліцентричного нашарування октаедричних пластинок; 2) кристали з волокнистою й мікроагрегатною внутрішньою будовою. Значне розорієнтування блоків властиве псевдокубам. На топограмах багатьох кубів виражена їхня зональна й зонально-секторіальна будова; вони або складені з волокон, які групуються в сектори $\langle 111 \rangle$ і $\langle 100 \rangle$, або мають мікроагрегатне поєднання.

Крім діаманта, у гранатах міститься графіт у вигляді пінакоїдальних пластинчастих кристалів, які наростають на діамант (у тім числі епітаксично) або самостійні. Графіт також пошарово заміщує діамант або змінює його (спільна кристалізація діаманта й графіту). Трапляються і графітові облямівки на кристалах діаманта. За даними В. Шацького й М. Вавилова, у діамантоносних метаморфічних породах наявні дві генерації графіту: графіт першої генерації утворює разом з діамантом включення в зернах гранату (зростки зі слюдою або наростання на діамант); графіт другої генерації представлений великими ідіоморфними кристалами, які розташовані в міжзерновому просторі або тріщинах, що перерізають зерна гранату й піроксену. Т. Шумилова також виділяє графіт, сингенетичний до діаманта, зокрема, його скелетних кристалів. Трапляються повні параморфози графіту по діаманту. Різні співвідношення діамант/графіт у метаморфічних породах Кокчетавського масиву також детально описані в праці [26].

Морфологічне розмаїття характерне і для мікрокристалів діаманта з метаморфічних порід Китаю й Норвегії [16, 33, 38]. Кубічні, кубо-октаедричні й октаедричні включення діаманта виявлені в гранатах з еклогітів, гранат-піроксенових і піроксенових порід масиву Дабешань (Китай), а різні комбінаційні мікрокристали (за участю і з різним поєднанням форм $\{100\}$, $\{110\}$ і $\{111\}$) – у залишках термохімічного розкладання гранат-біотит-кіанітових і гранат-амфібол-біотитових гнейсів острова Фьортофт (Норвегія).

Ізотопний склад вуглецю діамантів. Співвідношення ізотопів вуглецю $^{12}\text{C}:^{13}\text{C}$ (значення $\delta^{13}\text{C}$) у кристалах діаманта є важливим показником природи вуглецевого джерела, з якого вони кристалізувалися. Метаморфічним діамантам властивий головно “легкий” вуглець (див. табл. 3). Зокрема, значення $\delta^{13}\text{C}$ для кокчетавських діамантів становить від $-10,2$ до $-26,9$ ‰ [3, 12, 27, 32].

Деякі інші значення наведено в працях [9, 13], згідно з якими ізотопний склад кристалів кокчетавського діаманта, як і супутнього графіту, такий: $\delta^{13}\text{C}$ коливається від $-10,6$ до $-17,5$ ‰ у діаманті й від $-5,3$ до $-25,2$ ‰ – у графіті. Важчий ізотопний склад вуглецю виявлено в графіті ($-15,3$ і $-16,7$ ‰) і діаманті (від $-10,6$ до $-12,4$ ‰) з піроксен-карбонатних порід. Близькість наведених значень для діаманта і графіту свідчить, імовірно, про єдине джерело вуглецю.

Значення $\delta^{13}\text{C}$ діамантів-включень у гранатах з масиву Ерцгебірге становить від $-17,8$ до $-25,5$ ‰ [18]. “Легший” вуглець виявлено в нерозділених включеннях діамант+графіт у кристалах циркону з масиву Ерцгебірге: $\delta^{13}\text{C} = (-24)–(-33)$ ‰ [28]. Простежено також зміну ізотопного складу вуглецю в об’ємі кристалів кокчетавських діамантів: “важчий” вуглець (від $-9,3$ до $-13,0$ ‰) – у більшій центральній монокристалічній частині й “легший” (від $-17,2$ до $-26,9$ ‰) – у тонкій зовнішній полікристалічній частині кристалів [32]. Своєрідну зміну ізотопного складу вуглецю зафіксовано для діамантів-включень у гранатах масиву Ерцгебірге [18]: діамант із внутрішньої частини гранату має $\delta^{13}\text{C} = -17,8$ ‰, а більшість інших діамантів, зосереджених у зовнішній зоні гранатів, – від $-21,5$ до $-25,5$ ‰. Зміну $\delta^{13}\text{C}$ в об’ємі кристалів кокчетавських діамантів

пов'язують із фракціонуванням ізотопів вуглецю у процесі росту кристалів [32]. Діаманти-включення контрастного ізотопного складу вуглецю в гранатах масиву Ерцгебірге трактують як дві різні генерації, що кристалізувалися за різного стану діамантоутворювального C–O–H-флюїду, більш “окисненого” для другої генерації [18]. Це пояснення ґрунтується на тому, що значення $\delta^{13}\text{C} = -17,8\text{‰}$ діаманта першої генерації з масиву Ерцгебірге дуже близьке до середнього діапазону біологічно відновлених вуглецевих композицій ($\delta^{13}\text{C} = -19\text{‰}$) найсучасніших морських відкладів [35].

Елементи-домішки в діамантах. За набором елементів-домішок діамант із метаморфічних порід Кокчетавського масиву майже не відрізняється від діаманту з кімберлітів. Однак, за нашими й літературними даними [1, 3], вміст Fe, K, Na, Cr, Co, Mn, Al, Au, Sb, As, рідкісноземельних та інших елементів у кокчетавському діаманті вищий на порядок і більше. Зокрема, у пластинчастих зернах діаманта нейтронно-активаційним аналізом визначено, $n \cdot 10^{-4}\text{‰}$: Ce – 785, Cr – 487, Th – 55,7, Hf – 4,6, Co – 1,4, Ta – 1,1, Se – 0,8, Cs – 0,8, Sm – 0,3, Lu – 0,2, а також Fe – 0,30 %, Na – 0,01 %.

У більшості мікрокристалів діаманта виявлено підвищений вміст парамагнітного азоту, що є головною причиною жовто-зеленого забарвлення індивідів та особливої конфігурації ІЧ-спектрів, спектрів фотолюмінесценції й електронного парамагнітного резонансу (ЕПР) [1, 3]. За типами ІЧ-спектрів виявлено такі домішково-структурні форми азоту: С (основна лінія поглинання – 1 135 cm^{-1}), А (1 282 cm^{-1}), В1 (1 175 cm^{-1}) та малоазотна В2 – плеїтелітси (1 365 cm^{-1}). Концентрації центрів А, В1 і В2 у діаманті з метаморфічних порід і кімберлітів не цілком зіставні. У багатьох мікрокристалах зафіксовано підвищений вміст структурної домішки водню (лінія поглинання – 3 107 cm^{-1}). За спектрами рентгено- і фотолюмінесценції виявлено інші структурні азотні центри: N3, N3, S1, S2, 575 нм та ін. Для переважного морфологічного типу мікрокристалів – кубів – характерні спектри жовтувато-зеленого світіння з максимумом у ділянці 490–510 нм. Високу концентрацію парамагнітного азоту (до $6,5 \cdot 10^{18}$ ат/см³) у кокчетавських мікродіамантах підтверджено методом ЕПР. У мікрокристалах норвезького діаманта методом ІЧ-спектроскопії також виявлено азотні центри (А і С) і водень.

Домішки азоту і його агрегація в діамантах. Природні діаманти, зазвичай, містять домішки азоту в кількості від декількох до декількох тисяч частин на мільйон у вигляді різних зазначених вище дефектів або центрів: А, В, С. Виняток становлять метаморфічні діаманти зі значним вмістом азоту й діаманти з лампрофірів прояву Аклуйлак у Канаді. Наявність азоту в діамантах визначають за підвищеним поглинанням в ІЧ-спектрах у межах 900–1 400 cm^{-1} діапазону довжин хвиль. За даними експериментальних досліджень, агрегація азотних дефектів у структурі діаманта пов'язана з дифузійним процесом, який відбувається за кінетикою другого порядку, вищою температурою, вищим вмістом азоту й/або тривалішими періодами перебування діамантів у мантії, що сприяє агрегації азоту. Процес передбачає входження поодиноких атомів азоту (наприклад, С-дефектів) у діаманти типу Ib за, відповідно, нижчої температури. З часом ці атоми азоту зливаються в азотні пари (діаманти типу IaA). Подальша дифузія й агрегація азоту зумовлюють утворення чотирьох атомів азоту плюс вакансії (діаманти типу IaB). Більшість кімберлітових діамантів належить до типу IaA–IaB, тоді як діаманти з Кокчетавського масиву, масиву в Норвегії та Ерцгебірге в Німеччині належать до змішаного типу Ib–IaA [12–14, 16, 19]. Отже, найважливішим результатом досліджень агрегації азоту є те, що метаморфічні діаманти мають стан агрегації Ib–IaA, а не IaA–IaB, як у мантійних діамантах з кімберлітів і лампроїтів.

Концепцію агрегації азоту в кристалах діаманта широко використовують для обчислення температури їхньої кристалізації, якщо відомі час перебування й енергія активації, необхідні для переходу дефектів від С до А і В. Для кокчетавських діамантів припускають різні значення температури кристалізації: ~ 700 і ~ 900 °С, водночас – однаковий геологічний час їхнього перебування в мантії – 5 млн років.

Виявлено значні коливання вмісту азоту в діамантах, зокрема, у Кокчетавському масиві – 150–11 150 частин на мільйон [12], а також між двома діамантами-включеннями у гранаті з масиву Ерцгебірге – 160 і 1 630 частин на мільйон [18, 23]. Уважають, що азот у кокчетавських діамантах має корове походження, значення показника $\delta^{15}\text{N}$ становить від +5,9 до +8,5 ‰.

Твердофазові та флюїдні включення в діамантах. Кристалічні включення в кокчетавських мікродіамантах вивчала Л. Добржинецька зі співавт. [15, 17] з використанням новітніх методів трансмісійної електронної мікроскопії (ТЕМ). Дослідження засвідчили, що більшість твердих включень у десяти досліджених діамантах з літологічно різних порід Кокчетавського масиву має нанорозмір (50–200 нм), прості хімію й кристалічні структури. Включення представлені, головню, оксидними сполуками – SiO_2 , TiO_2 , Fe_xO_y , Cr_2O_3 , Th_xO_y та рідкісними включеннями ZrSiO_4 , BaSO_4 , MgCO_3 , CaCO_3 -аргоніту і тільки одним включенням стехіометричного піроксену, що містить Fe. У включеннях виявлено мінливу кількість слідів K, Na, P, S, Pb, Zn, Nb, Al, Ca, P, Cl [17, 20, 21].

Детальне ТЕМ-дослідження плівок із мікродіаманта з доломітового мармуру й вапнисто-силікатних порід дало змогу визначити, що в одній і тій же діамантній плівці є включення як CaCO_3 -аргоніту, так і MgCO_3 [21]. Найцікавішою знахідкою в кокчетавських діамантах є нановключення есколаїту Cr_2O_3 , який містить невелику кількість Al, Si, P, Ni, Fe [11]. Якщо Al, Ca, K і Si можна легко інтерпретувати як хімічні компоненти континентальної кори, то такі елементи, як Ni і Fe, та й власне есколаїт, представляють, вірогідно, мантійний клиновий резервуар. Такий же набір оксидних сполук (SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Pb_xO_y) і Al_2SiO_5 , що містять змінні кількості Mg, K, Fe, Zr, P, Cl та S, виявлено в мікродіамантах з масиву Ерцгебірге [15, 18].

Порівняльний аналіз засвідчує, що загалом хімічна різноманітність основних елементів і мікроелементів (за винятком Cr, Fe, Ni) у кристалічних нанометричних включеннях прямо корелює з хімічним складом діамантоносних порід. Наприклад, діаманти з фельзитових гнейсів Кокчетавського масиву та масиву Ерцгебірге містять численні включення SiO_2 , TiO_2 й тільки зрідка карбонат, тоді як діаманти з доломітового мармуру або карбонатних фельзитових гнейсів багаті на CaCO_3 (аргоніт) і MgCO_3 , а включення SiO_2 й Al_2O_3 рідкісні. Загалом у метаморфічних діамантах зафіксовано велике розмаїття складу твердих нанометричних включень відомої й невідомої стехіометрії.

Мультифазові нановключення, що містять як кристалічні (головню оксиди або рідкісні карбонати), так і рідкі фази, виявлено під час ТЕМ-досліджень діамантів із Кокчетавського масиву й масиву Ерцгебірге [19–23]. Флюїдна композиція таких включень має склад C–O–H разом з Cl, S, P, K, Ca, Fe, Mg, Si, Al та іншими елементами в різних комбінаціях. Наявність Si, Al, Ca і Mg у рідкій фазі прямо корелює зі складом гірських порід: Si, Al – фельзитова порода, а Ca і Mg – мармури. Такі елементи, як Cl, S, P і K, наявні в усіх вивчених рідких включеннях незалежно від складу діамантоносних гірських порід та їхньої географічної локації. Імовірно, Co, Zn, Pb, V, Mo, Mg і Cr походять з мантійного клина, а Si, K, Al і Ca – це компоненти кори; Ti, Mg і Fe, розчинені в над-

критичній рідині C–O–H за високих значень тиску й температури, можуть бути елементами як із мантії, так і з кори.

Генезис діамантів. Особливості діаманта з метаморфічних порід дають підстави для припущення про його кристалізацію за дещо інших умов, ніж, наприклад, діамант із кімберлітів чи лампроїтів. До таких особливостей належать мікронний розмір виділень, морфологічне розмаїття, специфічні анатомія й набір мінеральних і флюїдних включень, збагаченість домішками, легкий ізотопний склад вуглецю, структурна недосконалість і нормальний механізм росту більшості кристалів, перебування їх у незвичайних асоціаціях мінералів.

Наявні уявлення про генезис мікрочастин діаманта з метаморфічних порід досить суперечливі; передусім, це стосується місця й умов їхнього утворення. Основні гіпотези такі.

1. Діамант виріс у стабільному середовищі мантії, а його наявність у метаморфічних породах зумовлена успадкуванням [5]. Діамантоносні магматичні породи зазнали регіонального метаморфізму амфіболітової фації.

2. Діамант – продукт глибинних плюмів мантії, які впливають на породи нижньої кори у вигляді карбонатитів або кімберлітів і зазнали разом з ними меланжу під час видавлювання речовини в бік поверхні землі. Припускають також конвективний механізм підняття на поверхню ультрависокобаричних порід нижньої частини кори під час інтрузивного магматизму [8].

3. Субдукційна модель (глибоке підсування океанічної плити під континентальну) – кристали діаманта утворюються під час занурення порід земної кори на мантіїні глибини [36].

4. Колізійна модель – ґрунтується на припущенні про зіткнення мікроконтинентів, занурення їхніх окраїн на великі глибини з подальшим підняттям до поверхні. Діамант утворився під час континентальної колізії [33].

5. У мантії виникли тільки “зародки” кристалів, які доростили вже в корі за низьких *PT*-параметрів [4]. Мантіїні флюїди просочувалися в кору глибинними тектонічними зонами.

6. Кристали діаманта виростили в процесі метасоматозу метаморфічних порід певних зон земної кори за умов метастабільності [1, 3, 9].

Найбільш реалістичною та найменш суперечливою концепцією вважають субдукційну модель утворення метаморфічних діамантів [15] з тією різницею, що беруть до уваги глибоке підсування однієї континентальної плити під іншу. Мікродіаманти виростили за $P = 6\text{--}9$ ГПа і $T = 900\text{--}1100$ °С (відповідає глибині близько 190–280 км) з вуглецю первинно біогенного походження; він розчиняється у надкритичному флюїді складу C–O–H, який циркулює між субдуктивною плитою й мантіїним клином, що її оточує.

Отже, кристалізація метаморфічних мікродіамантів відбувається з надкритичного флюїду/розплаву за високих *PT*-умов. Це підтверджують результати прямих спостережень флюїдних включень у діамантах. Мікродіаманти могли формуватися протягом двох стадій. На першій стадії вони кристалізувалися з “важкого” вуглецю, тоді як діамантам другої стадії притаманний “легший” вуглець; це може бути пов’язане з більш редуційними умовами флюїду на першій стадії, порівняно з другою. Зазначимо, що досі в жодному з досліджених мікродіамантів не виявили CH₄, тільки C–O–H. Разом з наявністю численних оксидних і карбонатних включень у діамантах це дає підґрунтя концепції кристалізації мікродіамантів з флюїду C–O–H. Елементний склад діамантоутворювального флюїду залежав від місцевої літології як з боку субдукованої континентальної плити, так і з мантіїного клину. Про це свідчить набір у флюїдах і літофіль-

них елементів, і основних металів. На підставі агрегації азоту мікродіаманти зачислено до змішаного типу Ib–IaA, що відображає короткий час їхнього перебування в зоні глибокої субдукції. Сліди первинно-збагачених благородних газів He й Ne, які збереглися в кокчетавських мікродіамантах, засвідчують, що субдуктивна континентальна плита взаємодіяла з глибокою мантиєю.

Метаморфічні діаманти й мікродіаманти з неогенових пісків України. Деякі дослідники вважають значну частину мікродіамантів із неогенових пісків України метаморфічними, а їхніми корінними джерелами – еклогіт-гнейсові породи. Тому цікаво зіставити ці діаманти за основними ознаками. У табл. 4 наведено порівняння кокчетавських і самотканських мікродіамантів (з неогенових відкладів Середньопридніпровського мегаблока УЩ), оскільки їх вивчено найдетальніше. Кокчетавські мікродіаманти не зіставні з самотканськими за багатьма показниками [1, 3, 7, 9, 12–15, 21, 27, 36, 37]: розміром, особливостями морфології, ізотопним складом C, вмістом домішок N, набором спектральних типів кристалів за фізичною класифікацією, співвідношенням ізотопів He, мінеральними включеннями й кристалічними фазами флюїдних нановключень.

Таблиця 4

Порівняльна характеристика кокчетавських і самотканських мікродіамантів
(за літературними даними)

Ознака кристалів	Родовище Кумди-Коль, Кокчетавський масив, Казахстан	Неогеновий розсип Самоткань, Український щит
Розмір	10–100 мкм, середній ~ 40 мкм	До 350 мкм, поширений – 125–250 мкм
Форма	Багатогранники, поширені скелетні, сфероїдальні і пластинчасті кристали, а також ксеноморфні кристали	Багатогранники, рідкісні ксеноморфні кристали
Габітус	Кубічний, октаедричний, комбінаційний {111}+{110}+{100}	Кубічний, октаедричний, перехідний {111}+{110}, комбінаційний {111}+{110}+{100}
Ізотопний склад вуглецю, $\delta^{13}\text{C}$	Від –10,2 до –26,9 ‰	Від +3,3 до –32,5 ‰
Вміст домішок азоту, ч./млн	Від 150 до 11 150	Від 33 до 2 000
Азотні центри	A, B, C, N3, H3, S1, S2, 575 нм	A, B, C, N3, H3, H4, S2, 409 нм, 575 нм
Спектральні типи	Ib–IaA	IaA, IaAB, Iab, Ib, IIa
Вміст водневих центрів	Високий	Високий
Співвідношення ізотопів гелію $^3\text{He}/^4\text{He}$, 10^{-6}	307	0,04 і 6,89
Мінеральні включення	Фази SiO_2 , TiO_2 , Fe_2O_3 , Cr_2O_3 , Th_2O_3 , ZrSiO_4 , BaSO_4 , MgCO_3 , CaCO_3 -арагоніт, піроксен	Олівін, енстатит, кліноенстатит, К-рихтерит, оксиди Sn й Fe, магнетит, халькопірит, графіт
Кристалічні фази флюїдних включень	Оксиди, рідкісні карбонати	Ca,Fe-карбонати, слюда, ільменіт, рутил, апатит, силівін

Водночас для самотканських мікродіамантів ми прогнозуємо приблизно таку ж, як і для метаморфічних мікродіамантів, історію – субдукційне походження їхнього вуглецю та переважно еклігітове середовище їхньої кристалізації в мантії. Однак транспортер самотканських мікродіамантів у земну кору невідомий, він може кардинально відрізнятися від материнських порід метаморфічних діамантів.

Висновки. Так звані метаморфічні діаманти відкрито на декількох континентах у породах земної кори, які зазнали субдукції на мантіїні глибини й, відповідно, певних перетворень за високих значень тиску й температури і подальшої екструзії. Віковий інтервал цих порід широкий – палеозой–мезозой–кайнозой. Загалом розмір найбільших кристалів метаморфічного діаманта, що їх відшукали в кристалічних породах, часто не перевищує 100 мкм, а з алювіальних відкладів поблизу корінних проявів – 500 мкм. Ці діаманти мають набір характерних ознак, які не властиві літосферним діамантам з інших корінних джерел (кімберлітів, лампроїтів, лампрофірів, метакоматітів тощо), а також надглибинним нижньомантіїним діамантам. Головне – вони мікрметрові за розміром, численні в певних породах і дуже різноманітні морфологічно, зокрема, залежно від літології первинних порід. Крім того, вони містять специфічні тверді включення і слабо агреговані домішки азоту (діаманти типу Ib–IaA). Ізотопний склад вуглецю метаморфічних діамантів є в межах від $-10,0$ до $-27,0$ ‰ $\delta^{13}\text{C}$ з переважанням “легшого” вуглецю. Найдосконаліше вивчено метаморфічні діаманти Кокчетавського масиву в Казахстані. Їхній уміст у деяких породах масиву дуже високий, оскільки вони були захищені від графітізації чи окиснення під час ретроградного метаморфізму порід кристалами гранату й циркону. Є багато гіпотез про утворення кристалів метаморфічного діаманта, зокрема, щодо їхнього метастабільного росту. Найімовірнішою вважають гіпотезу їхнього субдукційного походження в мантії за досить високих *PT*-параметрів.

З результатів порівняльного аналізу випливає, що українські розсіпні мікродіаманти з неогенових пісків УЩ і його схилів, зокрема, самотканські мікродіаманти, і метаморфічні кокчетавські мікродіаманти помітно різняться за розміром і морфологією кристалів, вмістом домішок азоту і ступенем його агрегації, співвідношенням спектральних типів кристалів за фізичною класифікацією, співвідношенням ізотопів гелію $^3\text{He}/^4\text{He}$ та набором мінеральних включень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Екімова, Т. Е., Лаврова, Л. А., Надеждина, Е. Д., Петрова, М. А. (1992). *Коренная и россыпная алмазоносность Северного Казахстана*. Москва: ЦНИГРИ.
2. Кашкаров, И. Ф., Полканов, Ю. А. (1972). О некоторых особенностях алмазов из титаноносных россыпей Северного Казахстана. *Тр. Минерал. музея им. А. Е. Ферсмана*, 21, 183–185.
3. Лаврова, Л. Д., Печников, В. А., Плешаков, А. М., Надеждина, Е. Д., Шуколюков, Ю. А. (1999). *Новый генетический тип алмазных месторождений*. Москва: Научный мир.
4. Летников, Ф. А. (1983). Образование алмазов в глубинных тектонических зонах. *Докл. АН СССР*, 271 (2), 433–435.
5. Маракушев, А. Л. (1998). Генетические типы алмазной минерализации. В кн. *Золото, платина и алмазы республики Коми и сопредельных регионов*. Сыктывкар: Геопринт, 124–126.

6. Мартовицкий, В. П., Надеждина, Е. Д., Екимова, Т. Е. (1987). Внутреннее строение и морфология мелких некимберлитовых алмазов. *Минерал. журн.*, 9 (2), 26–37.
7. Надеждина, Е. Д., Посухова, Т. В. (1990). Морфология кристаллов алмаза из метаморфических пород. *Минерал. журн.*, 12 (2), 3–15.
8. Перчук, Л. А., Япаскерт, В. О., Окай, А. (1995). Сравнительная петрология алмазосносных метаморфических комплексов. *Петрология*, 3, 267–309.
9. Печников, В. А., Бобров, В. А., Подкуйко, Ю. А. (1993). Изотопный состав алмаза и сопутствующего графита из метаморфических пород Северного Казахстана. *Геохимия*, 1, 150–154.
10. Розен, О. М., Зорин, Ю. И., Заячковский, А. Л. (1972). Обнаружение алмаза в связи с эклогитами докембрия Кокчетавского массива. *Докл. АН СССР*, 203 (3), 674–676.
11. Шацкий, В. С., Соболев, Н. В. (1993). Некоторые аспекты генезиса алмазов в метаморфических породах. *Докл. РАН*, 331 (2), 1217–1219.
12. Cartigny, P., de Corte, K., Shatsky, V. S., Ader, M., de Paepe, P., Sobolev, N. V., & Javoy, M. (2001). The origin and formation of metamorphic microdiamonds from the Kokchetav massif, Kazakhstan: a nitrogen and carbon isotopic study. *Chemical Geology*, 176 (1–4), 265–281. doi.org/10.1016/S0009-2541(00)00407-1
13. De Corte, K., Cartigny, P., Shatsky, V. S., Sobolev, N. V., & Javoy, M. (1998). Microdiamonds from UHP metamorphic rocks of the Kokchetav massif, Northern Kazakhstan: FTIR spectroscopy, C and N isotopes and morphology. *Extended Abstracts of the VII Intern. Kimberlite Conf., Cape Town*, 7 (1), 184–186. doi.org/10.29173/ikc2676
14. De Corte, K., Taylor, W. R., & de Paepe, P. (2002). Inclusion contents of microdiamonds from UHP metamorphic rocks of the Kokchetav massif. In C. D. Parkinson, I. Katayama, J. G. Liou, & S. Maryama (Eds.). *The Diamond-Bearing Kokchetav Massif, Kazakhstan*. Tokyo, Japan. Universal Academy Press, Inc., Frontiers Science Series, 38, 115–135.
15. Dobrzhinetskaya, L. F. (2012). Microdiamonds – Frontier of ultrahigh-pressure metamorphism: A review. *Gondwana Research*, 21 (1), 207–223. doi.org/10.1016/j.gr.2011.07.014
16. Dobrzhinetskaya, L. F., Eide, E. A., Larsen, R. B., Sturt, B. A., Tronnes, R. G., Smith, D. C., Taylor, W. R., & Posukhova, T. V. (1995). Microdiamond in high-grade metamorphic rocks of the Western Gneiss Region, Norway. *Geology*, 23 (7), 597–600. doi: 10.1130/0091-7613(1995)023<0597
17. Dobrzhinetskaya, L. F., Green, H. W., Mitchell, T. E., & Dickerson, R. M. (2001). Metamorphic diamonds: Mechanism of growth and inclusion of oxides. *Geology*, 29 (3), 263–266. doi:10.1130/0091-7613(2001)029<0263:MDMOGA>2.0.CO;2
18. Dobrzhinetskaya, L. F., Green, H. W., Takahata, N., Sano, Y., & Shirai, K. (2010). Crustal signature of $\delta^{13}\text{C}$ and nitrogen content in microdiamonds from Erzgebirge, Germany: Ion microprobe studies. *J. Earth Sciences*, 21 (5), 623–634. doi.org/10.1007/s12583-010-0129-6
19. Dobrzhinetskaya, L. F., Liu, Z., Cartigny, P., Zhang, J., Tchkheta, D., Hemley, R. J., & Green, H. W. (2006). Synchrotron infrared and Raman spectroscopy of microdiamonds from Erzgebirge, Germany. *Earth and Planetary Science Letters*, 248 (1–2), 340–349. doi.org/10.1016/j.epsl.2006.05.037
20. Dobrzhinetskaya, L. F., Wirth, R., & Green, H. W. (2005). Direct observation and analysis of a trapped COH fluid growth medium in metamorphic diamond. *Terra Nova*, 17 (5), 472–477. doi.org/10.1111/j.1365-3121.2005.00635.x

21. Dobrzhinetskaya, L. F., Wirth, R., & Green, H. W. (2006). Nanometric inclusions of carbonates in Kokchetav diamonds from Kazakhstan: a new constraint for the depth of their origin. *Earth and Planetary Science Letters*, 243 (1–2), 85–93. doi.org/10.1016/j.epsl.2005.11.030
22. Dobrzhinetskaya, L. F., Wirth, R., & Green, H. W. (2007). A look inside of diamond-forming media in deep subduction zones. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104 (22), 9128–9132. doi.org/10.1073/pnas.0609161104
23. Dobrzhinetskaya, L. F., Wirth, R., & Green, H. W. (2010). Polycrystalline diamonds from the Erzgebirge ultrahigh-pressure metamorphic terrane, Germany. *American Geophysical Union, Fall Meeting 2010*, abstract id. V24B-04. 2010AGUFM. V24B..04D
24. Frezzotti, M. L., Selverstone, J., Sharp, Z. D., & Compagnoni, R. (2011). Carbonate dissolution during subduction revealed by diamond-bearing rocks from the Alps. *Nature Geoscience*, 4, 703–706. doi.org/10.1038/ngeo1246
25. Janák, M., Froitzheim, N., Yoshida, K., Sasinkova, V., Nosko, M., Kobayashi, T., Hirajima, T., & Vrabec, M. (2015). Diamond in metasedimentary crustal rocks from Pohorje, Eastern Alps: a window to deep continental subduction. *J. Metamorphic Geology*, 33 (5), 495–512. doi.org/10.1111/jmg.12130
26. Korsakov, A. V., Perraki, M., Zedgenizov, D. A., Bindi, L., Vandenabeele, P., Suzuki, A., & Kagi, H. (2010). Diamond-graphite relationships in ultrahigh-pressure metamorphic rocks from the Kokchetav massif, Northern Kazakhstan. *J. Petrology*, 51 (3), 763–783. doi: 10.1093/petrology/egq001
27. Lavrova, L. D., Karpenko, S. F., Lyalikov, A. V., & Pechnikov, V. A. (1997). Diamond formation in the age succession of geological events in the Kokchetav massif: evidence from isotopic geochronology. *Geochemistry Inter.*, 35, 589–595.
28. Massonne, H.-J., & Tu, W. (2007). $\delta^{13}\text{C}$ -signature of early graphite and subsequently formed microdiamond from the Saxonian Erzgebirge, Germany. *Terra Nova*, 19 (6), 476–480. doi.org/10.1111/j.1365-3121.2007.00774.x
29. Mposkos, E. D., & Kostopoulos, D. K. (2001). Diamond, former coesite and supersilicic garnet in metasedimentary rocks from the Greek Rhodope: a new ultrahigh-pressure metamorphic province established. *Earth and Planetary Science Letters*, 192 (4), 497–506. doi.org/10.1016/S0012-821X(01)00478-2
30. Naemura, K., Ikuta, D., Kagi, H., Odake, S., Ueda, T., Ohi, S., Kobayashi, T., Svojtka, M., & Hirajima, T. (2011). Diamond and other possible ultradeep evidence discovered in the orogenic spinel-garnet peridotite from the Moldanubian Zone of the Bohemian Massif, Czech Republic. In L. F. Dobrzhinetskaya, S. W. Faryad, S. Wallis, & S. Cuthbert (Eds.). *Ultrahigh-pressure metamorphism: 25 years after the discovery of coesite and diamond*. London: Elsevier, 77–111. doi.org/10.1016/B978-0-12-385144-4.00002-3
31. Nasdala, L., & Massonne, H.-J. (2000). Microdiamonds from the Saxonian Erzgebirge, Germany: in situ micro-Raman characterization. *Eur. J. Mineral.*, 12 (2), 495–498. doi.org/10.1127/0935-1221/2000/0012-0495
32. Ogasawara, Y. (2005). Microdiamonds in ultrahigh-pressure metamorphic rocks. *Elements*, 1 (2), 91–96. doi.org/10.2113/gselements.1.2.91
33. Okay, A. I. (1993). Petrology of a diamond and coesite-bearing metamorphic terrain: Dabie Shan, China. *Eur. J. Mineral.*, 5 (7), 659–676. doi.org/10.1127/ejm/5/4/0659
34. Petrik, I., Janak, M., Froitzheim, N., Georgiev, N., Yoshida, K., Sasinkova, V., Konecny, P., & Milovska, S. (2016) Triassic to Early Jurassic (c. 200 Ma) UHP metamorphism

- in the Central Rhodopes: Evidence from U-Pb-Th dating of monazite in diamond-bearing gneiss from Chepelare (Bulgaria). *J. Metamorphic Geology*, 34 (3), 265–291. doi:10.1111/jmg.12181
35. Shidlowksi, M. A. (1988). A 3,800-million-year isotopic record of life from carbon in sedimentary rocks. *Nature*, 333, 313–318. doi:10.1038/333313a0
 36. Sobolev, N. V., & Shatsky, V. S. (1990). Diamond inclusions in garnets from metamorphic rocks: a new environment of diamond formation. *Nature*, 343, 742–746. doi:10.1038/343742a0
 37. Sumino, H., Dobrzhinetskaya, L. F., Burgess, R., & Kagi, H. (2011). Deep-mantle-derived noble gases in metamorphic diamonds from the Kokchetav massif, Kazakhstan. *Earth and Planetary Science Letters*, 307 (3–4), 439–449. doi: 10.1016/j.epsl.2011.05.018
 38. Xu, S. T., Wen, S., Liu, Y. C., Jiang, L. L., Ji, S. Y., Okay, A. I., & Sengor, A. M. C. (1992). Diamond from the Dabie-Shan metamorphic rocks and its implication for tectonic setting. *Science*, 256 (5053), 80–82. doi.org/10.1126/science.256.5053.80
 39. Yacoot, A., & Moore, M. (1992). An unusual octahedral diamond. *Miner. Mag.*, 56 (382), 111–113. doi:10.1180/minmag.1992.056.382.14

REFERENCES

1. Ekimova, T. E., Lavrova, L. A., Nadezhkina, E. D., & Petrova, M. A. (1992). *Primary and alluvial diamond ability of Northern Kazakhstan*. Moscow: TsNIGRI Publishing House. (in russian)
2. Kashkarov, I. F., & Polkanov, Yu. A. (1972). On some peculiarities of diamonds from titanium-bearing placers of Northern Kazakhstan. *Proceedings Mineral. Museum of A. E. Fersman*, 21, 183–185. (in russian)
3. Lavrova, L. D., Pechnikov, V. A., Pleshakov, A. M., Nadezhkina, E. D., & Shukolyukov, Yu. A. (1999). *New genetic type of diamond deposits*. Moscow: Nauchny Mir Publishing House. (in russian)
4. Letnikov, F. A. (1983). Formation of diamonds in deep tectonic zones. *Reports of Academy of Sciences of the USSR*, 271 (2), 433–435. (in russian)
5. Marakushev, A. L. (1998). Genetic types of diamond mineralization. In *Gold, platinum and diamonds of the Komi Republic and adjacent regions*. Syktyvkar: Geoprint, 124–126. (in russian)
6. Martovitsky, V. P., Nadezhkina, E. D., & Ekimova, T. E. (1987). Internal structure and morphology of small non-kimberlite diamonds. *Mineral. J.*, 9 (2), 26–37. (in russian)
7. Nadezhkina, E. D., & Posukhova, T. V. (1990). Morphology of diamond crystals from metamorphic rocks. *Mineral. J.*, 12 (2), 3–15. (in russian)
8. Perchuk, L. A., Yapaskurt, V. O., & Okay, A. (1995). Comparative petrology of diamond-bearing metamorphic complexes. *Petrology*, 3, 267–309. (in russian)
9. Pechnikov, V. A., Bobrov, V. A., & Podkuiko, Yu. A. (1993). Isotopic composition of diamond and accompanying graphite from metamorphic rocks of Northern Kazakhstan. *Geochemistry*, 1, 150–154. (in russian)
10. Rozen, O. M., Zorin, Yu. I., & Zayachkovsky, A. L. (1972). Discovery of diamond in connection with eclogites in the Precambrian of the Kokchetav massif. *Reports of Academy of Sciences of the USSR*, 203 (3), 674–676. (in russian)

11. Shatsky, V. S., & Sobolev, N. V. (1993). Some aspects of the origin of diamonds in metamorphic rocks. *Reports of Russian Academy of Sciences*, 331 (2), 1217–1219. (in russian)
12. Cartigny, P., de Corte, K., Shatsky, V. S., Ader, M., de Paepe, P., Sobolev, N. V., & Javoy, M. (2001). The origin and formation of metamorphic microdiamonds from the Kokchetav massif, Kazakhstan: a nitrogen and carbon isotopic study. *Chemical Geology*, 176 (1–4), 265–281. doi.org/10.1016/S0009-2541(00)00407-1
13. De Corte, K., Cartigny, P., Shatsky, V. S., Sobolev, N. V., & Javoy, M. (1998). Microdiamonds from UHP metamorphic rocks of the Kokchetav massif, Northern Kazakhstan: FTIR spectroscopy, C and N isotopes and morphology. *Extended Abstracts of the VII Intern. Kimberlite Conf., Cape Town*, 7 (1), 184–186. doi.org/10.29173/ikc2676
14. De Corte, K., Taylor, W. R., & de Paepe, P. (2002). Inclusion contents of microdiamonds from UHP metamorphic rocks of the Kokchetav massif. In C. D. Parkinson, I. Katayama, J. G. Liou, & S. Maryama (Eds.). *The Diamond-Bearing Kokchetav Massif, Kazakhstan*. Tokyo, Japan. Universal Academy Press, Inc., Frontiers Science Series, 38, 115–135.
15. Dobrzhinetskaya, L. F. (2012). Microdiamonds – Frontier of ultrahigh-pressure metamorphism: A review. *Gondwana Research*, 21 (1), 207–223. doi.org/10.1016/j.gr.2011.07.014
16. Dobrzhinetskaya, L. F., Eide, E. A., Larsen, R. B., Sturt, B. A., Tronnes, R. G., Smith, D. C., Taylor, W. R., & Posukhova, T. V. (1995). Microdiamond in high-grade metamorphic rocks of the Western Gneiss Region, Norway. *Geology*, 23 (7), 597–600. doi: 10.1130/0091-7613(1995)023<0597
17. Dobrzhinetskaya, L. F., Green, H. W., Mitchell, T. E., & Dickerson, R. M. (2001). Metamorphic diamonds: Mechanism of growth and inclusion of oxides. *Geology*, 29 (3), 263–266. doi:10.1130/0091-7613(2001)029<0263:MDMOGA>2.0.CO;2
18. Dobrzhinetskaya, L. F., Green, H. W., Takahata, N., Sano, Y., & Shirai, K. (2010). Crustal signature of $\delta^{13}\text{C}$ and nitrogen content in microdiamonds from Erzgebirge, Germany: Ion microprobe studies. *J. Earth Sciences*, 21 (5), 623–634. doi.org/10.1007/s12583-010-0129-6
19. Dobrzhinetskaya, L. F., Liu, Z., Cartigny, P., Zhang, J., Tchkheta, D., Hemley, R. J., & Green, H. W. (2006). Synchrotron infrared and Raman spectroscopy of microdiamonds from Erzgebirge, Germany. *Earth and Planetary Science Letters*, 248 (1–2), 340–349. doi.org/10.1016/j.epsl.2006.05.037
20. Dobrzhinetskaya, L. F., Wirth, R., & Green, H. W. (2005). Direct observation and analysis of a trapped COH fluid growth medium in metamorphic diamond. *Terra Nova*, 17 (5), 472–477. doi.org/10.1111/j.1365-3121.2005.00635.x
21. Dobrzhinetskaya, L. F., Wirth, R., & Green, H. W. (2006). Nanometric inclusions of carbonates in Kokchetav diamonds from Kazakhstan: a new constraint for the depth of their origin. *Earth and Planetary Science Letters*, 243 (1–2), 85–93. doi.org/10.1016/j.epsl.2005.11.030
22. Dobrzhinetskaya, L. F., Wirth, R., & Green, H. W. (2007). A look inside of diamond-forming media in deep subduction zones. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104 (22), 9128–9132. doi.org/10.1073/pnas.0609161104
23. Dobrzhinetskaya, L. F., Wirth, R., & Green, H. W. (2010). Polycrystalline diamonds from the Erzgebirge ultrahigh-pressure metamorphic terrane, Germany. *American Geophysical Union, Fall Meeting 2010*, abstract id. V24B-04. 2010AGUFM. V24B..04D

24. Frezzotti, M. L., Selverstone, J., Sharp, Z. D., & Compagnoni, R. (2011). Carbonate dissolution during subduction revealed by diamond-bearing rocks from the Alps. *Nature Geoscience*, 4, 703–706. doi.org/10.1038/ngeo1246
25. Janák, M., Froitzheim, N., Yoshida, K., Sasinkova, V., Nosko, M., Kobayashi, T., Hirajima, T., & Vrabec, M. (2015). Diamond in metasedimentary crustal rocks from Pohorje, Eastern Alps: a window to deep continental subduction. *J. Metamorphic Geology*, 33 (5), 495–512. doi.org/10.1111/jmg.12130
26. Korsakov, A. V., Perraki, M., Zedgenizov, D. A., Bindi, L., Vandenabeele, P., Suzuki, A., & Kagi, H. (2010). Diamond-graphite relationships in ultrahigh-pressure metamorphic rocks from the Kokchetav massif, Northern Kazakhstan. *J. Petrology*, 51 (3), 763–783. doi: 10.1093/petrology/egq001
27. Lavrova, L. D., Karpenko, S. F., Lyalikov, A. V., & Pechnikov, V. A. (1997). Diamond formation in the age succession of geological events in the Kokchetav massif: evidence from isotopic geochronology. *Geochemistry Inter.*, 35, 589–595.
28. Massonne, H.-J., & Tu, W. (2007). $\delta^{13}\text{C}$ -signature of early graphite and subsequently formed microdiamond from the Saxonian Erzgebirge, Germany. *Terra Nova*, 19 (6), 476–480. doi.org/10.1111/j.1365-3121.2007.00774.x
29. Mposkos, E. D., & Kostopoulos, D. K. (2001). Diamond, former coesite and supersilicic garnet in metasedimentary rocks from the Greek Rhodope: a new ultrahigh-pressure metamorphic province established. *Earth and Planetary Science Letters*, 192 (4), 497–506. doi.org/10.1016/S0012-821X(01)00478-2
30. Naemura, K., Ikuta, D., Kagi, H., Odake, S., Ueda, T., Ohi, S., Kobayashi, T., Svojtka, M., & Hirajima, T. (2011). Diamond and other possible ultradeep evidence discovered in the orogenic spinel-garnet peridotite from the Moldanubian Zone of the Bohemian Massif, Czech Republic. In L. F. Dobrzhinetskaya, S. W. Faryad, S. Wallis, & S. Cuthbert (Eds.). *Ultrahigh-pressure metamorphism: 25 years after the discovery of coesite and diamond*. London: Elsevier, 77–111. doi.org/10.1016/B978-0-12-385144-4.00002-3
31. Nasdala, L., & Massonne, H.-J. (2000). Microdiamonds from the Saxonian Erzgebirge, Germany: in situ micro-Raman characterization. *Eur. J. Mineral.*, 12 (2), 495–498. doi.org/10.1127/0935-1221/2000/0012-0495
32. Ogasawara, Y. (2005). Microdiamonds in ultrahigh-pressure metamorphic rocks. *Elements*, 1 (2), 91–96. doi.org/10.2113/gselements.1.2.91
33. Okay, A. I. (1993). Petrology of a diamond and coesite-bearing metamorphic terrain: Dabie Shan, China. *Eur. J. Mineral.*, 5 (7), 659–676. doi.org/10.1127/ejm/5/4/0659
34. Petrik, I., Janak, M., Froitzheim, N., Georgiev, N., Yoshida, K., Sasinkova, V., Konecny, P., & Milovska, S. (2016) Triassic to Early Jurassic (c. 200 Ma) UHP metamorphism in the Central Rhodopes: Evidence from U-Pb-Th dating of monazite in diamond-bearing gneiss from Chepelare (Bulgaria). *J. Metamorphic Geology*, 34 (3), 265–291. doi:10.1111/jmg.12181
35. Shidlowksi, M. A. (1988). A 3,800-million-year isotopic record of life from carbon in sedimentary rocks. *Nature*, 333, 313–318. doi:10.1038/333313a0
36. Sobolev, N. V., & Shatsky, V. S. (1990). Diamond inclusions in garnets from metamorphic rocks: a new environment of diamond formation. *Nature*, 343, 742–746. doi:10.1038/343742a0
37. Sumino, H., Dobrzhinetskaya, L. F., Burgess, R., & Kagi, H. (2011). Deep-mantle-derived noble gases in metamorphic diamonds from the Kokchetav massif, Kazakhstan. *Earth and Planetary Science Letters*, 307 (3–4), 439–449. doi: 10.1016/j.epsl.2011.05.018

38. Xu, S. T., Wen, S., Liu, Y. C., Jiang, L. L., Ji, S. Y., Okay, A. I., & Sengor, A. M. C. (1992). Diamond from the Dabie-Shan metamorphic rocks and its implication for tectonic setting. *Science*, 256 (5053), 80–82. doi.org/10.1126/science.256.5053.80
39. Yacoot, A., & Moore, M. (1992). An unusual octahedral diamond. *Miner. Mag.*, 56 (382), 111–113. doi:10.1180/minmag.1992.056.382.14

*Стаття: надійшла до редакції 30.05.2022
прийнята до друку 29.08.2022*

Victor Kvasnytsya

*M. P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NASU,
34, Acad. Palladin Ave., Kyiv, Ukraine, 03142,
kvasnytsya@ukr.net*

PECULIARITIES OF METAMORPHIC DIAMONDS

For the first time a new type of diamond-bearing non-kimberlite rocks with microdiamonds was discovered in the Kokchetav massif of Kazakhstan – diamond microcrystals were found in rocks of ancient metamorphic complex and placers of different ages. Subsequently, similar microcrystals were found in the metamorphic rocks of the Dabie Shan massif (Central China), the Fjortoft Islands (Northern Norway), the Erzgebirge Massif (Germany) and the Bohemian Massif (Czech Republic), in metamorphic massifs of the Rhodopes (Greece and Bulgaria), the Western Alps (Italy) and the Eastern Alps (Slovenia), and in many other localities. The mineralogy of diamonds of the Kokchetav and the Erzgebirge massifs is studied in the most detail.

We summarized original and literature data on the mineralogy of metamorphic diamonds. Information on the geology of their diamond-bearing rocks and their indicator minerals is briefly covered – distribution, age, geological position of ultrametamorphic rocks, indicators of their diamond-bearing capacity and minerals of diamond parageneses. Peculiarities of metamorphic diamonds are characterized by often big content in rocks, their micron size and diversity of crystal shape, structural imperfection and normal growth mechanism of many crystals, dominant light isotopic composition of their carbon, high content of nitrogen impurities and their low type of aggregation, spectral types Ib–IaA, enrichment of impurities, the content of specific solid inclusions and the unusualness of mineral associations.

There are many hypotheses about the formation of metamorphic diamond crystals, including their metastable growth. The hypothesis of their subduction origin in the mantle at rather high *PT*-parameters is considered to be the most probable.

Kokchetav microdiamonds from metamorphic rocks of Kazakhstan and Samotkan microdiamonds from Neogene sands of the Middle-Dnipro area (Ukrainian Shield) are compared. According to the comparison indicators, Samotkan microdiamonds and Kokchetav microdiamonds differ markedly in crystal size and morphology, content of nitrogen impurities and degree of its aggregation, the ratio of spectral types, the ratio of helium isotopes $^3\text{He}/^4\text{He}$ and a set of mineral inclusions. Samotkan diamonds are larger, no skeletal forms have been identified among them, the range of their carbon isotope composition is wider, among them, there is quite a lot of non-nitrogen and low-nitrogen crystals, different spectral types of crystals represent them, and some of them contain mineral inclusions of peridotite association.

Key words: diamond, morphology, carbon isotopic composition, nitrogen impurities, solid inclusions, ultrametamorphic rocks.

УДК 548.4:553.9(477)

Дмитро Возняк

*Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення
імені М. П. Семененка НАН України,
просп. акад. Палладіна, 34, Київ, Україна, 03142
dkvoznyak@ukr.net
<https://orcid.org/0000-0002-6124-2033>*

НЕЗВИЧНІ ПЕРВИННІ ВКЛЮЧЕННЯ CO₂-ФЛЮЇДУ І ВОДНОГО РОЗЧИНУ В КВАРЦІ КАМЕРНИХ ПЕГМАТИТІВ ВОЛИНИ (ГЕНЕТИЧНІ АСПЕКТИ)

Досліджено кварц пізньої генерації з камерних пегматитів Волині (Вишняківська ділянка пегматитового поля), який наростає на кристалі моріону. Раніше у пізньому кварці виявляли тільки численні включення CO₂-флюїду трубчастої форми. Під час новітніх досліджень ми відшукали нетипові первинні включення CO₂-флюїду з “сітчастою” органічною речовиною на поверхні включень, а також рідкісніші включення водного розчину (газової фази близько 20 %). Включення мають форму негативних кристалів або неправильну, розмір – від 2–3 мкм до 1 мм і розташовані безпосередньо на контакті з гранями моріону. Різниця в умовах утворення трубчастих і незвичних первинних включень зумовлена нормальною швидкістю росту граней кварцу, до яких поприлипали пухирці CO₂-флюїду. За малої швидкості росту кварцу їх не відштовхували шари наростання граней, і флюїд законсервувався у вигляді не типових для дослідженого різновиду кварцу включень. *PT*-параметри консервації включень такі: $T = 210\text{--}230$ °C, $P = \sim 14$ МПа; глибина розташування пегматиту в цей період становила близько 1,4 км.

Ключові слова: кварц пізньої генерації, моріон, первинні включення, CO₂-флюїд, гетерогенне наповнення включень, *PT*-параметри флюїду, камерні пегматити, Волинь.

DOI: <http://dx.doi.org/10.30970/min.72.05>

Євген Лазаренко високо оцінював можливості використання флюїдних включень для реконструкції умов формування геологічних об'єктів [12]. Він усіляко сприяв розвиткові науки про флюїдні включення в Україні: ще наприкінці 1940-х років на геологічному факультеті Львівського університету завідувачі кафедр мінералогії і петрографії Є. Лазаренко й В. Соболев підтримали роботи М. Єрмакова та його учнів з вивчення флюїдних включень, що зацікавило світову наукову спільноту; те ж стосується розвитку вчення про мінералоутворювальні флюїди в Інституті геології і геохімії горючих копалин НАН України (сучасна назва) у Львові. Завдяки зусиллям Є. Лазаренка було започатковано інтенсивні дослідження флюїдних включень в Інституті геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка НАН України (сучасна назва) у Києві. Євген

Костянтинович заснував відділ регіональної та генетичної мінералогії, у якому вивчення включень у мінералах досі є одним із головних наукових напрямів досліджень. Значимо, що в працях Є. Лазаренка генетичні висновки щодо становлення геологічних об'єктів часто підкріплені результатами дослідження флюїдних включень у мінералах. У пропонованій статті обґрунтовано особливості формування конкретного геологічного об'єкта – камерних пегматитів Волинського мегаблока Українського щита за флюїдними включеннями в кварці.

Вступ. У кристалах кварцу пізньої генерації з камерних пегматитів Волині містяться первинні трубчасті включення CO_2 -флюїду (рис. 1).



Рис. 1. Типові первинні включення CO_2 -флюїду в кварці пізньої генерації більшості камерних пегматитів Волині. Чорними крапками показано межу поділу димчастий кварц–кварц пізньої генерації.

На початкових стадіях дослідження в цьому кварці виявляли тільки такі включення CO_2 -флюїду, на підставі чого зроблено висновок, що кварц пізньої генерації кристалізувався у газовому CO_2 -флюїді [15]. Згодом [10] було обґрунтовано, що утворення первинних трубчастих включень, видовжених у напрямі осі [0001], відбувалося завдяки відштовхуванню прилиплих до граней кристалів кварцу пухирців CO_2 -флюїду, які були у водному материнському розчині. Пухирці CO_2 -флюїду прилипали, головню, до негативних елементів мікрорельєфу грані.

Первинні водні газозво-рідкі включення виявили значно пізніше [6], оскільки вони рідкісні. За значеннями температури їхньої гомогенізації й густини CO_2 -флюїду включень визначили *PT*-параметри кристалізації цього різновиду кварцу і глибину розташування камерних пегматитів у цей період. Первинні трубчасті сингенетичні включення CO_2 -флюїду і водного розчину виявили й у кристалі берилу. Нижче вперше для кварцу пізньої генерації наведено результати вивчення первинних включень CO_2 -флюїду, які не мають трубчастої форми.

Мета дослідження – з'ясувати причини утворення незвичних за формою первинних сингенетичних включень CO_2 -флюїду й водного розчину в кварці.

Об'єкт і методи вивчення. Об'єкт дослідження – первинні включення CO_2 -флюїду й водного розчину, розміщені в основі росту кварцу пізньої генерації. Використано такі методи дослідження: візуальне вивчення тонких полірованих пластинок кварцу; визна-

чення температури гомогенізації включень у термокамері з точністю ± 1 °С [8]; криометричне дослідження включень у діапазоні від -196 до 150 – 200 °С з точністю $\pm 0,2$ °С [1]. Реакцію “сітчастої” органічної речовини на поверхні первинних включень CO_2 -флюїду на ультрафіолетове світло визначали за допомогою мікроскопа “ЛЮМАМ-И1” (світлофільтр УФС-6 – смуга пропускання світла з довжиною хвилі від 340 до 390 нм і максимумом 366 нм).

Термінологія. Для опису флюїдних включень використано двочленну генетичну класифікацію включень та інші терміни, що стосуються включень, у розумінні Г. Лемлейна і В. Калюжного [5, 8, 11], а для мінеральних включень – генетичну класифікацію твердих включень у мінералах В. Мокієвського та Ян Фен-Цзюня [13].

Результати дослідження та їхнє обговорення. Вивчено два кристала моріону з пегматитового тіла № 348 (Вишняківська ділянка пегматитового поля). Периферійна частина кристалів завтовшки 2 – 3 мм складена безбарвною пізньою генерацією кварцу. З першого кристала вирізано пластинку, паралельну до грані призми $\{11\bar{2}0\}$ (рис. 2), а з другого виготовлено 10 полірованих пластинок завтовшки 3 мм, які вирізано перпендикулярно до осі $[0001]$ кварцу.

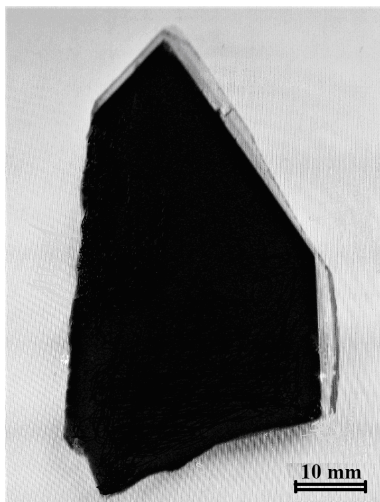


Рис. 2. Зональний кристал кварцу з пегматитового тіла № 348. Безбарвний кварц пізньої генерації наростає на моріоні. Первинні включення CO_2 -флюїду розташовані безпосередньо на контакті моріону з кварцом пізньої генерації.

Сингенетичні первинні включення CO_2 -флюїду й водного розчину (газово-рідкі включення, $L \sim 80$ %) виявлено тільки в пірамідах росту основного ромбоедра, тому їх потрібно вивчати в площині ромбоедра.

Включення CO_2 -флюїду мають розмір від 2 – 3 до $1\ 000$ мкм і різну форму – від негативних кристалів до неправильної (рис. 3). Первинні включення водного розчину (газово-рідкі, $L \sim 80$ %) трапляються порівняно часто й переважно дрібні (рис. 4). Вони розташовані в межах $0,1$ – $0,2$ -міліметрової зони, яка безпосередньо межує з площиною грані ромбоедра моріону. У напрямі периферії кристала температура консервації первинних включень водного розчину в цій зоні зростає.

Поверхня включень CO_2 -флюїду вкрита твердою органічною плівкою, яка розбита густою мережею тріщин (як сітка) і добре виявлена на індивідах великого розміру. Властивості цієї речовини дослідив В. Калюжний [6]. Включення з “сітчастою” речовиною у вакуумній камері мас-спектрометра розкриваються за $T = 314$ – 340 °С. На спектрах

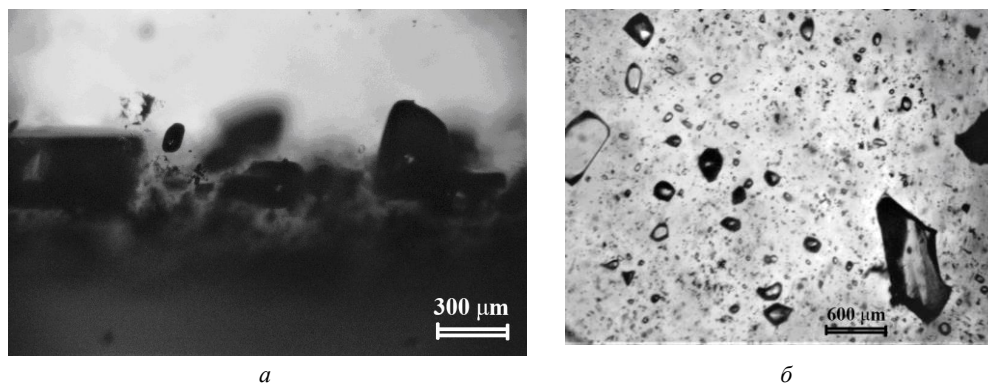


Рис. 3. Первинні включення CO_2 -флюїду в кварці пізньої генерації, розташовані безпосередньо на грані ромбоєдра моріону у площині, паралельній до граней призми $\{1120\}$ (а) і ромбоєдра (б).

зафіксовано масові числа, що відповідають водню, азоту, метану, етану й іншим вуглеводням, серед яких є вищі (важкі) гомологи вуглеводнів (масові числа в межах 80–115). Зазначимо, що майже ідентичний склад мають газові продукти, що їх виділили за тієї ж температури у вакуумній камері мас-спектрометра з чорного опалу [9].

Зникнення “сітчастої” речовини відбувається не водночас, а в температурному інтервалі 150–190 °С, що вище від відомих значень 70–80 °С [6]. За температури ~ 150 °С на поверхні включення стають помітні кілька кульок розплаву “сітчастої” речовини діаметром 3–5 мкм, розмір яких до 190 °С збільшується. Випаровуються вони до $T = 230\text{--}240$ °С. У процесі охолодження на поверхні включення осаджується “сітчаста” речовина, яку можна помітити завдяки утвореним тріщинам за ~ 50 °С. В ультрафіолетовому світлі її забарвлення не змінюється.

Температура потрійної точки CO_2 -флюїду первинних включень становить –57,2 °С; температура гомогенізації CO_2 -флюїду (у газ) – 12,0 °С (густина – 0,142 г/см³).

Температура первинних газопо-рідких ($L \sim 80\%$) включень гомогенного захоплення становить 210–230 °С. Такий інтервал засвідчує, що температура консервації первинних включень водного розчину дещо підвищилась у процесі надходження в камери пегматиту перших порцій CO_2 -флюїду.

Температура гомогенізації включень гетерогенного захоплення перевищує 250–280 °С.

Вторинні включення CO_2 -флюїду в кварці пізньої генерації дуже рідкісні. Вони мають більшу густину, порівняно з первинними. Температура потрійної точки CO_2 -флюїду вторинних включень становить –57,4 °С, температура гомогенізації (у газ) – 19,8 °С (густина 0,189 г/см³, за Амага [5]).

Камерні пегматити Волині – чи не єдині в світі пегматити, на завершальному етапі ендеогенного формування яких мінералоутворювальне середовище поряд з водним розчином містило фазу газового або рідкого CO_2 -флюїду. Рідкий CO_2 -флюїд відповідає продуктам дегазациї базитової магми [14], які у вигляді флюїдних потоків потрапляли в камерні пегматити.

За короткий час вони завершили ендеогенний етап становлення камерних пегматитів. Він фіксований первинними й вторинними включеннями гетерогенного походження (водний розчин + CO_2 -флюїд) у кристалах кварцу, берилу, топазу [4, 6].

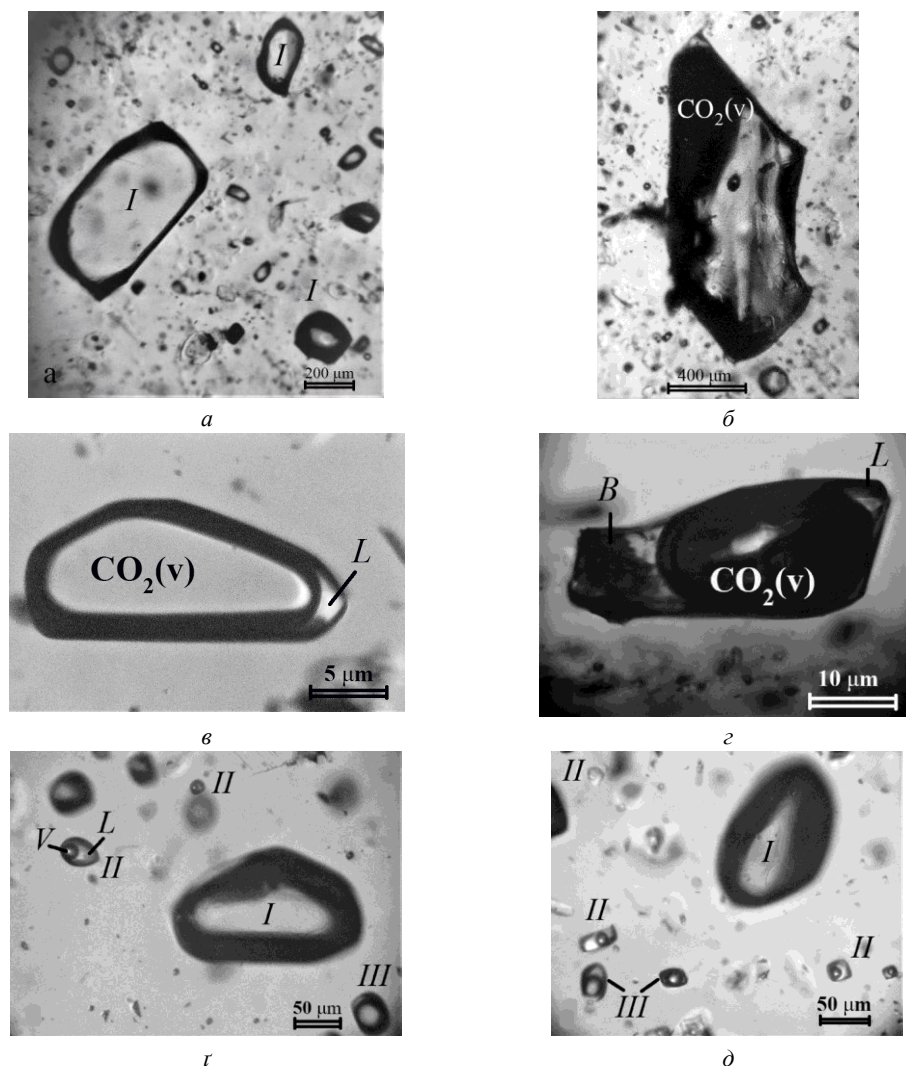


Рис. 4. Первинні флюїдні включення, що прилипли до грані ромбоедра моріону (а–б), і сингенетичні первинні включення CO₂-флюїду й водного розчину (в, д): I – включення CO₂-флюїду; II – газиво-рідкі включення ($L \sim 80$ об. %); III – включення гетерогенного наповнення; L – водний розчин; CO₂ (V) – CO₂-флюїд (газова фаза); B – тверда фаза.

Є факти [1, 3], завдяки яким можна зробити припущення про надходження продуктів дегазациї базитової магми на ранньому етапі утворення мінералів занірка (вище від температури $\beta \rightarrow \alpha$ -переходу кварцу), у рості яких домінували продукти дегазациї кислої магми, що брали участь у формуванні гранітів Коростенського плутону.

Щодо умов утворення опалу в камерних пегматитах Волині, дані про які отримано за рідинно-газовими включеннями в кварці й топазі, зазначимо таке. В. Калужний уперше зафіксував ліквідацію важкої рідини в процесі нагрівання первинних включень водного розчину в моріоні з камерних пегматитів [7]. У ранньовторинному включенні з опало-

подібною речовиною в топазі зафіксовано сорбцію/десорбцію води в інтервалі 370–376 °С. Доведено, що опалоподібна речовина генетично пов'язана з процесом появи в пегматитах водного розчину з високим вмістом SiO₂ [2]. Імовірно, за нижчої температури (~230 °С) ця речовина сорбувала леткі компоненти CO₂-флюїду, зокрема, вуглеводні.

Висновки.

1. Прилиплі до граней пухирці CO₂-флюїду за малої нормальної швидкості росту не відштовхувалися й у подальшому консервувалися у вигляді первинних включень у кварці пізньої генерації. Вони мали негативну й неправильну форму та різний розмір – від 2–3 до 1 000 мкм.

2. Розташування первинних включень CO₂-флюїду в кристалі вибіркове. У досліджених кристалах кварцу їх виявлено тільки в пірамідах росту ромбоєдрів.

3. *PT*-параметри консервації первинних включень у кварці пізньої генерації – 210–230 °С і ~14 МПа. Їх отримано за первинними трубчастими включеннями CO₂-флюїду у кварці інших пегматитових тіл. Орієнтовна глибина розташування заїрка в цей період становила 1,4 км.

4. CO₂-флюїд містив органічні сполуки, що потрапили в камери на завершальному ендегенному етапі формування пегматиту й відповідають продуктам дегазації основної або ультраосновної магми.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Возняк, Д. К. (2007). *Мікрровключення та реконструкція умов ендегенного мінералоутворення*. Київ: Наук. думка.
2. Возняк, Д. К., Хоменко, В. М. (2015). Утворення включення із опалоподібною речовиною у кристалі топазу із заноришових пегматитів Волині (за даними термобарометрії й ІЧ-спектроскопії). *Мінерал. журн.*, 37 (2), 13–22.
3. Возняк, Д. К., Павлишин, В. И., Калиниченко, А. М., Багмут, Н. Н. (2004). Инверсионная трещиноватость и α-β-переход кварца. *Материалы междунар. семинара*. Сыктывкар: Геопринт, 70–72.
4. Возняк, Д. К., Хоменко, В. М., Франц, Г., Віденбек, М. (2012). Фізико-хімічні умови завершального етапу становлення пегматитів Волині за даними термобарометрії та інфрачервоної спектроскопії берилу. *Мінерал. журн.*, 34 (2), 26–38.
5. Калюжний, В. А. (1961). *Методи вивчення багатозафазових включень у мінералах*. Київ: Вид-во АН УРСР.
6. Калюжний, В. А. (відп. ред.). (1971). *Мінералоутворюючі флюїди та парагенезиси мінералів пегматитів заноришового типу України*. Київ: Наук. думка.
7. Калюжний, В. А. (1956). Новые наблюдения фазовых превращений в жидких включениях. *Мінерал. сб.*, 10, 77–80.
8. Калюжний, В. А. (1982). *Основы учения о минералообразующих флюидах*. Киев: Наук. думка.
9. Калюжний, В. А., Гигашвили, Г. М. (1969). Чёрные опалы из пегматитов Волины, содержащие органическое вещество. *Докл. АН СССР*, 186 (5), 1154–1157.
10. Клия, М. О., Леммлейн, Г. Г. (1961). Первичные включения газа в кристаллах. *Зап. Всесоюз. минерал. об-ва*, 90 (3), 260–265.
11. Леммлейн, Г. Г. (1959). Классификация жидких включений в минералах. *Зап. Всесоюз. минерал. об-ва*, 88 (2), 137–143.

12. Матковський, О., Наумко, І., Павлунь, М., Сливко Є. (2021). *Термобарогеохімія в Україні*. Львів: Простір-М.
13. Мокиевский, В. А., Ян, Фен-Дзюнь. (1961). Новое о твердых включениях в кристаллах. *Зап. Всесоюз. минерал. об-ва*, 90 (5), 510–520.
14. Наумов, В. Б., Коваленко, В. И., Ярмолук, В. В., Дорофеева, В. А. (2001). Концентрация летучих компонентов (H₂O, Cl, F, S, CO₂) в магматических расплавах различных геодинамических обстановок. *Геохимия*, 1, 555–564.
15. Сухорский, Р. Ф. (1953). Влияние CO₂ на температуру гомогенизации газовых включений. *Минерал. сб.*, 7, 271–280.

REFERENCES

1. Vozniak, D. K. (2007). *Microinclusions and reconstruction of conditions of endogenous mineral formation*. Kyiv: Naukova Dumka. (in Ukrainian)
2. Voznyak, D. K., & Khomenko, V. M. (2015). Formation of inclusion with silicagel in topaz crystal from Volyn chamber pegmatites to thermobarometry, IR spectroscopy. *Mineral. Journal*, 37 (2), 13–22. (in Ukrainian)
3. Vozniak, D. K., Pavlishyn, V. I., Kalinichenko, A. M., & Bagmut, N. N. (2004). Inversion fracturing and α - β -transition of quartz. In *Materials of Intern. Seminar*. Syktyvkar: Geoprint, 70–72. (in russian)
4. Voznyak, D. K., Khomenko, V. M., Franz, G., & Wiedenbeck, M. (2012). Physicochemical conditions of the late stage of Volyn pegmatite evolution: Fluid inclusions in beryl studied by thermobarometry and IR spectroscopy methods. *Mineral. Journal*, 34 (2), 26–38. (in Ukrainian)
5. Kaliuzhnyi, V. A. (1961). *Methods of studying multiphase inclusions in minerals*. Kyiv: Publ. House of the UkSSR Academy of Sciences. (in Ukrainian)
6. Kaliuzhnyi, V. A. (Ed.). (1971). *Mineral-forming fluids and mineral parageneses of the chamber pegmatites of Ukraine*. Kyiv: Naukova Dumka. (in Ukrainian)
7. Kaliuzhnyi, V. A. (1956). New observations of phase transformations in liquid inclusions. *Mineralogical Collection*, 10, 77–80. (in russian)
8. Kaliuzhnyi, V. A. (1982). *Fundamentals of the doctrine of mineral-forming fluids*. Kiev: Naukova Dumka. (in russian)
9. Kaliuzhnyi, V. A., & Gigashvili, G. M. (1969). Black opals containing organic matter from pegmatites of Volyn. *Reports of the Academy of Sciences of the USSR*, 186 (5), 1154–1157. (in russian)
10. Kliia, M. O., & Lemmlein, G. G. (1961). Primary inclusions of gas in crystals. *Proceedings of the All-Union Mineralogical Society*, 90 (3), 260–265. (in russian)
11. Lemmlein, G. G. (1959). Classification of liquid inclusions in minerals. *Proceedings of the All-Union Mineralogical Society*, 88 (2), 137–143. (in russian)
12. Matkovskiy, O., Naumko, I., Pavlun, M., & Slyvko, Ye. (2021). *Thermobarogeochemistry in Ukraine*. Lviv: Prostir-M. (in Ukrainian)
13. Mokievskiy, V. A., & Yang, Feng Jun (1961). New about solid inclusions in crystals. *Proceedings of the All-Union Mineralogical Society*, 90 (5), 510–520. (in russian)
14. Naumov, V. B., Kovalenko, V. I., Yarmoliuk, V. V., & Dorofeeva, V. A. (2001). The concentration of volatile components (H₂O, Cl, F, S, CO₂) in magmatic melts of various geodynamic settings. *Geochemistry*, 1, 555–564. (in russian)

15. Sukhorskiy, R. F. (1953). Influence of CO₂ on the homogenization temperature of gaseous inclusions. *Mineralogical Collection*, 7, 271–280. (in russian)

*Стаття: надійшла до редакції 17.06.2022
прийнята до друку 29.08.2022*

Dmytro Vozniak

*M. P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NASU,
34, Acad. Palladin Ave., Kyiv, Ukraine, 03142,
dkvoznyak@ukr.net*

UNUSUAL PRIMARY INCLUSIONS OF CO₂-FLUID AND AQUEOUS SOLUTION IN QUARTZ FROM VOLYNIAN CHAMBER PEGMATITES (GENETIC ASPECTS)

We studied quartz from chamber pegmatites of the Korostenskyi pluton, in particular from pegmatite body No. 348 of the Vyshniakivska section of the pegmatite field. In particular, two morion crystals were studied, the peripheral part of which is composed of colourless late-generation quartz 2–3 mm thick.

Previously, only numerous inclusions of tubular CO₂-fluid were detected in late quartz. During the latest research, we found atypical primary inclusions of CO₂-fluid with “reticulated” organic matter on the surface of the inclusions, as well as rarer inclusions of an aqueous solution ($G \sim 20\%$). Inclusions have the shape of negative crystals or are irregular, size from 2–3 μm to 1 mm and are located directly in contact with the morion faces. The spectra of organic matter recorded mass numbers corresponding to hydrogen, nitrogen, methane, ethane, and other hydrocarbons, among which there are higher (heavy) homologues of hydrocarbons (mass numbers in the range of 80–115).

The difference in the conditions for the formation of tubular and unusual primary inclusions is due to the normal growth rate of the quartz faces to which bubbles of CO₂-fluid have adhered. At a low rate of quartz growth, they were not repelled by layers of face growth, and the fluid was conserved in the form of inclusions that are not typical for the investigated type of quartz. *PT*-parameters of conservation of inclusions are as follows: $T = 210\text{--}230\text{ }^\circ\text{C}$, $P = \sim 14\text{ MPa}$; the depth of pegmatite during this period was about 1.4 km.

Chamber pegmatites of Volyn are almost the only pegmatites in the world, at the final stage of which endogenous formation the mineral-forming medium contained a gas or liquid CO₂-fluid phase along with the aqueous solution. Liquid CO₂-fluid corresponds to products of degassing of basic magma, which entered the chamber pegmatites in the form of fluid flows. In a short time, they completed the endogenous stage of chamber pegmatite formation. It is fixed by primary and secondary inclusions of heterogeneous origin (aqueous solution + CO₂-fluid) in quartz, beryl, and topaz crystals.

Key words: late-generation quartz, morion, primary inclusions, CO₂-fluid, heterogeneous filling of inclusions, *PT*-parameters of the fluid, chamber pegmatites, Volyn.

UDC 549:552:551.71(477)

**Nataliia Bilyk¹, Iryna Poberezhska², Leonid Skakun³,
Yevheniia Slyvko⁴**

*Ivan Franko National University of Lviv,
4, Hrushevskoho St., Lviv, Ukraine, 79005*

¹nataliya.bilyk@lnu.edu.ua; <https://orcid.org/0000-0002-9684-195X>

²iryna.poberezhska@lnu.edu.ua; <https://orcid.org/0000-0001-5020-8326>

³leonid.skakun@lnu.edu.ua; <https://orcid.org/0000-0002-2338-6562>

⁴emslivko@i.ua; <https://orcid.org/0000-0002-2731-0602>

PECULIARITIES OF THE COMPOSITION AND THERMODYNAMIC CONDITIONS OF FORMATION OF ENDERBITES OF THE HAIVORONSKYI COMPLEX (SOUTH-WESTERN PART OF THE UKRAINIAN SHIELD)

Mineralogical and petrographic features of enderbites of the Haivoronskyi complex in the south-western part of the Ukrainian Shield (the valley of the Pivdennyi Buh River from the town of Haivoron to the village of Zavallia) were studied. The complex of research included field geological observations on outcrops and in quarries and laboratory petrographic, mineralogical and petrogeochemical studies. Such minerals as quartz, plagioclase (albite–oligoclase, andesine–bytownite), K-feldspar (microcline), rhombic (ferrosilite) and monoclinic (diopside, augite) pyroxenes, garnets, biotite, apatite, ilmenite, monazite, carbonates (calcite, dolomite) have been described. The temperature of mineral formation was calculated using garnet–biotite, garnet–orthopyroxene and two-feldspar geothermometers according to the data of various authors using theoretical calculations and a graphic method. The thermodynamic conditions for the formation of enderbites during three stages were determined on the basis of the conducted research and literature data.

Key words: enderbites, mineralogy, petrography, mineralogical geothermometers, Precambrian, Ukrainian Shield.

DOI: <http://dx.doi.org/10.30970/min.72.06>

Introduction. The studied territory is located in the Haivoron district of the Kirovohrad region (Fig. 1) and covers part of the Pivdennyi Buh River valley from the city of Haivoron to the village of Zavallia, geologically – in the south-western part of the Ukrainian Shield, at the junction of two megablocks – Dnistersko-Buzkyi and Rosynsko-Tikytskyi, between which the Holovanivska sutural zone is located.

The geological features of the area within the Dnistersko-Buzkyi megablock are caused by the presence of dome structures composed of rocks of the enderbite complex (U-Pb age of zircon – 3.5–3.3 billion years), and inter-dome depressions filled with carbonate-silicate rocks and complex of ultrabasic (serpentinites, peridotites, pyroxenites) and basic (gabbro) rocks

[10]. The rocks are metamorphosed in the conditions of the granulitic facies. In the Holovanivska sutural zone, dome structures of granitoid composition (age – 1.8 billion years) and inter-dome depressions filled with biotite-amphibole gneisses and crystalline schists (amphibolite facies of metamorphism) are developed; there are relics of the Dnistersko-Buzkyi megablock rocks in some places, which indicates the superimposed character of amphibolitic metamorphism in the sutural zone [10].

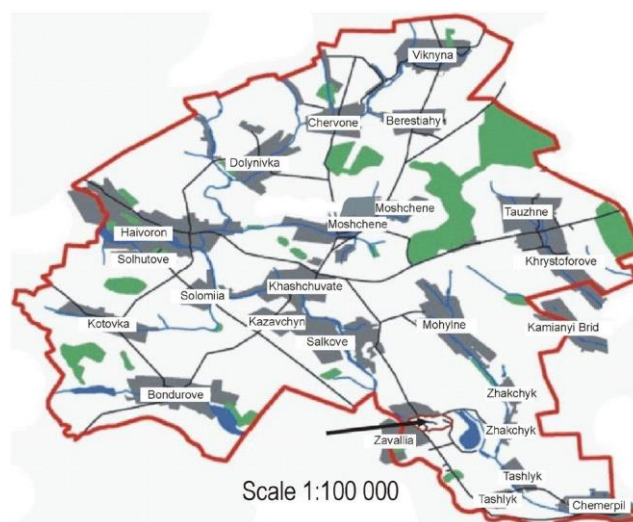


Fig. 1. Overview map of the research area.

The following three structural elements are distinguished in the Middle Pobuzhzhia: the Khashchuvato-Zavallivska synclinal structure (Bilotserkivska tectonic zone), the Pervomaisko-Holovanivska synclinal structure, and the Synytsivska anticlinal structure that separates them (Holovanivska tectonic zone). The Khashchuvato-Zavallivska structure, located between Haivoron and Zavallia, stretches for more than 25 km and is 16 km wide. It is bounded from the south by the Zavallivska fault zone, and from the north – by the Haivoronska fault zone. Two zones are distinguished in the structure: the Khashchuvativska, which is located in the northern part of the structure and has a latitudinal strike (length – 25 km, width – from 0.5 to 3.0 km), and the Zavallivska one in the south-eastern part of the structure (6 × 3 km) [8].

Enderbites are considered the oldest granitoids of the Ukrainian Shield. They are common in the Dnistrovsko-Buzkyi (Haivoronskyi complex), Serednioprydniprovskyi (Slavhorodskyi complex) and Pryazovskyi megablocks (Tokmatskyi complex) [11]. The rocks of the enderbite formation are exposed most completely and in the most preserved (from the influence of secondary processes) form in the Middle Pobuzhzhia and Transnistria. In some places, the enderbites of the Haivoronskyi complex underwent high-temperature metasomatism, so it is not always possible to determine which of the potassium feldspars is syngenetic with the enderbites, and which is superimposed.

I. Lesnaia, E. Nalivkina, M. Semenenko, I. Usenko, I. Shcherbakov, H. Yatsenko and other geologists studied the mineral composition of charnockitoids (enderbites).

According to I. Lesnaia [3], the main feature of charnockitoids (enderbites) of the Haivoronskyi block is a layer-like mode of occurrence and a gneiss-like appearance. Among them,

pre-granulitic charnockitoids (they are described in the literature as pre-folded or early-folded, synfolded rocks), or charnockite-migmatites, and late-folded charnockitoids are distinguished.

I. Usenko believed [7] that charnockitoids of the Haivoronskyi complex correspond in composition to enderbites, diorite-enderbites, and plagiogranites. They are represented by two-pyroxene and biotite-hypersthene plagiogneisses and crystalline schists, among which the scientist proposed to distinguish rocks of the Haivoronskyi type (two-pyroxene), Yatranskyi type (hypersthene and garnet-hypersthene), and Tokarskyi type (biotite-hypersthene). Potassium feldspars are mainly superimposed, but they are also formed in the conditions of the granulitic facies, which is evidenced by the low ordering of the mineral.

In work [9], the Haivoron-type enderbites, which make up the Haivoron-Zavallivskyi block, are described as greenish-grey very solid rocks. The most leucocratic enderbites contain lenticular lamellar quartz, and the mesocratic enderbites contain cord-like chains of pyroxenes, giving the rocks a stem-like, bundle-like, or cord-like texture. Subparallel allocations are visible in the cross-section.

The following mineral composition of enderbites is given [11]: ortho- and clinopyroxene, garnet, biotite, plagioclase, potash feldspar, quartz. The ratio of minerals is very different, so the composition of the rocks ranges from quartz diorite to trondhjemite. The more basic enderbites are usually biproxene, the more acidic ones contain garnet and biotite. Zircon (12–180 g/t), apatite (0–600), and ilmenite (0–300 g/t) prevail among the accessory minerals. Magnetite and monazite appear in rocks with the beginning of potash feldspartization.

Our **goal** is to investigate the peculiarities of the mineral composition of enderbites of the Haivoronskyi complex and to characterize the thermodynamic conditions of their formation.

Materials and methods. Mineralogical analysis of enderbite samples, which we selected in the quarries of Kozachyi Yar, Odeskyi, Haivoronskyi, and the northern side of the Zavallivskyi quarry, was performed. The complex of research included field geological observations on outcrops and in quarries and laboratory petrographic, mineralogical and petrogeochemical studies. We studied the mineral composition and structural and textural features of the rocks in transparent sections under the OLYMPUS microscope. Microanalytical studies of polished sections were performed in the laboratory of the Faculty of Physics (Ivan Franko National University of Lviv) using a PEMMA-102-02 (Sumy, Ukraine) raster (scanning) electron microscope equipped with an EDAR energy dispersive analyzer.

Results and discussion. Enderbites are massive medium-coarse-grained grey, dark grey, greenish-grey rocks (Fig. 2). The texture is grano- or heteroblastic. The mineral composition of enderbites is as follows, %: plagioclase – 50, quartz – 10–30, pyroxenes – 15, potassium feldspar – up to 10, garnet – up to 5, biotite – up to 5, hornblende – single grains; less than 1 % are apatite, zircon, titanite, ilmenite, monazite, pyrite, magnetite, calcite, dolomite.

Quartz is represented by isometric or irregular grains 0.1–1.6 mm in size from light to dark grey. Quartz of two generations is available (Fig. 3). Quartz-I forms elongated grains with stylolitic boundaries at the contact with other minerals. Quartz-II was formed as a result of recrystallization and is represented by isometric grains with wavy extinction.

Plagioclase forms tabular grains 1.0–1.5 mm in size, white in colour with characteristic polysynthetic twins (Fig. 4).

The chemical composition of plagioclase according to the results of microprobe analysis is given in Tables 1 and 2.

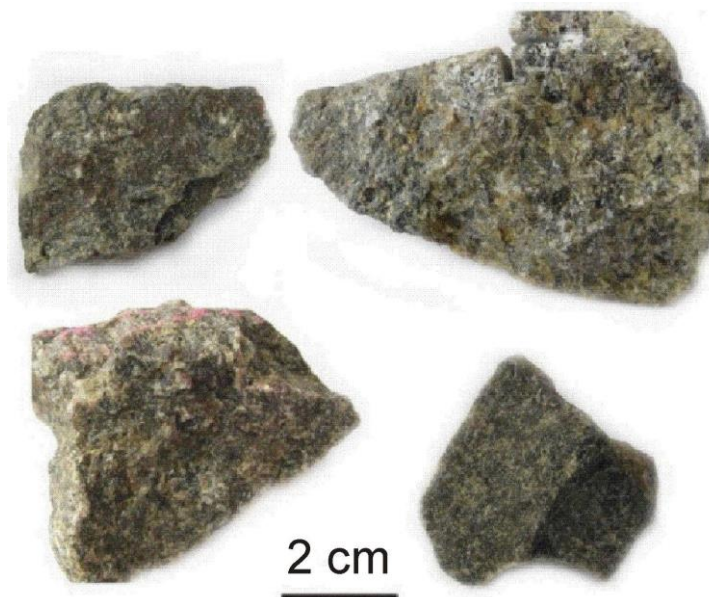


Fig. 2. Enderbites of Haivoronskyi complex.

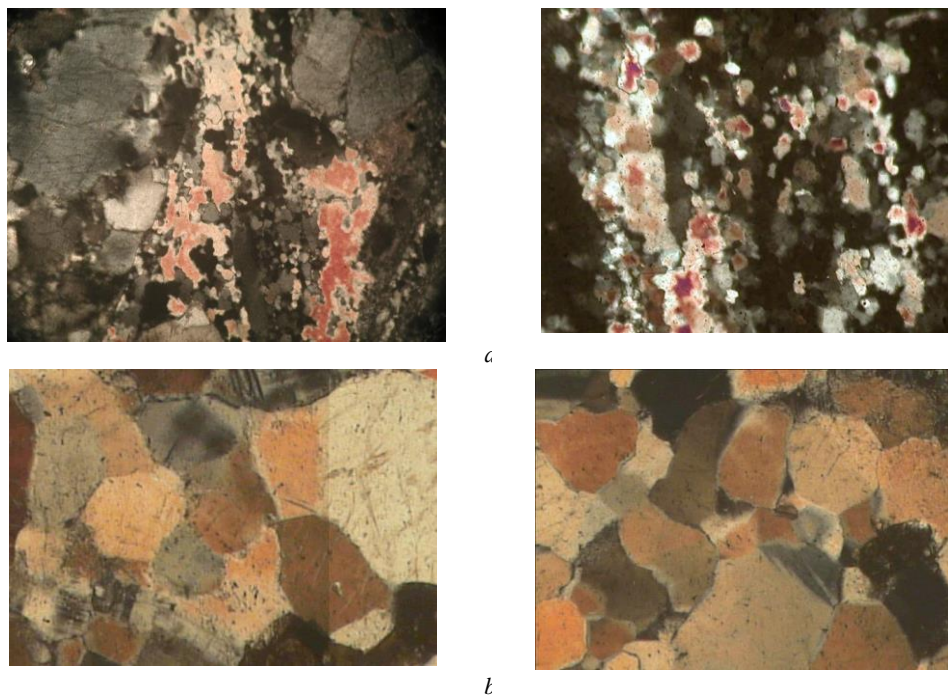


Fig. 3. Quartz of the first (*a*) and the second (*b*) generations, field of view – 2 mm, cross-polarised light (XPL).

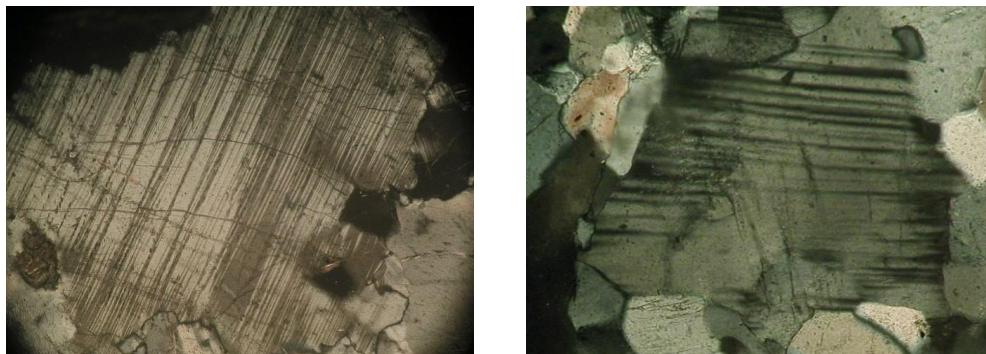


Fig. 4. Polysynthetic twins of plagioclase, field of view – 2 mm, XPL.

Table 1

Chemical composition (wt. %) and formula coefficients of plagioclase from enderbites of the Odeskyi quarry

Components	Sample number				
	4	13	18	19	25
SiO ₂	54.20	42.79	63.98	55.76	55.18
TiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al ₂ O ₃	29.93	37.41	22.71	28.39	29.24
FeO	0.20	1.05	0.17	0.00	0.31
MnO	0.30	0.00	0.00	0.00	0.08
MgO	1.36	1.82	1.39	1.23	1.49
CaO	6.39	14.71	5.65	7.38	6.75
Na ₂ O	7.35	2.19	5.26	7.10	6.63
K ₂ O	0.27	0.05	0.05	0.14	0.33
Total	100.00	100.02	99.21	100.00	100.01
Formula coefficients					
Si	2.44	1.98	2.82	2.50	2.47
Al	1.56	2.02	1.18	1.50	1.53
Total	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Ca	0.31	0.73	0.27	0.35	0.32
Na	0.64	0.20	0.45	0.62	0.58
K	0.02	0.00	0.00	0.01	0.02
Total	0.96	0.93	0.72	0.98	0.92
X-(Ab)-Pl	0.66	0.21	0.63	0.63	0.63
X-(An)-Pl	0.32	0.79	0.37	0.36	0.35
X-(Kfs)-Pl	0.02	0.00	0.00	0.01	0.02

Variations in the chemical composition of plagioclases in the three-component K–Na–Ca system are shown in Fig. 5.

Plagioclases of basic and intermediate composition (from bytownite to andesine) are earlier; they form syngenetic boundaries with potassium feldspar (Fig. 6).

Acidic plagioclases (oligoclase–albite) replace earlier plagioclases with the formation of calcite according to the following scheme (albitization process):

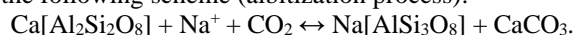


Table 2

Chemical composition (wt. %) and formula coefficients of plagioclases from enderbites of the Haivoronskyi quarry

Components	Sample and analysis number				
	7.1			1.1	
	3	1	5	7	15
SiO ₂	62.81	63.86	62.22	53.18	55.40
Al ₂ O ₃	22.94	22.66	22.18	30.07	29.61
FeO	0.00	0.00	0.00	0.09	0.18
MnO	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
MgO	0.00	0.00	0.00	1.33	1.03
CaO	5.35	4.05	5.21	9.55	7.25
Na ₂ O	8.53	9.26	8.72	5.56	6.38
K ₂ O	0.37	0.15	0.34	0.23	0.15
Total	100.00	100.00	98.67	100.01	100.00
Formula coefficients					
Si	2.79	2.82	2.80	2.40	2.48
Al	1.20	1.18	1.18	1.60	1.52
Total	3.98	4.00	3.97	4.00	4.00
Ca	0.25	0.19	0.25	0.46	0.35
Na	0.73	0.79	0.76	0.49	0.55
K	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01
Total	1.01	0.99	1.03	0.96	0.91
X-(Ab)-Pl	0.73	0.80	0.74	0.51	0.61
X-(An)-Pl	0.25	0.19	0.24	0.48	0.38
X-(Kfs)-Pl	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01

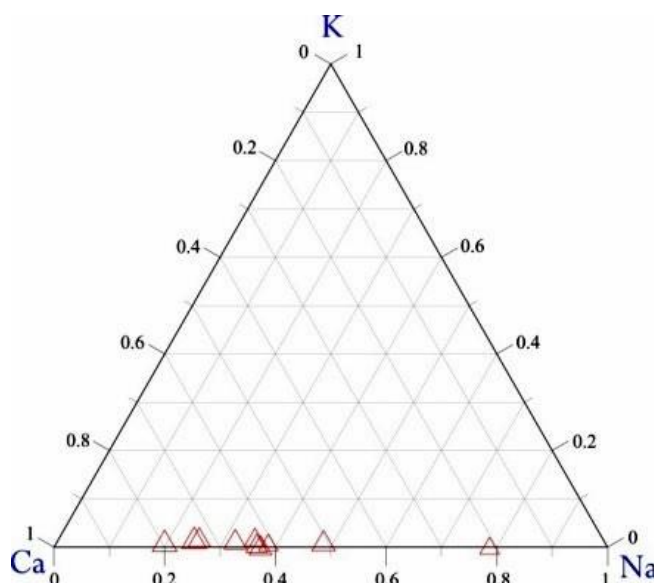


Fig. 5. Variations in the chemical composition of plagioclases in the K-Na-Ca system.

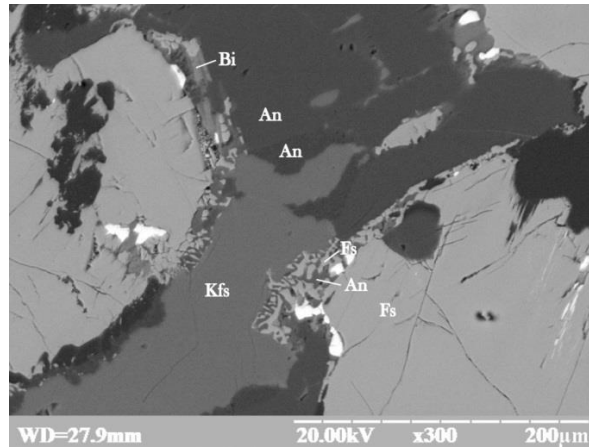
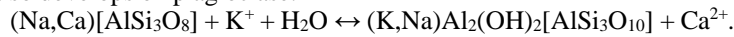


Fig. 6. Syngenetic boundaries of plagioclase with potassium feldspar. An – anorthite, Kfs – potassium feldspar, Bi – biotite, Fs – ferrosilite. BSE image.

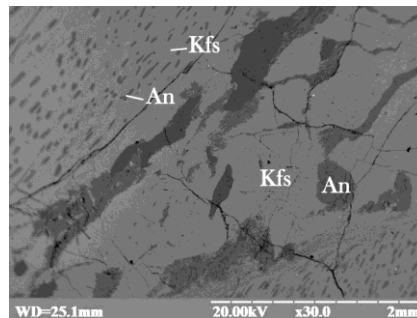
Sericite also develops on plagioclase:



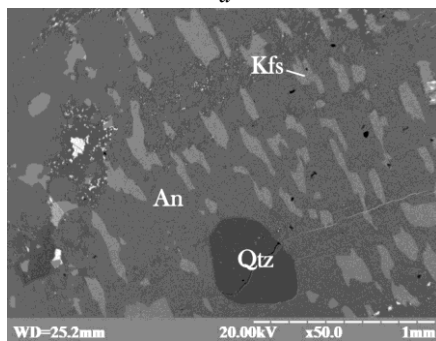
Potassium feldspar forms tabular grains 0.2–0.9 mm in size and pinkish in colour. A microcline lattice is visible in translucent light (Fig. 7, *a*); microperthites are characteristic – plagioclase ingrowths in K-feldspar (see Fig. 7, *b*) and microantiperthites – ingrowths of K-feldspar in plagioclase (see Fig. 7, *c*).



a



b



c

Fig. 7. Internal structure of potassium feldspar grains: *a* – microcline lattice, field of view – 2 mm, XPL; *b* – microperthites; *c* – microantiperthites; Qtz – quartz. BSE image.

X-ray analysis was performed to determine the system of potassium feldspar [1]. The triclinicity of the mineral is $\Delta p = 0.79$ (triclinic system); therefore, it is a microcline. The chemical composition of potassium feldspars is given in Table 3.

Table 3

Chemical composition (wt. %) and formula coefficients of potassium feldspars

Components	Sample and analysis number						
	Кяр-9		1.1		7-1		
	5	4	10	14	2	4	6
SiO ₂	59.36	58.51	60.28	60.03	64.57	63.75	64.05
TiO ₂	0.73	1.26	0.98	0.67	0.00	0.00	0.00
Al ₂ O ₃	21.56	22.33	21.1	22.37	17.99	17.88	18.27
V ₂ O ₃	0.00	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	0.00	0.27	1.57	0.03	0.00	0.00	0.00
MnO	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	1.51	1.05	0.97	1.34	0.00	0.00	0.00
BaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	0.79	0.58
CaO	0.27	0.34	0.64	0.35	0.33	0.54	0.67
Na ₂ O	1.87	1.30	0.96	0.93	1.94	1.59	1.96
K ₂ O	14.70	14.78	13.44	14.28	14.78	15.45	14.47
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Formula coefficients							
Si	2.77	2.73	2.80	2.78	2.99	2.98	2.97
Al	1.18	1.23	1.15	1.22	0.98	0.98	1.00
Ti	0.03	0.04	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00
Total	3.98	4.00	3.99	4.00	3.97	3.96	3.97
Ca	0.01	0.02	0.03	0.017	0.02	0.03	0.03
Ba	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.01	0.01
Na	0.17	0.12	0.09	0.083	0.01	0.14	0.18
K	0.87	0.88	0.80	0.842	0.87	0.92	0.86
Total	1.06	1.01	0.91	0.94	1.07	1.11	1.08
X-(Ab)-Kfs	0.83	0.87	0.87	0.89	0.97	0.84	0.80
X-(An)-Kfs	0.16	0.12	0.09	0.09	0.01	0.13	0.17
X-(Or)-Kfs	0.01	0.02	0.04	0.02	0.02	0.02	0.03

Potassium feldspar develops on compressed plagioclase of intermediate to basic composition (labradorite-bytownite) (Fig. 8).

Among the *pyroxenes*, rhombic (ferrosilite) and monoclinic (diopside, augite) pyroxenes were found. Ferrosilite forms short-prismatic grains ranging in size from 0.1 to 0.4–1.0 mm, dark green, colourless in translucent light (Fig. 9), the grains are deformed and fractured (Fig. 10). Ferrosilite and diopside form syngenetic growths (Fig. 11). Monoclinic pyroxenes are represented by prismatic grains ranging in size from 0.1–0.3 to 1 mm. The chemical composition of pyroxenes is given in Table 4 and depicted on the Ca–Fe–Mg triangular diagram (Fig. 12).

Garnet forms porphyroblasts ranging in size from 0.2–1.0 to 5 mm or more (Fig. 13), develops on a plagioclase-pyroxene aggregate (Fig. 14, a) and forms syngenetic growths with biotite (see Fig. 14, b).

Garnet grains contain segregations of quartz, ilmenite, calcite; garnet and quartz formed simultaneously.

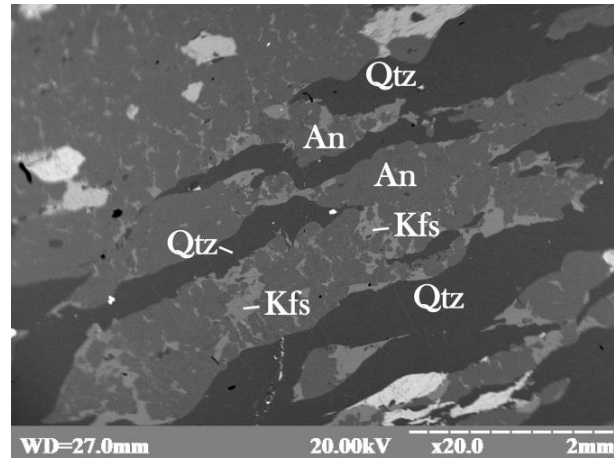


Fig. 8. Development of potassium feldspar on compressed plagioclase. BSE image.

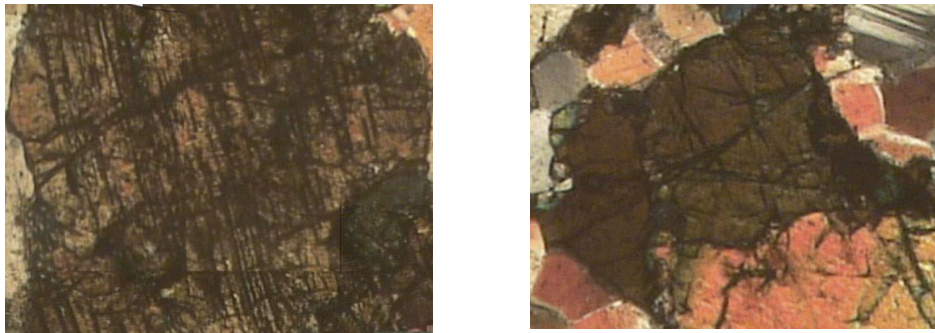


Fig. 9. Grains of rhombic pyroxene in enderbite, field of view – 2 mm, XPL.

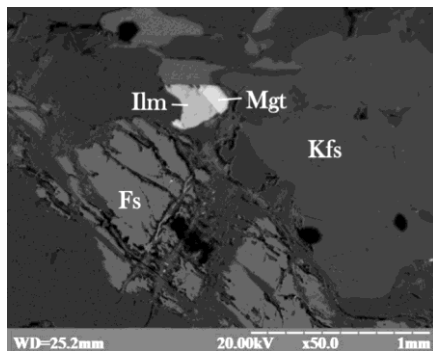


Fig. 10. Fractured orthopyroxene (Fs), as well as ilmenite (Ilm), magnetite (Mgt), and K-spar in enderbite. BSE image.

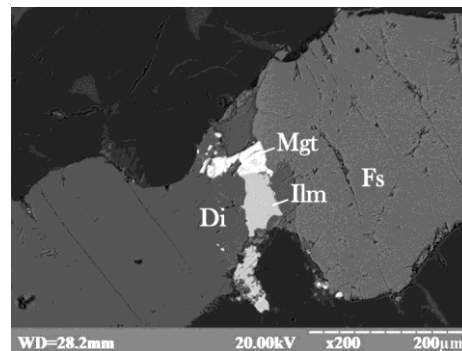


Fig. 11. Syngenetic growths of diopside (Di) and ferrosilite, along which magnetite develops. BSE image.

The chemical composition of garnets from enderbites is given in Table 5 and shown in Fig. 15.

Table 4

Chemical composition (wt. %) and formula coefficients of rhombic (1–9) and monoclinic (10–14) pyroxenes from enderbites

Components	Sample and analysis number						
	Кяр 9						5a
	11	16	24	27	29	35	1
	1	2	3	4	5	6	7
SiO ₂	46.86	46.26	46.43	45.76	46.11	46.53	41.63
TiO ₂	0.12	0.09	0.00	0.00	0.00	0.18	0.16
Al ₂ O ₃	2.68	3.85	3.12	2.60	6.06	2.93	1.63
V ₂ O ₃	0.00	0.00	0.18	0.00	0.21	0.00	0.00
Cr ₂ O ₃	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe ₂ O ₃	0.44	0.00	0.13	1.49	0.00	0.46	4.27
FeO	32.58	34.40	35.56	35.88	28.91	34.36	44.01
MnO	0.50	0.48	0.74	0.41	0.66	0.50	0.31
MgO	15.68	14.24	13.75	13.86	14.95	14.40	7.99
CaO	0.58	0.34	0.00	0.00	1.65	0.64	0.00
Na ₂ O	0.46	0.32	0.00	0.00	1.27	0.00	0.00
K ₂ O	0.10	0.01	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Formula coefficients							
Si	1.86	1.84	1.86	1.85	1.80	1.86	1.78
Al	0.13	0.16	0.15	0.12	0.28	0.14	0.08
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Fe ³⁺	0.01	0.00	0.00	0.05	0.00	0.01	0.14
Total	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.01
Al	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe ²⁺	1.08	1.15	1.19	1.21	0.95	1.15	1.58
Mg	0.93	0.85	0.82	0.83	0.87	0.86	0.51
Mn	0.02	0.02	0.03	0.01	0.02	0.02	0.01
Total	2.02	2.03	2.04	2.06	1.84	2.02	2.10
Fe/(Fe+Mg)	0.54	0.58	0.59	0.60	0.52	0.58	0.77
Mg/(Fe+Mg)	0.46	0.42	0.41	0.40	0.48	0.42	0.23

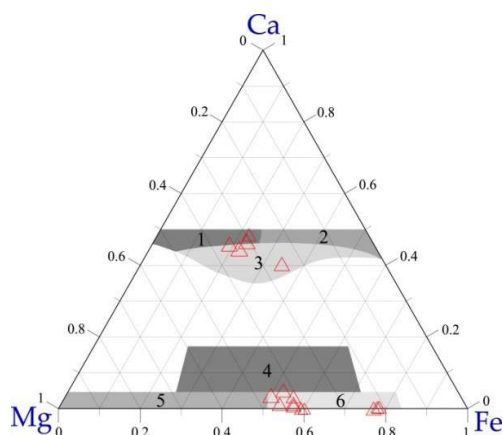


Fig. 12. Variations in the chemical composition of pyroxenes in the Ca–Fe–Mg system.

End of the Table 4

Components	Sample and analysis number						
	5a		Кяр 9		1-1		
	4	7	10	34	6	11	12
	8	9	10	11	12	13	145
SiO ₂	42.71	42.29	47.58	48.01	50.30	49.40	41.28
TiO ₂	0.00	0.10	0.03	0.00	0.00	0.00	9.08
Al ₂ O ₃	1.59	1.62	4.37	3.35	2.92	3.37	2.74
V ₂ O ₃	0.00	0.00	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00
Fe ₂ O ₃	2.95	3.32					
FeO	44.48	44.43	13.77	11.92	13.53	13.82	20.15
MnO	0.73	0.52	0.24	0.00	0.29	0.00	0.00
MgO	7.24	7.48	11.84	12.52	9.92	10.44	8.29
CaO	0.14	0.16	21.94	22.66	22.93	22.08	18.44
Na ₂ O	0.00	0.00	0.00	1.22	0.06	0.88	0.00
K ₂ O	0.14	0.07	0.00	0.06	0.05	0.01	0.02
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Formula coefficients							
Si	1.82	1.81	1.83	1.84	1.93	1.90	1.65
Al	0.08	0.08	0.17	0.15	0.08	0.11	0.13
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22
Fe ³⁺	0.09	0.11					
Total	2.00	2.00	2.00	1.99	2.00	2.00	2.00
Al	0.00	0.00	0.03	0.00	0.06	0.05	0.00
Ti			0.00	0.00	0.00	0.00	0.05
Fe ²⁺	1.59	1.59	0.44	0.38	0.43	0.44	0.67
Mg	0.46	0.48	0.68	0.72	0.57	0.60	0.49
Mn	0.03	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
V			0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
Total	2.08	2.08	1.16	1.11	1.07	1.09	1.22
Ca			0.90	0.93	0.94	0.91	0.79
Na			0.00	0.09	0.01	0.07	0.00
Total			0.90	1.02	0.95	0.97	0.79
Fe/(Fe+Mg)	0.79	0.78	0.39	0.35	0.57	0.57	0.42
Mg/(Fe+Mg)	0.21	0.22	0.61	0.65	0.43	0.43	0.58

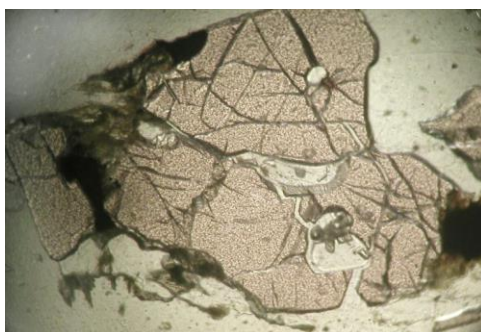


Fig. 13. Porphyroblast of garnet, field of view – 2 mm, plane-polarised light (PPL).

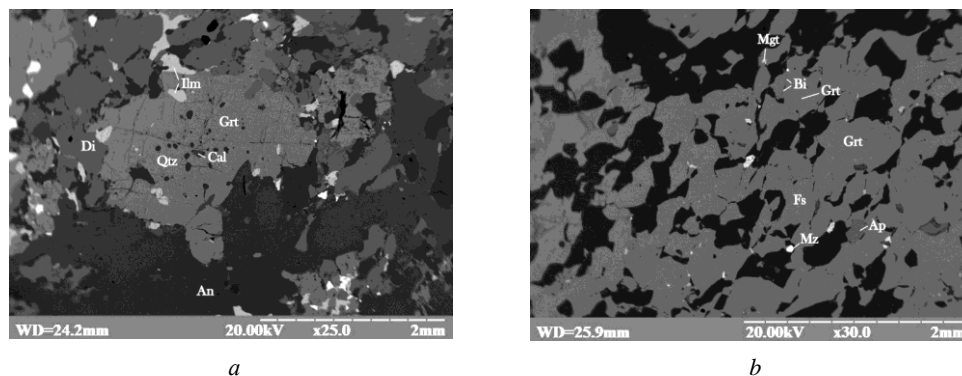


Fig. 14. Development of garnet on the plagioclase-pyroxene aggregate (a) and syngenetic growths of garnet with biotite (b). Grt – garnet, An – plagioclase, Cal – calcite, Mz – monazite, Ar – apatite. BSE image.

Table 5

Chemical composition (wt. %) and formula coefficients of garnets from enderbites

Components	Sample and analysis number					
	1.1				5a	
	1	2	8	9	2	3
SiO ₂	35.64	36.35	35.85	36.02	32.16	33.04
TiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00
Al ₂ O ₃	22.00	21.38	21.24	22.02	20.62	20.97
Fe ₂ O ₃	1.62	1.49	2.92	1.43	4.30	3.08
FeO	28.72	28.82	28.26	28.69	36.22	36.98
MnO	1.08	0.98	0.85	1.00	2.70	2.31
MgO	3.40	3.52	3.74	2.51	2.35	1.91
CaO	7.53	7.46	7.03	8.21	1.41	1.65
Na ₂ O	0.00	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00
K ₂ O	0.00	0.00	0.10	0.00	0.13	0.06
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Formula coefficients						
Si	2.85	2.90	2.87	2.88	2.69	2.75
Al	0.15	0.10	0.13	0.12	0.31	0.25
Total	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Al	1.92	1.91	1.87	1.96	1.72	1.81
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Fe ³⁺	0.10	0.09	0.18	0.09	0.27	0.19
Total	2.02	2.00	2.04	2.04	2.00	2.00
Fe ²⁺	1.92	1.92	1.89	1.92	2.53	2.57
Mg	0.41	0.42	0.45	0.30	0.29	0.24
Mn	0.07	0.07	0.06	0.07	0.19	0.16
Ca	0.65	0.64	0.60	0.70	0.13	0.15
Total	3.04	3.05	3.00	2.99	3.16	3.12
Almandine	0.63	0.63	0.63	0.64	0.81	0.82
Pyrope	0.13	0.14	0.15	0.10	0.09	0.08
Spessartine	0.02	0.02	0.02	0.02	0.06	0.05
Grossular	0.21	0.21	0.20	0.24	0.04	0.05

Biotite in transparent sections is pale yellow with its characteristic pleochroism scheme; grains have a scaly shape and size from 0.2–0.6 to 1 mm (Fig. 16). The mineral forms syngenetic growths with garnet (see Fig. 14, b), as well as with monazite, forming an induction surface. Chemical composition and formula coefficients of biotite see in the Table 6.

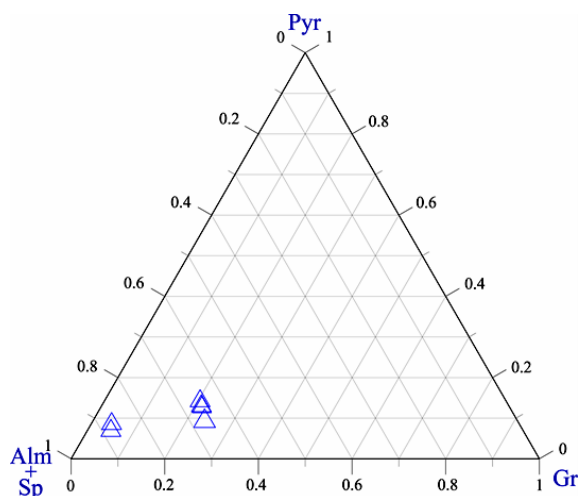


Fig. 15. Variations in the chemical composition of garnet in the three-component system Pyr–Gr–(Alm+Sp).

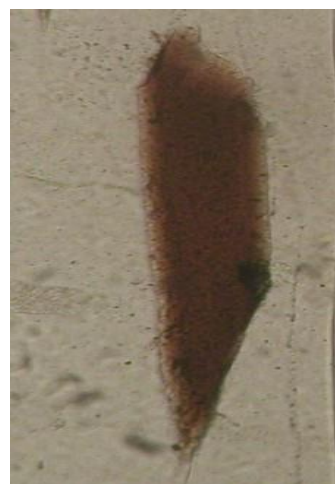
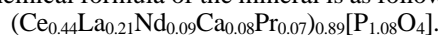


Fig. 16. Grain of biotite, field of view – 2 mm, PPL.

Apatite is visible only under a microscope: it is represented by separate isometric grains of 0.05–0.25 mm in size and growths with monazite (Fig. 17).

Ilmenite is also visible only in sections – these are individual grains of irregular shape 0.1–0.4 mm in size and growths with magnetite (see Fig. 17, a). The chemical composition and formula coefficients of ilmenite are given in the Table 7.

Monazite, detected by microprobe analysis, forms isometrically shaped grains 0.1–0.4 mm in size and growths with biotite (see Fig. 17, a). The chemical composition of monazite is as follows, wt. %: P_2O_5 – 35,60; Ce_2O_3 – 33,50; La_2O_3 – 15,94; Nd_2O_3 – 7,24; Pr_2O_3 – 5,65; CaO – 2,08. The crystal chemical formula of the mineral is as follows:



Magnetite, detected by microprobe analysis, is represented by isometric and irregularly shaped grains in growths with ilmenite (see Fig. 17, a). The chemical composition and formula coefficients of magnetite are given in the Table 8.

Carbonates, according to the results of microprobe analysis, are represented by calcite and dolomite (Table 9), which form inclusions in the garnet with a size of 0.2–0.6 mm (see Fig. 14, a and 18).

Determination of the temperature of mineral formation using mineral geothermometers. To determine the temperature of mineralization, we used biotite-garnet, garnet-orthopyroxene, and two-feldspar (plagioclase-K-feldspar) geothermometers.

To determine the temperature using a *garnet-biotite geothermometer*, a sample was selected in which garnet and biotite in enderbite form syngenetic growths.

The following two garnet–biotite mineral pairs were chosen:

Table 6
 Chemical composition (wt. %) and formula coefficients of biotite from enderbites

Components	Sample and analysis number						
	Кяр-9					5a	
	2	17	20	22	28	5	6
SiO ₂	35.44	36.54	35.55	35.55	34.68	32.58	33.92
TiO ₂	1.93	0.24	0.15	0.15	6.13	4.79	5.01
Al ₂ O ₃	18.13	21.22	19.48	19.48	16.77	15.58	14.62
FeO	20.04	17.62	19.93	19.93	20.34	29.40	28.45
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00
MgO	12.74	12.03	14.44	14.44	10.47	6.10	6.98
CaO	0.38	1.31	0.43	0.43	0.65	0.40	0.21
Na ₂ O	0.65	0.89	0.56	0.56	0.57	0.38	0.40
K ₂ O	10.69	10.14	9.47	9.47	10.40	10.70	10.41
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Formula coefficients							
Si	2.61	2.64	2.59	2.65	2.56	2.54	2.62
Al	1.39	1.36	1.41	1.35	1.44	1.43	1.33
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.06
Total	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Al	0.18	0.44	0.26	0.30	0.01	0.00	0.00
Ti	0.11	0.01	0.01	0.00	0.34	0.25	0.23
Fe	1.23	1.06	1.21	1.11	1.25	1.91	1.83
Mg	1.40	1.29	1.57	1.54	1.15	0.71	0.80
Total	2.92	2.82	3.05	2.96	2.76	2.87	2.87
Ca	0.03	0.10	0.03	0.05	0.05	0.03	0.02
Na	0.09	0.12	0.08	0.11	0.08	0.06	0.06
K	1.00	0.93	0.88	0.92	0.98	1.06	1.02
Total	1.13	1.16	0.99	1.08	1.11	1.15	1.10
Fe/(Fe+Mg)	0.47	0.45	0.44	0.42	0.52	0.73	0.70
Mg/(Fe+Mg)	0.53	0.55	0.56	0.58	0.48	0.27	0.30

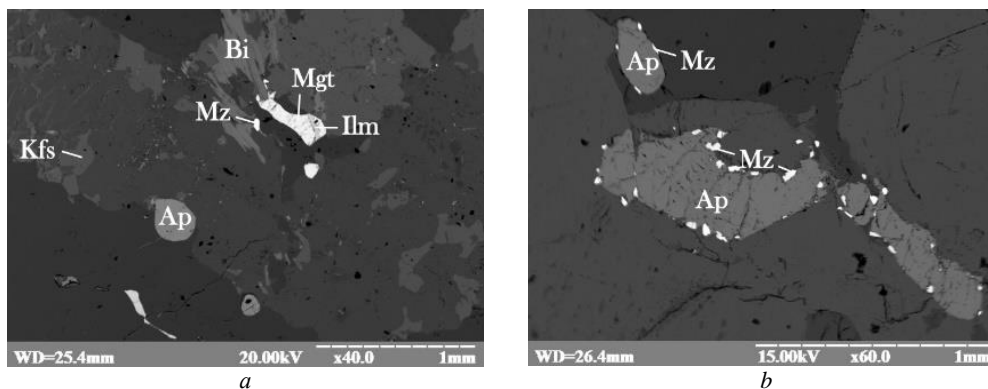


Fig. 17. Isometric apatite grain, growths of ilmenite and magnetite (a) and apatite with monazite (b). BSE image.

Table 7

Chemical composition (wt. %) and formula coefficients of ilmenite from enderbites

Components	Analysis number (sample Кяр-9)			
	6	6a	9	30
TiO ₂	50.85	49.59	48.82	48.96
Al ₂ O ₃	0.49	0.48	0.95	0.85
V ₂ O ₃	0.00	1.56	1.23	1.94
Fe ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	2.16
FeO	47.92	47.60	47.94	45.60
MnO	0.17	0.51	0.21	0.00
MgO	0.56	0.56	0.56	0.48
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
Formula coefficients				
Fe ²⁺	1.02	0.99	1.01	0.98
Mg	0.02	0.02	0.02	0.02
Mn	0.00	0.00	0.01	0.00
Total	1.04	1.01	1.04	1.00
Ti	0.97	0.93	0.92	0.93
V	0.00	0.03	0.02	0.04
Fe ³⁺	0.00	0.00	0.00	0.02
Al	0.01	0.01	0.03	0.03
Total	0.98	0.97	0.97	1.02

Table 8

Chemical composition (wt. %) and formula coefficients of magnetite from enderbites

Components	Analysis number (sample Кяр-9)		
	7	8	31
TiO ₂	0.46	0.46	0.01
Al ₂ O ₃	0.78	1.08	1.61
V ₂ O ₃	1.86	1.37	2.85
Cr ₂ O ₃	3.70	2.21	4.16
Fe ₂ O ₃	60.82	63.44	59.82
FeO	31.86	30.98	30.63
MnO	0.51	0.32	0.72
MgO	0.00	0.14	0.19
Total	100.00	100.00	100.00
Formula coefficients			
Fe ²⁺	1.01	0.98	0.97
Mg	0.00	0.01	0.01
Mn	0.02	0.01	0.02
Total	1.03	1.00	1.00
Fe ³⁺	1.74	1.81	1.71
Al	0.04	0.05	0.07
Ti	0.01	0.01	0.00
V	0.06	0.04	0.09
Cr	0.11	0.07	0.13
Total	1.96	1.98	2.00

Table 9

Chemical composition (wt. %) and formula coefficients of carbonates from enderbites

Components	Analysis number (sample 1.1)		
	3	4	13
FeO	12.91	9.48	11.78
MgO	10.96	13.36	12.24
MnO	0.33	0.47	0
CaO	29.34	29.06	28.06
Total	53.54	52.37	52.08
Formula coefficients			
Ca	0.53	0.52	1.03
Mg	0.28	0.34	0.63
Mn	0.01	0.01	0.00
Fe	0.18	0.13	0.34
Total	1.00	1.00	2.00

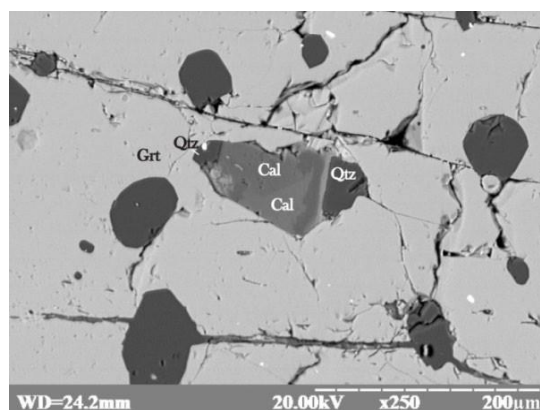
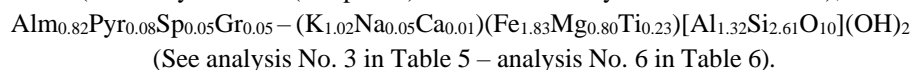
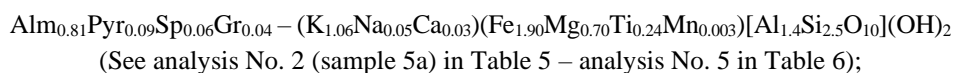
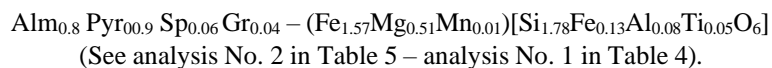


Fig. 18. Inclusions of calcite and quartz in garnet. BSE image.



Two methods were used – based in theoretical calculations and a graphic method. The obtained values of the temperature of mineral formation based on theoretical calculations according to the data of various authors are given in the Table 10, and according to the graphic method – in Fig. 19 (600–650 °C).

To determine the temperature using the *garnet-orthopyroxene geothermometer*, we selected a sample in which garnet and orthopyroxene form syngenetic growths. One mineral pair was used:



According to various authors (see Table 10), the temperature of mineral formation ranges from 415 to 481 °C.

Table 10

The results of determining the temperature of mineral formation based on the calculation method using biotite-garnet, garnet-orthopyroxene and two-feldspar geothermometers according to the data of various authors

Geothermometer	Authors	Temperature, °C	
Biotite-garnet	Goldman, Albee [15]	649–556	
	Lavrent'eva, Perchuk [2]	719–630	
	Holdaway, Lee [18]	728–616	
	Thompson [26]	767–635	
	Ferry, Spear [13]	821–636	
	Perchuk, Lavrent'eva [22]		660–609
			721–624
		721–632	
Garnet-orthopyroxene	Harley [17]	415	
	Bhattacharya et al. [12]	418	
	Perchuk [21]	451	
	Lee, Ganguly [19]	481	
Two-feldspar	Powell, Powell [23]	516	
	Fuhrman, Lindsley [14]	519	
	Green, Uzdansky [16]	526	
	Perchuk et al. [20]	529	
	Stormer [24]	531	
	Stormer, Whitney [25]	577	

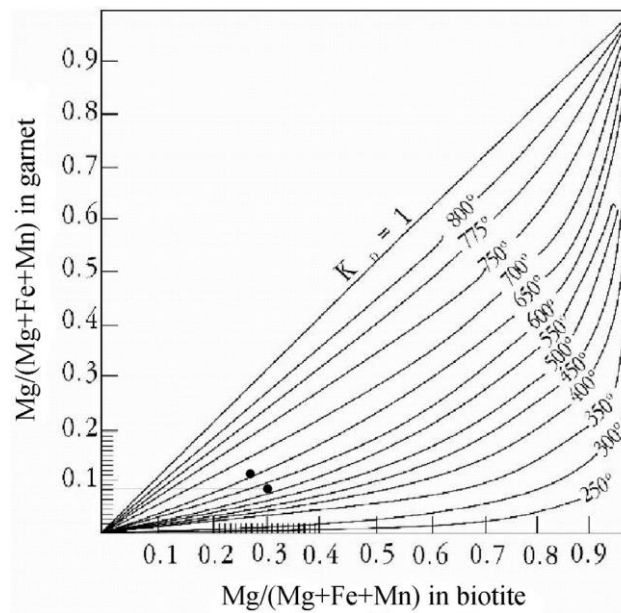


Fig. 19. Results of determining the temperature of mineral formation (black dots) using a biotite-garnet geothermometer. Mg and Fe distribution isotherms between biotite (Bi) and garnet (Gr) are shown [5].

To determine the temperature using a *two-feldspar geothermometer*, we chose the mineral pair plagioclase–potassium feldspar (the minerals form a syngenetic growth): $Ab_{0.66}An_{0.32}Kf_{0.02}$ – $Kf_{0.83}Ab_{0.16}An_{0.01}$. According to the data of various authors, the determined value of the temperature of the mineral formation ranges from 516 to 577 °C (see Table 10).

Conclusions. The conducted research made it possible to determine the mineralogical and petrographic features and conditions of formation of enderbites of the Haivoron complex in the area of the urban-type village of Zavallia.

Enderbites are massive medium-coarse-grained grey, dark grey, greenish-grey rocks with a grano- or heteroblastic structure. The mineral composition of enderbites includes quartz, plagioclase, K-feldspar, pyroxenes, garnet, biotite, hornblende, accessory minerals are represented by apatite, zircon, titanite, monazite, calcite, dolomite, and ore minerals – by ilmenite, pyrite, magnetite.

Two generations of quartz are distinguished: early quartz is represented by elongated grains with stylolitic boundaries in contact with other minerals; late quartz in the form of isometric grains with wavy extinction has been formed as a result of recrystallization. Plagioclase of the first generation has a composition from bytownite to andesine ($An_{0.79-0.32}$) and forms perthite and antiperthite ingrowths; plagioclases of the second generation are represented by oligoclase ($An_{0.25-0.19}$), they replace earlier plagioclase with the formation of calcite. Potassium feldspar replaces plagioclase with the appearance of antiperthite ingrowths and is represented by microcline. Garnet forms porphyroblasts and syngenetic growths with biotite, and magnetite forms syngenetic growths with ilmenite, which indicates the simultaneous formation of these minerals. Apatite develops in shatter zones and forms syngenetic growths with monazite and xenotime.

Our research and available literature data [4] provide grounds for distinguishing several stages in the process of enderbite formation.

The first, earliest stage is the stage of transition from original rocks to antiperthite enderbites. It is associated with intensive recrystallization, alkaline metasomatism (with a predominant sodium value) and silicic metasomatism: the general enrichment of newly formed rocks with plagioclase of a more acidic composition compared to the plagioclase of the original rocks, and the appearance of biotite and a small amount of K-spar in the form of antiperthite ingrowths.

The second stage is the stage of formation of antiperthitic enderbites enriched in quartz; recrystallization of rocks and intense silicic metasomatism continued. Alkaline metasomatism in this case has a subordinate value. There is a general enrichment of the rock with quartz, replacement of coloured minerals with plagioclase, formation of antiperthite ingrowths and biotite. These processes occurred during the first stage of substrate melting (3.65–3.40 billion years) [11].

The third stage, the latest one, is the stage of charnockite formation. It is also associated with recrystallization and alkaline metasomatism (a greater amount of potassium compared to sodium, which led to the formation of potassium feldspar). During the growth of K-spar grains, solutions were depleted of potassium and enriched with sodium and calcium, which led to the formation of myrmekites and perthite ingrowths in K-spar at the end of the stage. A garnet-biotite paragenesis is formed, which is superimposed and associated with high-temperature solutions ($T = 609$ – 821 °C according to the garnet-biotite geothermometer); these solutions brought Al, Fe, Ba, and K into the system. Metasomatism was syntectonic during

the second stage of melting of the substrate (2.78–2.74 billion years ago) and the formation of charnockites [6].

REFERENCES

1. Giller, Ya. L. (1966). *Tables of interplanar distances*. Moscow: Nedra. (in russian)
2. Larent'eva, I. V., & Perchuk, L. L. (1981). Phase correspondence in the biotite–garnet system. Experimental data. *Reports of the Academy of Sciences of the USSR*, 260 (3), 731–734. (in russian)
3. Lesnaia, I. M. (1988). *Geochronology of charnockites of Pobuzhie*. Kiev: Naukova dumka. (in russian)
4. Nalivkina, E. B. (1977). *Ophiolite associations of the Early Precambrian of Ukraine*. Moscow: Nedra. (in russian)
5. Perchuk, L. L. (1967). Biotite–garnet geothermometer. *Reports of the Academy of Sciences of the USSR*, 177 (2), 111–114. (in russian)
6. Semenenko, N. P. (1995). *Granulites and charnockites of the Ukrainian Shield*. Kiev: Naukova dumka. (in russian)
7. Usenko, I. S. (1958). *Basic and ultrabasic rocks of the Southern Bug basin*. Kiev: Publishing House of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR. (in russian)
8. Usenko, I. S. (Ed.). (1985). *Granulitic facies of the Ukrainian Shield*. Kiev: Naukova dumka. (in russian)
9. Shcherbak, N. P. (Ed.). (1984). *Granitoid formations of the Ukrainian Shield*. Kiev: Naukova dumka. (in russian)
10. Shcherbak, N. P., Artemenko, G. V., Lesnaia, G. V., & Ponomarenko, A. N. (2005). *Geochronology of the Early Precambrian of the Ukrainian Shield*. *Archean*. Kiev: Naukova dumka. (in russian)
11. Shcherbakov, I. B. (2005). *Petrology of the Ukrainian Shield*. Lvov: ZUKC. (in russian)
12. Bhattacharya, A., Mohanty, L., Maji, A., Sen, S. K., & Raith, M. (1992). Non-ideal mixing in the phlogopite–annite boundary: constraint from experimental data on Fe–Mg partitioning and reformulation of the biotite–garnet geothermometer. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 111, 87–93.
13. Ferry, J. M., & Spear, F. S. (1978). Experimental calibration of the partitioning of Fe and Mg between biotite and garnet. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 66, 113–117.
14. Furrman, M. L., & Lindsley, D. H. (1988). Ternary feldspar modeling and thermometry. *Amer. Mineral.*, 73, 201–216.
15. Goldman, D. S. Y., & Albee, A. L. (1977). Correlation of Mg/Fe partitioning between garnet and biotite with $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ partitioning between quartz and magnetite. *Amer. J. Sci.* 277, 750–767.
16. Green, N. L., & Usdansky, S. I. (1986). Ternary feldspar mixing relations and thermobarometry. *Amer. Mineral.*, 71, 1100–8.
17. Harley, S. (1988). Granulite P–T paths: Constraints and implications for granulite genesis. *Terra Cognita*, 8, 267–268.
18. Holdaway, M. J. & Lee, S. M. (1977). Fe–Mg cordierite stability in high-grade pelitic rocks based experimental, theoretical, and natural observations. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 63, 175–198.

19. Lee, H. Y., & Ganguly, J. (1988). Equilibrium compositions of coexisting garnet and orthopyroxene: Reversed experimental determinations in the system FeO–MgO–Al₂O₃–SiO₂, and applications. *J. Petrol.*, 29 (1), 93–113. doi:10.1093/petrology/29.1.93
20. Perchuk L., Gerya, T., & Nozhkin, A. (1989). Petrology and retrograde P-T path in granulites of the Kanskaya formation, Yenisey range, Eastern Siberia. *J. Metamorphic Geol.*, 7 (6), 599–617. <https://doi.org/10.1111/j.1525-1314.1989.tb00621.x>
21. Perchuk, L. L. (1991). Derivation of a thermodynamically consistent set of geothermometers and barometers for metamorphic and magmatic rocks. In L. L. Perchuk (Ed.). *Progress in metamorphic and magmatic petrology*. Cambridge University Press, 93–111.
22. Perchuk, L. L., & Larent'eva, I. V. (1983). Experimental investigation of exchange equilibria in the system cordierite–garnet–biotite. In S. K. Saxena (Ed.). *Kinetics and equilibrium in mineral reactions (Advances in physical geochemistry series, 3)*. New York: Springer, 199–239.
23. Powell, R. & Powell, M. (1977). Geothermometry and oxygen barometry using coexisting iron-titanium oxides: a reappraisal. *Mineral. Mag.*, 41 (318), 257–263.
24. Stormer, J. C., Jr. (1975). A practical two-feldspar geothermometer. *Amer. Mineral.*, 60, 667–674.
25. Stormer, J. C., Jr., & Whitney, J. A. (1985). Two feldspar and iron-titanium oxide equilibria in silicic magmas and the depth of origin of large volume ash-flow tuffs. *Amer. Mineral.*, 70, 52–64.
26. Thompson, A. B., (1976). Mineral reactions in pelitic rocks: II. Calculation of some P–T–X (Fe–Mg) phase relations. *Am. J. Sci.*, 276, 425–454.

Стаття: надійшла до редакції 16.06.2022
прийнята до друку 29.08.2022

**Наталія Білик, Ірина Побережська,
Леонід Скакун, Євгенія Сливко**

Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, Львів, Україна, 79005
nataliya.bilyk@lnu.edu.ua

ОСОБЛИВОСТІ РЕЧОВИННОГО СКЛАДУ І ТЕРМОДИНАМІЧНІ УМОВИ ФОРМУВАННЯ ЕНДЕРБІТІВ ГАЙВОРОНСЬКОГО КОМПЛЕКСУ (ПІВДЕННИЙ ЗАХІД УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА)

Досліджено мінералого-петрографічні особливості ендербітів гайворонського комплексу в південно-західній частині Українського щита (долина р. Південний Буг від м. Гайворон до смт Завалля). Комплекс досліджень охоплював польові геологічні спостереження на відслоненнях і в кар'єрах та лабораторні петрографічні, мінералогічні й петрогеохімічні дослідження.

Ендербіти – масивні середньо-крупнозернисті породи грано- або гетеробластової структури. Вони містять такі мінерали, як кварц, плагіоклази (альбіт–олігоклаз, андезин–бітовніт), калішпат (мікроклін), ромбічний (феросиліт) і моноклінні (діопсид, авгіт) піро-

ксени, гранати, біотит, апатит, монацит, ільменіт, пірит, гематит, карбонати (кальцит, доломіт). Виділено дві генерації плагіоклазу і кварцу.

За гранат-біотитовим, гранат-ортопіроксеновим і двопольовошпатовим геотермометрами за даними різних авторів з використанням теоретичних розрахунків і графічного методу обчислено температуру мінералоутворення. На підставі виконаних досліджень і літературних даних визначено термодинамічні умови формування ендербітів протягом трьох стадій.

Ключові слова: ендербіти, мінералогія, петрографія, мінералогічні геотермометри, докембрій, Український щит.

УДК 549:550.4:504.05(477.8)

**Василь Дяків¹, Ельвіра Джумеля², Мирослав Ковальчук³,
Володимир Мокрий⁴, Ігор Петрушка⁵**

¹Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, Львів, Україна, 79005
dyakivw@yahoo.com

<https://orcid.org/0000-0001-8045-4595>

^{2,4,5}Національний університет “Львівська Політехніка”,
вул. Бандери, 12, Львів, Україна, 79000

²<https://orcid.org/0000-0003-3146-8725>

⁴<https://orcid.org/0000-0002-5814-5160>

⁵<https://orcid.org/0000-0003-3344-4196>

³ТЗоВ “Інститут гірничо-хімічної промисловості” (“ГІРХІМПРОМ”),
вул. Стрийська, 98, Львів, Україна, 79026

МІНЕРАЛЬНИЙ СКЛАД, ГЕОХІМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ І ВПЛИВ НА ДОВКІЛЛЯ ВІДВАЛУ ФОСФОГІПСУ НОВОРОЗДІЛЬСЬКОГО ЗАВОДУ СКЛАДНИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ (ЛЬВІВСЬКА ОБЛ.)

Фосфогіпс Новorozдільського заводу складних мінеральних добрив – типове техногенне мінеральне новоутворення, побічний продукт виробництва мінеральних добрив, який утворюється в процесі отримання фосфорної кислоти внаслідок хімічної взаємодії фосфоровмісних руд (апатитового чи фосфоритового концентрату) з сірчаною кислотою. У мінеральному складі фосфогіпсу домінують сульфати кальцію з різним вмістом кристалізаційної води – гіпс (85–95 %) і басаніт (5–10 %), до 2–3 % становить нерозчинений апатит, також є слідові кількості мінералів, які первинно були в апатитовому концентраті.

Відвал фосфогіпсу є джерелом формування кислих інфільтратів, які в процесі стікання в рудничний канал суттєво погіршують якість води в ньому. Води висомінералізовані, з підвищеним вмістом сульфатів, фосфатів і фтору. Інфільтрація атмосферних опадів з відвалу фосфогіпсу в дренажну траншею й оз. Центральне (Кисле), а звідти – у рудничний канал призводить до зниження якості води й у разі несприятливих метеорологічних умов може бути причиною забруднення транскордонної річки Дністер. Для запобігання потенційному забрудненню рекомендовано облаштувати каскад фільтрувальних дамб із місцевих карбонатних матеріалів.

Ключові слова: фосфогіпс, техногенне мінералоутворення, апатит, кислі інфільтрати, забруднення, охорона довкілля, Дністер.

DOI: <http://dx.doi.org/10.30970/min.72.07>

Стан проблеми. Екологічна ситуація в зоні впливу Роздільського ДГХП “Сірка” і Новороздільського заводу складних мінеральних добрив у м. Новий Розділ зумовлена специфічним поєднанням природних, інженерних і соціально-економічних чинників [2, 10]. Після припинення видобутку сірки за умов, коли нема сировини, значних енерговитрат і неконкурентоспроможності 1995 р. завод припинив роботу. Його діяльність приводила до побічного утворення значних об’ємів специфічних промислових відходів – фосфогіпсу й кислих вод – продуктів хімічної реакції між апатитовим концентратом і сірчаною кислотою. За два десятки років нагромаджено 4,5 млн т фосфогіпсу, а також кислі мінералізовані води у відстійнику, об’єм яких постійно зростає завдяки надходженню інфільтратів в озеро-відстійник кислих вод [2].

Припинення використання вод оз. Центральне як відстійника оборотних вод заводу складних мінеральних добрив і постійне акумулювання інфільтрату спричинило низку екологічних проблем. Зокрема, наслідком переповнення озера є поверхневий стік забруднених вод у русло транскордонної річки Дністер, яка протікає на відстані 2 км від озера [7].

Саме цим зумовлена **актуальність** пропонованої праці. Крім того, нині саме якість водних ресурсів, а не їхня кількість, є обмежувальним чинником водокористування. Для ефективного дослідження потенційного впливу на довкілля надзвичайно актуальним є вивчення мінерального складу й геохімічних особливостей у процесі як утворення фосфогіпсу, так і тривалого його зберігання.

Виклад основного матеріалу. Новороздільський завод складних мінеральних добрив побудували в межах промислового майданчика Роздільського ДГХП “Сірка” [9] на широких надзаплавних терасах р. Дністер у межиріччі лівих його приток – річок Барвінок і Колодниця (рис. 1). Поряд облаштували місця для зберігання промислових відходів – відвал фосфогіпсу й відстійник кислих вод – нині оз. Центральне (Кисле).

Відкрите й розвідане в повоєнні роки Роздільське сірчане родовище почали розробляти Південним, а згодом – Центральним кар’єром, на відстані 300–400 м від Дністра, де сірчані руди виходили майже на денну поверхню. У 1960-ті роки запаси руд Південного кар’єру, а в 70-ті – Центрального були цілком вичерпані [9]. Виймки, що утворилися на місці обох кар’єрів, частково заклали розкривними породами Північного кар’єру. Решту виробленого простору залишили для облаштування ложа техногенних водойм – збірника інфільтратів з відвалу фосфогіпсу та гідровідвалу № 4; після розмивання перемички вони стали єдиним озером, яке назвали Центральним (рис. 2).

Перед відсіпанням територію, відведену під відвал, разом з огорожувальною дамбою екранували шаром глини завтовшки 1 м і додатково – поліетиленовою плівкою. На плівку поклали захисний шар суглинку (0,7 м) і дренальний шар із прошарків гравію (0,3 м) й піску (0,2 м). Цей дренажний шар повинен був перехоплювати кислі інфільтрати, що їх у період функціонування підприємства направляли на станцію нейтралізації, а після припинення його роботи їх акумулювали у відстійнику – озері Центральному. Відсіпання відвалу фосфогіпсу виконували вивозом самоскидами з плануванням поверхні бульдозером у вигляді зрізаного конуса з кутом схилу до 18°. Загалом на відвалі нагромаджено 4,5 млн т фосфогіпсу.

Вихідною сировиною для виробництва добрив на заводі була сірчана кислота (рис. 3), яку отримували з сірчаних руд Роздільського ДГХП “Сірка”, фосфорний (апатитовий) концентрат з Хібінського родовища (Кольський півострів) і, менше, фосфоритовий концентрат із осадових фосфоритів [1].

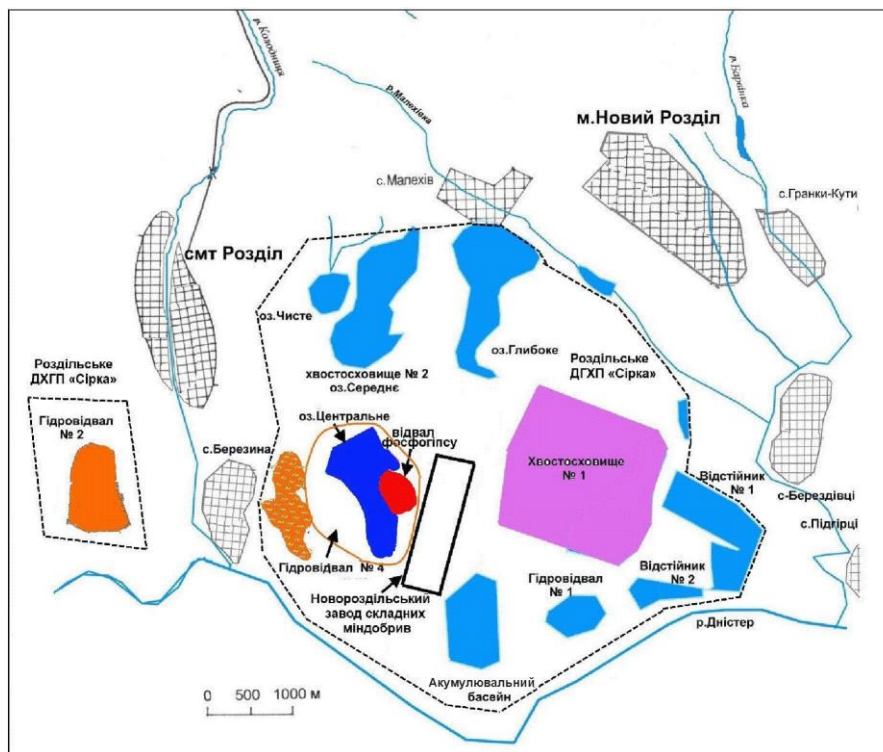
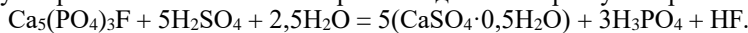


Рис. 1. Принципова схема розташування Новороздільського заводу складних мінеральних добрив, відвалу фосфогіпсу й відстійника кислих вод – оз. Центральне в межах промислового майданчика Роздільського ДГХП «Сірка».

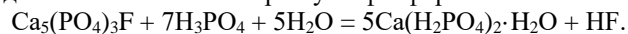
Хібіньські апатитові руди з формації нефелінових сієнітів складені флюоро-апатитом з домішками піроксенів, польових шпатів, слюд, титаномagnetиту, нефеліну та ін. Специфічною особливістю такого апатитового концентрату є підвищений вміст фтору.

Найпоширенішим первинним мінералом апатитового концентрату був власне кальцієвий флюоро-апатит $\text{Ca}_5\text{F}[\text{PO}_4]_3$. Склад хімічно чистого мінералу такий, мас. %: P_2O_5 – 42,23, CaO – 55,64, F – 3,77; чистий природний мінерал містить у середньому 40,7 % P_2O_5 і 2,8–3,4 % F . В апатитовому концентраті в незначній кількості наявні нефелін, піроксени, титаномagnetит, ільменіт, титаніт, польові шпати, біотит, евідаліт.

Фосфогіпс є побічним продуктом виробництва мінеральних добрив у процесі отримання фосфорної кислоти внаслідок хімічної взаємодії апатитового чи фосфоритового концентрату з сірчаною кислотою. На першій стадії апатит реагує з сірчаною кислотою:



На другій стадії залишковий апатит реагує з фосфорною кислотою:



Крім апатиту, розкладаються також нефелін та інші мінерали концентрату. Як наслідок – у розчин переходять фосфати заліза, натрію й алюмінію. Плавикова кислота HF розчиняє силікати й переходить у кремнієфторводневу кислоту H_2SiF_6 . Тверді продукти реакції, які складаються, головню, з гіпсу, називають фосфогіпсом.

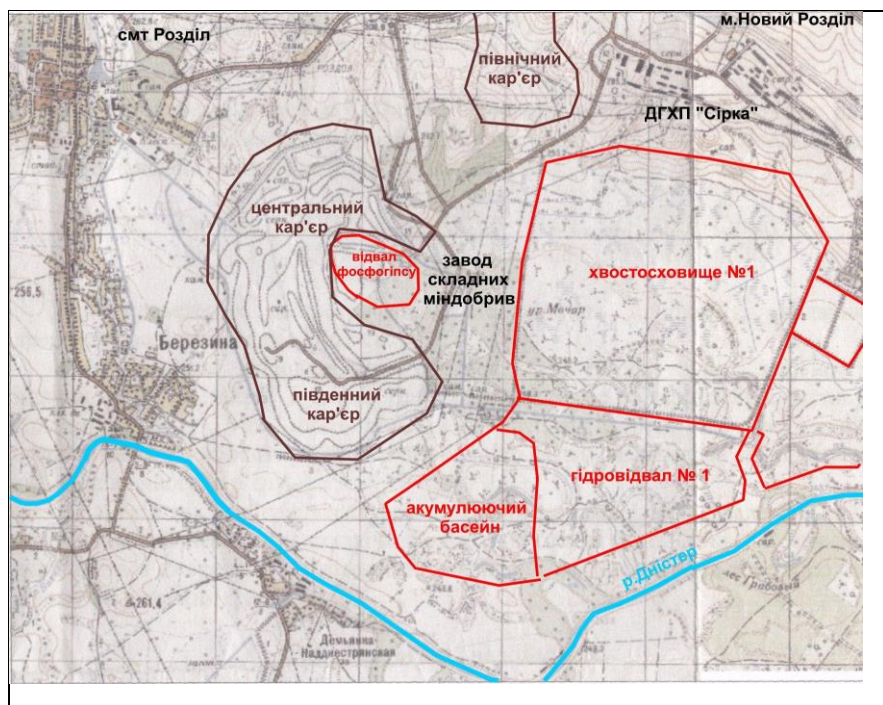


Рис. 2. Топографічна карта лівого берега р. Дністер у районі с. Березина, смт Розділ та м. Новий Розділ (кінець 1950-х років, початкові стадії гірничо-видобувних робіт).

Червоними лініями окреслено майбутні об'єкти гірничо-хімічної промисловості (хвостосховища, відвали, басейни, підприємства).



Рис. 3. Цистерни для зберігання сірчаної кислоти.

Отже, фосфогіпс – це техногенне мінеральне новоутворення, яке має специфічний мінеральний склад з домінуванням гіпсу у вигляді безбарвних голчастих і пластинчастих кристалів та мізерною кількістю домішок інших мінералів, що утворюються внаслідок взаємодії сірчаної кислоти з апатитом [3–5]. Формула фосфогіпсу $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{--}2,0\text{H}_2\text{O}$ (вміст PO_4 – до 5 %), молекулярна маса – 172,17, густина – 2,32 г/см³, розчинність у воді становить 0,206 г/100 г. Розрізняють такі морфологічні відміни фосфогіпсу,

як суцільна дрібнозерниста основна маса, мікрокристалики у вигляді окремих зерен, видовжено-призматичні кристали, голочки і зростки різної форми завдовжки 0,1–0,4 мм (рис. 4).

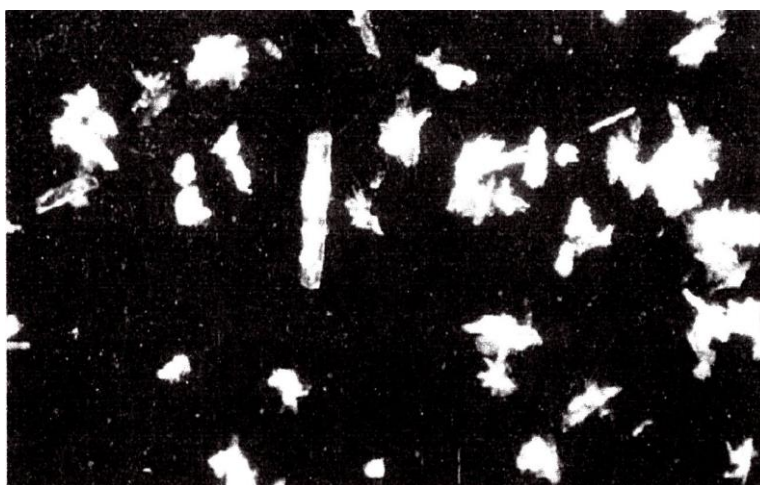


Рис. 4. Морфологічні відміни фосфогіпсу: основна маса (чорне), мікрокристалики у вигляді окремих зерен, видовжено-призматичні кристали, голочки, зростки різної форми завдовжки 0,1–0,4 мм.

Гранулометричний склад фосфогіпсу наведено в табл. 1 та показано на рис. 5. З них випливає, що більшість частинок має розмір від 0,01 до 0,10 мм. Тому заскладований фосфогіпс швидко злежується і стає щільним. По поверхні відвалу вільно їздять самоскиди. Під навантаженням фосфогіпс ущільнюється практично пропорційно до навантаження й досягає максимальної щільності за тиску 5–6 кг/см².

Однак, на відміну від зв'язаних ґрунтів, фосфогіпс у діапазоні навантажень до 10 кг/см² не виявляє пластичних властивостей. Коефіцієнт фільтрації фосфогіпсу достатньо великий: 0,46–1,40 м/добу, у зоні активного водообміну він зростає внаслідок часткового розчинення фосфогіпсу, а в зоні цементації знижується. Максимальна молекулярна вологоємність становить 15–16 %, гравітаційна водовіддача – 7–8 %.

Таблиця 1

Гранулометричний склад сухого фосфогіпсу

Розмір сит, мм	1,6	1,0	0,63	0,40	0,10	0,05	< 0,05
Залишок, %	0,76	0,35	0,35	0,35	42,90	37,90	22,70

Дифрактограма взірця фосфогіпсу, відібраного з відвалу на глибині 2 м (рис. 6), засвідчує, що в його складі домінує гіпс (90–95 %) – дифракційні максимуми 0,76, 0,43, 0,381, 0,306 нм; наявні релікти апатиту (до 5 %) – 0,26 та 0,27 нм.

За даними санітарної лабораторії Роздільського ДГХП "Сірка" (табл. 2), у хімічному складі фосфогіпсу зафіксовано незначну мінливість вмісту кальцію, сульфатів і кристалізаційної води. Це свідчить про наявність мінералів сульфату кальцію, що містять різну кількість кристалізаційної води, практично постійну наявність водорозчинних і нерозчинних у воді сполук фосфору (перерахованих на P₂O₅). Виявлено оксиди алюмінію й заліза, SiO₂, змінну кількість вільної сірки, оксидів калію й натрію, а також фтор.

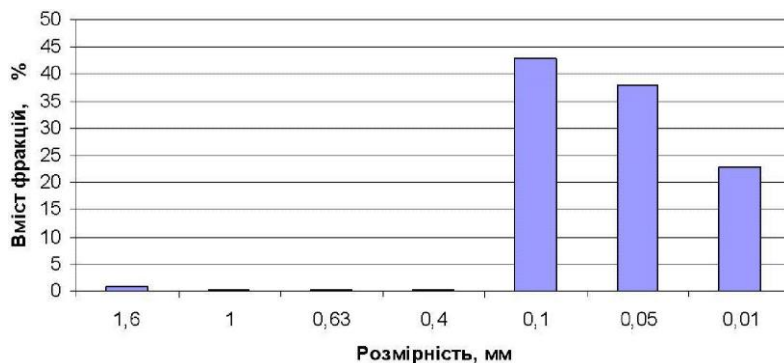


Рис. 5. Гранулометричний склад сухого фосфогіпсу.

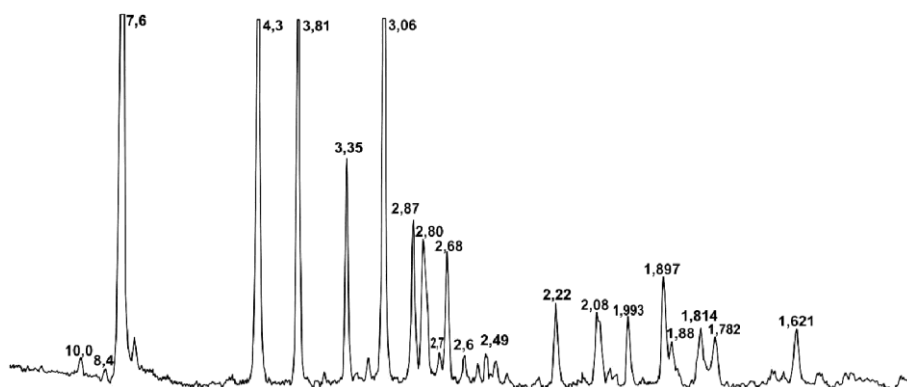


Рис. 6. Дифрактограма фосфогіпсу, відібраного з відвалу на глибині 2 м, Å.

Таблиця 2

Хімічний склад фосфогіпсу Новороздільського заводу складних мінеральних добрив

Компонент	Номер проби				
	1	2	3	4	5
S _{вільн}	0,22	–	–	–	–
P ₂ O _{5заг}	1,56	1,14	1,41	1,67	1,36
P ₂ O _{5розч}	1,20	0,75	0,41	0,70	0,78
CaO	26,10	22,20	25,80	24,10	25,50
K ₂ O	0,12	0,09	0,06	–	–
Na ₂ O	0,34	0,18	0,17	–	–
Fe ₂ O ₃	0,27	0,18	0,37	0,37	–
Al ₂ O ₃	0,68	0,97	0,82	0,56	0,70
SO ₃	55,00	55,10	53,00	53,90	53,8
SiO ₂	0,40	0,10	0,20	0,37	0,17
F	–	–	–	–	0,28
H ₂ O _{крис}	13,60	19,10	17,40	18,30	17,30
Сума	99,49	99,71	99,64	99,97	99,89

За результатами рентгенодифракційного й хімічного аналізу визначено, що у складі фосфогіпсу домінують гіпс (85–95 %) і басаніт $\text{Ca}[\text{SO}_4] \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ (5–10 %), є також 2–3 % нерозчиненого апатиту і сліди мінералів, які були в концентраті, – кварцу, нефеліну, піроксенів, егірину, польових шпатів, біотиту та ін. [6].

Для складування фосфогіпсу на заводі побудовано відкритий склад (відвал) – це була підготовлена територія площею 14,2 га з гідроізолюваною поверхнею, обвалована дамбою заввишки 3 м і облаштована стоком інфільтратів в озеро Центральне (Кисле) (рис. 7). Загальний вигляд відвалу фосфогіпсу в 2005 р., коли він ще не заріс деревною рослинністю, показано на рис. 8.



Рис. 7. Просторове положення відвалу фосфогіпсу щодо озера й заводу складних мінеральних добрив на космоснімку.



Рис. 8. Загальний вигляд відвалу фосфогіпсу (2005 р.).

Спостереження за цим відвалом протягом понад 15 років засвідчили таке. Завдяки фільтраційним властивостям фосфогіпсу, що сприяють нагромадженню води й вимиванню із зони активного водообміну фітотоксичних сполук, особливо на схилах, а також через наявність досить значного вмісту фосфатів поверхня відвалу є фітофільним техногенним субстратом, який активно заростає деревною рослинністю – осикою, обліпихою, менше – березою. У 2021 р. зафіксовано, що схили відвалу фосфогіпсу заросли густим осиково-обліпиховим лісом; висота дерев сягає 10 м, діаметр стовбурів – 10–20 см, а іноді й більше (рис. 9).



Рис. 9. Осиково-обліпиховий ліс на схилі відвалу фосфогіпсу (2021 р.).

Після того, як припинили використовувати (як оборотні) води Центрального відстійника, а інфільтрат постійно нагромаджувався, з'явилася низка екологічних проблем. Зокрема, наслідком переповнення озера став поверхневий стік забруднених вод у русло транскордонної річки Дністер, яка тече на відстані 2 км від технічної водойми.

Для оцінки потенційного впливу кислих інфільтратів на стан Дністра й ризиків забруднення ми виконали опробування вод (рис. 10). Результати хімічного аналізу відібраних проб води наведено в табл. 3. Як бачимо з таблиці, води оз. Центральне (Кисле), у яке стікають інфільтрати з відвалу фосфогіпсу, – це сульфатно-фосфатні натрієво-магнієво-кальцієві води з підвищеним вмістом фтору. Потрапляючи в рудничний канал і змішуючись з водами, що витікають із каскаду озер Чисте, Середнє, Глибоке, такі води можуть бути потенційним джерелом забруднення Дністра. Про це свідчать результати хімічного аналізу води з рудничного каналу (проба 2). Після першого змішування у воді зафіксовано перевищення вмісту нормованих щодо якості води компонентів у два з половиною–три рази.

Перед впадінням у Дністер води рудничного каналу змішуються з чистими водами його правої притоки – дренажного каналу з водозбірної площі геохімічно інертних відвалів розкривних порід, у якому дебіт води в три–чотири рази більший. Тому перед впадінням у Дністер (проба 3) хімічний склад вод загалом відповідає нормативному за сольовим складом і основними забруднювачами, однак тут зафіксовано дещо вищий вміст окремих компонентів, ніж у воді Дністра.

Водночас наявні суттєві екологічні ризики погіршення якості вод рудничного каналу і, як наслідок, – забруднення Дністра у випадку тривалої посухи чи зменшення дебету дренажного каналу.

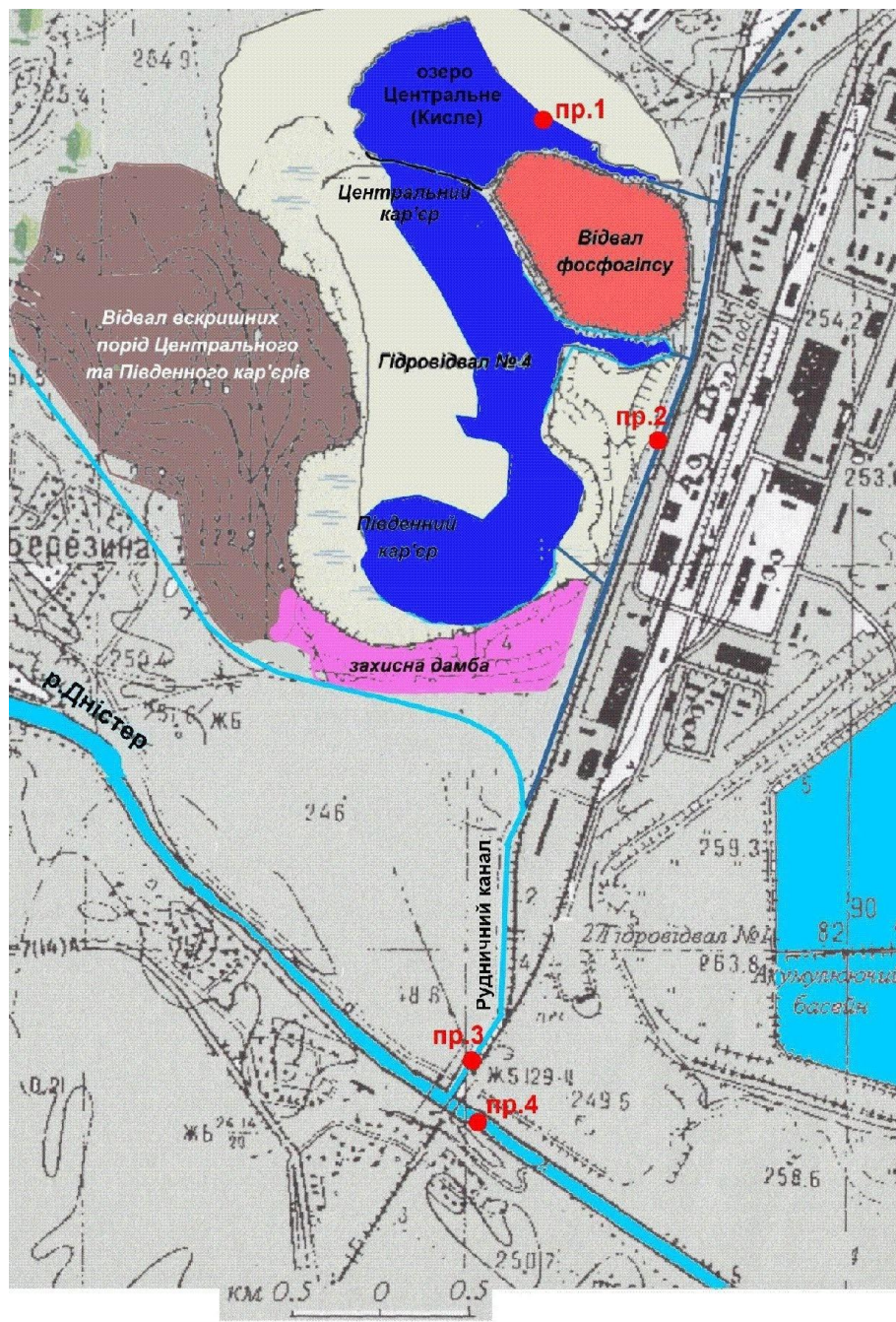


Рис. 10. Карта-схема відбору проб води в зоні впливу відвалу фосфогіпсу і відстійника кислих інфільтратів на екологічний стан Дністра.

Таблиця 3

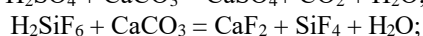
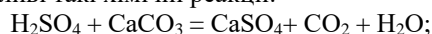
Результати хімічного аналізу проб води, відібраних у зоні впливу відвалу фосфогіпсу й відстійника кислих інфільтратів, мг/дм³

Компонент	Номер проби*			
	1	2	3	4
HCO ₃ ⁻	48,8	144,0	329,5	329,5
Ca ²⁺	100,2	454,9	130,3	122,2
Mg ²⁺	200,1	54,7	48,6	53,5
Cl ⁻	99,1	99,1	24,1	47,4
SO ₄ ²⁻	1 063,1	1 371,3	140,6	84,9
Na	165,0	162,0	130,0	61,0
K	41,0	17,0	8,2	20,3
NO ₃	7,7	5,9	19,5	19,5
NO ₂	0,052	0,044	0,140	0,140
P ₂ O ₅	721,4	9,2	6,4	6,1
PO ₄	482,6	6,2	4,3	4,1
NH ₄	1,8	2,2	1,4	1,4
F	0,60	0,46	0,10	0,05
Мінералізація	2 931,6	2 327,2	843,5	750,5
Сухий залишок	2 670	2 340	430	360
pH	5,15	6,90	8,20	8,10
XCK	12,0	8,0	4,0	4,0
Fe _{заг}	0,185	0,180	0,425	0,425
Fe ²⁺	0,065	0,040	0,025	0,050
Fe ³⁺	0,250	0,220	0,400	0,375
Електропровідність, мСм	2,47	2,46	0,78	0,74
Впп	1,22	1,28	0,39	0,38
Твердість загальна, мг-екв/л	20,0	27,2	10,5	10,5
Запах	Немає			
Колір	Вода прозора			
Зміни в процесі стояння	Немає			

*1 – оз. Центральне (Кисле); 2 – рудничний канал, 500 м від відвалу фосфогіпсу та 1 500 м від р. Дністер; 3 – рудничний канал перед скидом у Дністер; 4 – р. Дністер, 50 м нижче від скиду рудничного каналу.

Щоб мінімізувати негативний вплив на довкілля відвалу фосфогіпсу, потрібно в найкоротший термін розробити й реалізувати проєкт, який дасть змогу зменшити ризики негативного впливу. Ідеться про облаштування каскаду фільтрувальних дамб, які б запобігали потраплянню кислих вод з центрального відстійника в рудничний канал і Дністер. Принципову схему каскаду фільтрувальних дамб показано на рис. 11.

Дамби доцільно будувати з карбонатних матеріалів – скельних ратинських і мелених сірковмісних вапняків. Карбонатні відходи, які можна використати для облаштування дамб, мають здатність до нейтралізації кислих вод, їм притаманна висока водопроникність (для відсіпання дренажних шарів) і наявність сірки, що зумовлює зв'язування важких металів у нерозчинні сполуки [8]. У разі взаємодії карбонатів з кислими інфільтратами теоретично можливі такі хімічні реакції:



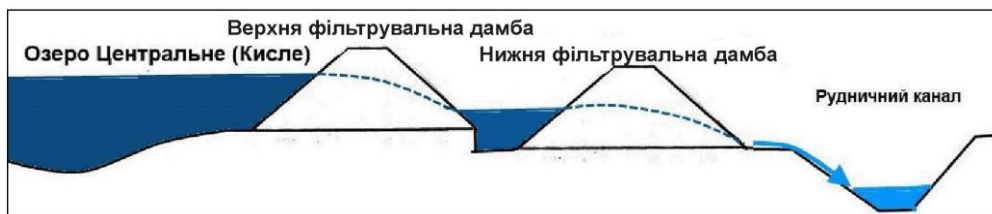
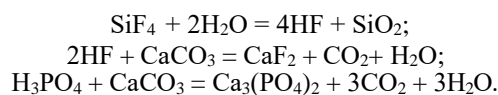


Рис. 11. Принципова схема пропонуваного каскаду фільтрувальних дамб.



Продукти реакцій – фосфати кальцію і фторид кальцію (флюорит) слабо розчиняються у воді, що сприяє її очищенню від фтору й фосфору. Крім того, продукти реакції зв'язують воду, яка входить у кристалічну ґратку опалу, гіпсу й дифосфату кальцію $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Формування гідратів зумовлює зменшення вологості суміші фосфогіпсу з хвостами флотації, порівняно з початковою.

На наш погляд, реалізація запропонованого проекту дасть змогу мінімізувати чи взагалі усунути ризики погіршення якості транскордонної річки Дністер у разі несприятливих метеорологічних умов за наявності постійного джерела забруднення та відновити порушену господарською діяльністю екологічну рівновагу.

Висновки. Фосфогіпс Новороздільського заводу складних мінеральних добрив є типовим техногенним мінеральним новоутворенням – побічним продуктом виробництва мінеральних добрив. Нині завод не працює, однак на його території нагромаджено 4,5 млн т фосфогіпсу, а також кислі мінералізовані води в озері-відстійнику.

У мінеральному складі фосфогіпсу домінують гіпс (85–95 %) і басаніт (5–10 %), наявні також нерозчинений апатит (до 2–3 %) і слідові кількості мінералів, які первинно були в апатитовому концентраті (кварц, нефелін, піроксени, егірин, польові шпати, біотит та ін.).

Завдяки фільтраційним властивостям фосфогіпсу, які сприяють нагромадженню води й вимиванню із зони активного водообміну фітотоксичних сполук, а також наявності значної кількості фосфатів поверхня фосфогіпсового відвалу є фітофільним техногенним субстратом, який активно заростає деревною рослинністю. Нині на схилах відвалу росте густий осиково-обліпиховий ліс.

У процесі інфільтрації атмосферних опадів крізь товщу відвалу фосфогіпсу утворюються кислі інфільтрати, які нагромаджуються в оз. Центральне (Кисле). За хімічним складом це сульфатно-фосфатні натрієво-магнієво-кальцієві води з підвищеним вмістом фтору й мінералізацією $2\,931,6 \text{ мг/дм}^3$.

Припинення використання вод озера як відстійника оборотних вод заводу і постійне акумулювання інфільтрату зумовило низку екологічних проблем. Кислі інфільтрати стікають у рудничний канал і суттєво погіршують якість води в ньому. Тільки завдяки розведенню інфільтратів чистими водами дренажного каналу (з дебітом у три–чотири рази більшим) перед впадінням у транскордонну р. Дністер гідрохімічний склад вод відповідає нормативним значенням за сольовим складом та основними забруднювачами. Передбачають погіршення якості вод рудничного каналу і, як наслідок, забруднення Дністра в разі тривалої посухи або зменшення дебету дренажного каналу.

Для мінімізації негативного впливу на довкілля відвалу фосфогіпсу запропоновано проєкт будівництва каскаду фільтрувальних дамб з місцевих карбонатних матеріалів. Вапняки мають здатність до нейтралізації кислих вод, вони висоководопроникні й містять сірку, що зумовлює зв'язування важких металів у нерозчинні сполуки. Унаслідок взаємодії карбонатів з кислими інфільтратами утворюються малорозчинні в воді фосфати кальцію і фторид кальцію, що сприяє очищенню води від F й P, а новоутворені гідрати зумовлюють зменшення вологості суміші фосфогіпсу з хвостами флотації. Пропонований підхід дасть змогу контролювати постійне джерело забруднення й відновити порушену господарською діяльністю екологічну рівновагу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бахішев, Г. Н. (2006). Фосфогіпс як екологічний чинник створення соціальних проблем. *Безпека життєдіяльності*, 2, 30–32.
2. Гайдін, А. М., Дяків, В. О., Зозуля, І. І. (2017). Відходи Роздільського ДГХП “Сірка”: вплив на стан довкілля та оцінка потенціалу як перспективних техногенних родовищ. У кн. *Матеріали Четвертої міжнар. наук.-практ. конф. “Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування”*, т. 2. Київ: ДКЗ, 170–177.
3. ДСТУ Б В.2.7-1-93. Фосфогіпс рядовий. Технічні умови. (1993).
4. ДСТУ Б В.2.7-2-93. Фосфогіпс кондиційний для виробництва гіпсового в’язучого та штучного гіпсового каменя. Технічні умови. (1993).
5. ДСТУ Б В.2.7-3-93. Камінь гіпсовий штучний із фосфогіпсу. Технічні умови. (1993).
6. Жантасов, К. Т., Зият, А. Ж., Лавров, Б. А., Жантасов, М. К. (2021). Минералогический и химический состав фосфогипса – отхода производства экстракционной фосфорной кислоты. *Scientific Heritage*, 78, 24–29.
7. Жарких, М. І. (ред.). (1998). *Дослідження Дністра : 10 років громадської екологічної експедиції “Дністер”*. Київ: Політична думка.
8. Івасик, Я. (1997). *Технології попередження забруднення довкілля*. Львів.
9. Кутепов, В. М., Цюрупа, П. В. (1969). Инженерно-геологическая карта Роздольского месторождения. В кн. *Геология месторождений серы*. Москва: Недра, 158–167.
10. Стахів, Т. М. (1997). *Карта розміщення джерел забруднення поверхневих і підземних вод Львівської області. Масштаб 1:200 000*. Львів.

REFERENCES

1. Bakhishev, H. N. (2006). Phosphogypsum as an environmental factor in creating social problems. *Life Safety*, 2, 30–32. (in Ukrainian)
2. Haidin, A. M., Diakiv, V. O., & Zozulia, I. I. (2017). Wastes of Rozdil SMCE “Sirka”: impact on the environment and assessment of potential as promising man-made deposits. In *Materials of the 4th Intern. scientific-practical conf. “Subsoil Use in Ukraine. Investment Prospects”*, vol. 2. Kyiv: State Commission of Ukraine for Mineral Resources, 170–172. (in Ukrainian)
3. State standard of Ukraine Б В.2.7-1-93. Phosphogypsum ordinary. Specifications. (1993). (in Ukrainian)
4. State standard of Ukraine Б В.2.7-2-93. Conditional phosphogypsum for the production of gypsum binder and artificial gypsum stone. Specifications. (1993). (in Ukrainian)

5. State standard of Ukraine Б В.2.7-3-93. Artificial gypsum stone from phosphogypsum. Specifications. (1993). (in Ukrainian)
6. Zhantasov, K. T., Ziat, A. Zh., Lavrov, B. A., & Zhantasov, M. K. (2021). Mineralogical and chemical composition of phosphogypsum – a waste product of extraction phosphoric acid. *Scientific Heritage*, 78, 24–29. (in russian)
7. Zharkyh, M. I. (Ed.). (1998). *Research of the Dniester: 10 years of the public ecological expedition "Dniester"*. Kyiv: Political Thought. (in Ukrainian)
8. Ivasyk, Ya. (1997). *Technologies for pollution prevention*. Lviv. (in Ukrainian)
9. Kutepov, V. M., & Tsiurupa, P. V. (1969). Engineering-geological map of the Rozdol deposit. In *Geology of sulphur deposits*. Moscow: Nedra, 158–167. (in russian)
10. Stakhiv, T. M. (1997). Map of location of surface and groundwater pollution sources in Lviv region. Scale 1: 200,000. Lviv. (in Ukrainian)

*Стаття: надійшла до редакції 02.06.2022
прийнята до друку 29.08.2022*

**Vasyl Diakiv¹, Elvira Dzhumelia², Myroslav Kovalchuk³,
Volodymyr Mokryi², Ihor Petrushka²**

¹Ivan Franko National University of Lviv,
4, Hrushevskoho St., Lviv, Ukraine, 79005,
dyakivw@yahoo.com

²Lviv Polytechnic National University,
12, Bandery St., Lviv, Ukraine, 79000

³LLC "Institute of Mining and Chemical Industry" ("GIRHIMPROM"),
98, Stryiska St., Lviv, Ukraine, 79026

MINERAL COMPOSITION, GEOCHEMICAL FEATURES AND ENVIRONMENTAL IMPACT OF THE PHOSPHOGYPSUM DUMP (NOVOROZDILSKYI PLANT OF COMPLEX MINERAL FERTILIZERS, LVIV REGION)

Phosphogypsum of Novorozdilsky Plant of Complex Mineral Fertilizers (Lviv region) is a typical artificial neogenic mineral formation, solid waste by-product generated when sulphuric acid reacts with the phosphorus-containing ores (apatite or phosphorite concentrates) during manufacturing of phosphoric acid.

The raw materials for fertilizer production at the plant were sulphuric acid, which was obtained from the sulphur ores of Rozdilske SMCE "Sirka", apatite concentrate from the Khibiny deposit (Kola Peninsula) and, to a lesser extent, phosphorite concentrate from sedimentary phosphorites. The plant has not been operating since 1995, but 4.5 million tons of phosphogypsum and also acidic mineralized water in the settling lake have accumulated on its territory since then.

Gypsum (85–95 %) and bassanite (5–10 %) dominate in the mineral composition of phosphogypsum, there are also undissolved apatite (up to 2–3 %) and trace amounts of minerals that were originally in apatite concentrate (quartz, nepheline, pyroxene, aegirine, feldspar, biotite, etc.).

The surface of the phosphogypsum heap is a phytophilous man-made substrate that is actively overgrown with woody vegetation. This is due to the filtration properties of phosphogypsum

(they promote water accumulation and leaching of phytotoxic compounds from the zone of active water exchange) and the presence of a significant amount of phosphates. Currently, a dense aspen-sea buckthorn forest grows on the slopes of the dump.

Acidic infiltrates are formed in the process of infiltration of precipitation through the thickness of the phosphogypsum dump, they are accumulated in the settling lake (Central/Acid Lake). In terms of chemical composition, it is sulphate-phosphate sodium-magnesium-calcium water with high fluorine content and mineralization of 2931.6 mg/dm³.

The cessation of the use of the lake (as a settling tank for the plant's circulating waters) and the constant accumulation of infiltrate have led to a number of environmental problems. Acidic infiltrates flow into the mine canal and significantly impair the quality of water in it. Only due to the dilution of infiltrates with clean water of the drainage channel (with a flow rate of three to four times higher) before flowing into the transboundary Dniester River hydrochemical composition of water meets the normative values of salt composition and content of major pollutants.

Deterioration of the water quality of the mine canal and, as a consequence, pollution of the Dniester in case of prolonged drought or reduction of the debit of the drainage canal are envisaged. To minimize the negative impact of the phosphogypsum dump on the environment, a project to build a cascade of filter dams from local carbonate materials has been proposed. Limestones have the ability to neutralize acidic waters; they are highly permeable and contain sulphur, which causes the binding of heavy metals to insoluble compounds. Due to the interaction of carbonates with acidic infiltrates, water-insoluble calcium phosphates and calcium fluoride (fluorite) are formed, which helps to purify water from F and P, and newly formed hydrates reduce the moisture content of the phosphogypsum mixture with flotation tails.

The proposed approach will make it possible to control a constant source of pollution and restore the ecological balance disturbed by economic activities.

Key words: phosphogypsum, technogenic mineral formation, apatite, acid infiltrates, pollution, environmental protection, Dniester.

МІНЕРАЛОГІЧНІ НОТАТКИ

УДК [553.87-035.5:553.2](477:292.452)

Олександр Костюк

*Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, Львів, Україна, 79005
oleksandr.kostyuk@lnu.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0003-2218-1757>*

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ РІЗНОВІКОВИХ ГЕНЕРАЦІЙ КВАРЦУ ЗОЛОТО-ПОЛІМЕТАЛЕВОГО РУДОПРОЯВУ “РАХІВСЬКИЙ”

Досліджено кварц із кварц-баритових жил золото-поліметалевого рудопрояву “Рахівський” (Рахівський рудний район, Закарпаття). Виділено дві генерації кварцу – кварц-I і кварц-II, які вивчено методами термобарогеохімії. Кварц-I формувався на допродуктивному етапі в температурному інтервалі 240–160 °С, а кварц-II – на продуктивному етапі за 160–95 °С.

Ключові слова: жильний кварц, золото-поліметалеве зруденіння, флюїдні включення, термобарогеохімія, Закарпаття.

DOI: <http://dx.doi.org/10.30970/min.72.08>

Вступ. Рахівський рудний район загалом добре вивчений, однак деякі генетичні питання, особливо стосовно рудної мінералізації, досі остаточно не з’ясовані.

Мета досліджень – вивчити особливості формування різновікових генерацій кварцу з кварц-баритових жил золото-поліметалевого рудопрояву “Рахівський” (або Камінь-Кльовка) за допомогою термобарогеохімічних досліджень.

Рудопрояв розташований у північно-західній частині Рахівського рудного району (300 м на північ від вершини г. Камінь-Кльовка) і пов’язаний із зоною насуву Білопотоцького покриву на Діловецький [1, 2].

Рудні тіла представлені кварц-баритовими жилами потужністю від 0,3 до 7,0 м. Форма мінеральних виділень прожилково- і гніздово-вкраплена. Вмісними породами є березитизовані біотитові гранітогнејси, змінені процесами серицитизації й окварцювання.

Кварц – один із найпоширеніших мінералів рудопрояву, становить від 40 до 95 % від усієї маси кристалічних порід. Він міститься в складі кварцитів, кварцито-сланців, гнейсів, слюдистих сланців, конгломератів, пісковиків і сульфідно-кварцових жил. У кристалічних сланцях кварц утворює прошарки й лінзи молочно-білого кольору, які часто виклинюються. Зерна подекуди тріщинуваті, з точковими включеннями. На по-

верхні кварцу наявні бурі плямки оксидів заліза. Під мікроскопом видно, що прожилки кварцу – це сукупність окремих зерен неправильної форми, які часто проникають одне в одного. Розрізняють два типи прожилків [6, 9]: складені порівняно великими (до 0,5 мм) зернами і складені дрібними зернами кварцу (0,2 мм). Зазвичай між такими прожилками простежують прошарки слюдистих мінералів.

У конгломератах крейдового віку кварц наявний у вигляді добре обкатаних гальок, також ним складена основна маса гальки кварцитів, гнейсів і кристалічних сланців.

У пісковиках і сланцях тріасу, юри й крейди трапляються добре і напівобкатані зерна кварцу з хвилястим загасанням, подекуди тріщинуваті, з точковими включеннями; тріщинки іноді заповнені бурими оксидами заліза [8, 9]. Рідше в цих породах трапляються регеновані зерна кварцу, а також зерна з включеннями закономірно орієнтованих тонких лусок серициту.

У праці [10] визначено, що кварц міститься у складі пірит-кварцового й золото-полісульфідного (кварц-пірит-сфалерит-галенітова і кварц-сфалерит-галеніт-баритова асоціації) мінеральних комплексів.

На підставі даних попередніх досліджень мінеральних асоціацій, потужності, структурно-текстурних перетинань різновікових утворень кварцу ми уточнили умови формування двох головних генерацій кварцу: кварцу-I і кварцу-II. Наявні дані свідчать, що у складі руд рудопрояву “Рахівський” кварц-I тісно асоціює з ранніми генераціями піриту (пірит-I). Мінералого-парагенетичні дослідження навіть за польових умов дають змогу виявляти структурно-текстурні перетинання кварцу-I з кварцом-II. Кварц-II тісно асоціює з галенітом, сфалеритом, халькопіритом і золотом, тому ми називаємо його продуктивним [8].

В обох генераціях кварцу методами термобарогеохімії [3–5, 7] виявлено, головно, газиво-рідкі флюїдні включення.

Результати досліджень та їхнє обговорення. У кварці-I є багато включень різного розміру – від 0,001 до 0,100 мм (середній – 0,02 мм). За збільшення у 600 разів серед них помітні первинні азональні включення і вторинні, поширені вздовж залікованих тріщинок. Співвідношення фаз у первинних включеннях порівняно сталі – газ : рідина = (20–25) : (75–80) %, у вторинних, відповідно, – (15–20) : (80–85) %.

Як свідчать результати термобарогеохімічних досліджень, гомогенізація всіх флюїдних включень у кварці-I відбувається в рідку фазу (перший тип, за М. Єрмаковим, 1950), що свідчить про гомогенний стан рідких гідротермальних мінералоутворювальних флюїдів. Максимальне значення температури гомогенізації $T_{\text{гом}}$ становить 240 °С, мінімальне – 160 °С (див. таблицю). Гомогенізація вторинних включень, які законсервовані у вигляді ланцюжків у кварці-I, відбувається в температурному діапазоні 95–160 °С.

Двомодальний розподіл значень $T_{\text{гом}}$ включень у кварці-I може свідчити про накладання на раніше сформований кварц-I пізніших флюїдів і консервацію їх у вигляді вторинних включень.

У кварці-II (продуктивна стадія мінералоутворення) виявлено багато різнотипних включень, середній розмір яких становить 0,05 мм. Співвідношення фаз у них таке – газ : рідина = (15–20) : (80–85) %.

Більшість включень зазнає гомогенізації в рідку фазу (перший тип, за М. Єрмаковим), значення $T_{\text{гом}}$ становить 95–160 °С (див. таблицю), тобто, продуктивні флюїди були порівняно низькотемпературні, якщо зіставляти їх з допродуктивними.

Температура й тип гомогенізації включень у кварці рудопрояву “Рахівський”

Кварц-I			Кварц-II		
Номер включення	Вміст рідкої фази, %	Температура, °С	Номер включення	Вміст рідкої фази, %	Температура (°С) і тип гомогенізації
1	2	3	4	5	6
1	75	160	51	75	95 (I)
2	75	165	52	70	100 (I)
3	80	170	53	70	100 (I)
4	80	170	54	75	105 (I)
5	75	175	55	70	105 (I)
6	75	175	56	75	105 (I)
7	80	175	57	70	110 (I)
8	70	180	58	70	110 (I)
9	75	180	59	15	110 (II)
10	75	180	60	20	110 (II)
11	80	180	61	75	115 (I)
12	80	185	62	70	115 (I)
13	85	185	63	75	115 (I)
14	80	185	64	15	115 (II)
15	85	185	65	15	115 (II)
16	75	185	66	75	120 (I)
17	80	190	67	70	120 (I)
18	75	190	68	75	120 (I)
19	85	190	69	15	120 (II)
20	80	190	70	15	120 (II)
21	80	190	71	20	120 (II)
22	75	195	72	65	125 (I)
23	70	195	73	70	125 (I)
24	75	195	74	70	125 (II)
25	80	195	75	75	125 (II)
26	80	200	76	70	125 (II)
27	75	200	77	75	130 (I)
28	75	200	78	70	130 (I)
29	80	205	79	75	130 (I)
30	80	205	80	70	135 (I)
31	75	210	81	70	135 (I)
32	70	210	82	75	135 (I)
33	80	215	83	65	140 (I)
34	75	215	84	70	140 (I)
35	75	215	85	75	140 (I)
36	80	220	86	70	145 (I)
37	75	220	87	75	145 (I)
38	70	220	88	70	145 (I)
39	75	220	89	70	145 (I)
40	75	220	90	75	150 (I)
41	80	225	91	70	150 (I)
42	80	225	92	75	150 (I)
43	80	225	93	70	150 (I)
44	75	225	94	75	150 (I)
45	80	230	95	70	155 (I)

Закінчення таблиці

1	2	3	4	5	6
46	75	230	96	70	155 (I)
47	75	230	97	75	155 (I)
48	80	235	98	70	155 (I)
49	75	235	99	65	160 (I)
50	80	240	100	75	160 (I)

Висновки. Отже, у формуванні руд рудопрояву “Рахівський” брали участь дві різновікові порції флюїдів: перша (допродуктивна) – 240–160 °С, друга (продуктивна) – 160–95 °С. На підставі комплексу геологічних, мінералогічних і термобарогеохімічних даних можна зробити висновок, що в міжстадійний час відбувалися тектонічні рухи, які призводили до флюїдних пульсацій у системі мінералоутворення. Виконані дослідження дають підстави припускати продуктивність глибоких горизонтів рудопрояву “Рахівський”.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бойко, А. К. (1970). Геолого-геоморфологические структуры Мармарошского массива. В кн. *Доверхнепалеозойський комплекс северо-западного окончания Мармарошского массива (Восточные Карпаты)*. Львов: ЛГУ, 220–235.
2. Волошин, А. А. (1971). История геологических исследований. В кн. *Геологические особенности и рудоформирующие механизмы накопления Си-Аи отложений, локализованных в нижнем течении р. Тисса*. Львов, 117–120.
3. Долгов, Ю. А. (1965). Геологическая интерпретация температур и давлений при минералообразовании. В кн. *Минералогическая термометрия и барометрия*. Москва: Наука, 220–232.
4. Ермаков, Н. П., Долгов, Ю. А. (1979). Флюидные включения в рудах. В кн. *Термобарогеохимия*. Москва: Недра, 46–134.
5. Калужный, В. А. (1990). Флюидные включения и среда кристаллизации кварца из Кобылецкой Поляны в Закарпатье (аспекты эволюции). *Минерал. сб.*, 44 (2), 73–80.
6. Крупський, Ю. З., Марусяк, В. П. (2011). Геодинамічні умови формування Мармароського кристалічного масиву в Східних Карпатах. *Геодинаміка*, 1, 71–74.
7. Ляхов, Ю. В., Павлунь, М. М., Пізнюр, А. В., Попівняк, І. В. (1995). Термобарогеохімія золота. Львів: Світ.
8. Марусяк, В. П. (1999). Мінералогічна характеристика та термоелектричні властивості сульфідів рудопрояву Камінь-Кльовка. У кн. *Наукові основи прогнозування, пошуків та оцінки родовищ золота*. Львів, 79–80.
9. Романов, Н. С. (отв. ред.) (1955). *Геологическое строение и металлоносность Раховского кристаллического массива*. Львов: Каменяр.
10. Ціхонь, С. І., Попівняк, І. В., Гопко, Л. М., Костюк, О. В., Марусяк, В. В., Школка, В. В. (2004). Фізико-хімічні умови формування рудопрояву Камінь-Кльовка (Рахівський рудний район, Закарпаття). *Вісн. Львів. ун-ту. Сер. геол.*, 18, 247–256.

REFERENCES

1. Boiko, A. K. (1970). Geological-geomorphological structures of Marmarosh massive. In *Pre-Upper Palaeozoic complex of the north-western end of Marmarosh massif (Eastern Carpathians)*. Lvov: LSU, 220–235. (in russian)
2. Voloshyn, A. A. (1971). History of geological research. In *Geological features and ore-forming mechanisms of accumulation of Cu-Au deposits localized in the lower reaches of the river Tisza*. Lvov, 117–120. (in russian)
3. Dolgov, Yu. A. (1965). Geological interpretation of temperatures and pressures during mineral formation. In *Mineralogical thermometry and barometry*. Moscow: Nauka, 220–232. (in russian)
4. Yermakov, N. P., & Dolgov, Yu. A. (1979). Fluid inclusion in ores. In *Termobarogeochemistry*. Moscow: Nedra, 46–134. (in russian)
5. Kaliuzhnyi, V. A. (1990). Fluid inclusion in minerals and quartz crystallization medium in Kobyletska Poliana, Transcarpathians (evolutional aspects). *Mineralogical Review*, 44 (2), 73–80. (in russian)
6. Krupskiy, Yu. Z., & Marusiak, V. P. (2011). Geodynamic conditions of formation of the Marmarosh crystalline massif in Eastern Carpathians. *Geodynamics*, 1, 71–74. (in Ukrainian)
7. Liakhov, Yu. V., Pavlun, M. M., Pizniur, A. V., & Popivniak, I. V. (1995). *Termobarogeochemistry of gold*. Lviv: Svit. (in Ukrainian)
8. Marusiak, V. P. (1999). Mineralogical characteristic and thermoelectrical properties of sulphides from Kamin-Kliovka ore manifestation. In *Scientific bases of forecasting, search and evaluation of gold deposits*. Lviv, 79–80. (in Ukrainian)
9. Romanov, N. S. (Ed.). (1955). *Geological structure and metal content of the Rakhovskii crystalline massif*. Lvov: Kameniar. (in russian)
10. Tsikhon, S. I., Popivniak, I. V., Hopko, L. M., Kostiuk, O. V., Marusiak, V. P., & Shkolka, V. V. (2004). Physical-chemical conditions of forming of Kamin-Kliovka ore manifestation (Rakhiv ore region, Transcarpathia). *Visnyk of the Lviv University. Ser. Geology*, 18, 247–256. (in Ukrainian)

Стаття: надійшла до редакції 09.06.2022
прийнята до друку 29.08.2022

Oleksandr Kostyuk

*Ivan Franko National University of Lviv,
4, Hrushevskoho St., Lviv, Ukraine, 79005,
oleksandr.kostyuk@lnu.edu.ua*

**PECULIARITIES OF FORMATION
OF QUARTZ DIFFERENT AGES GENERATIONS
IN GOLD-POLYMETALLIC ORE OCCURRENCE “RAKHIVSKYI”**

Quartz from quartz-barite veins of gold-polymetallic ore occurrence “Rakhivskyi” (Rakhiv ore district, Transcarpathia) was studied. The ore occurrence is located in the north-western part of the Rakhiv ore district near the top of the Kamin-Kliovka-mountain and is connected with the zone of thrust of the Bilopotitskyi nappe on Dilovetskyi one. Ore bodies are represented by quartz-barite veins with a thickness of 0.3 to 7.0 m.

Quartz is one of the most common ore minerals, accounting for 40 to 95 % of the total mass of crystalline rocks. It is contained in quartzites, quartzite schists, gneisses, mica schists, conglomerates, sandstones and sulphide-quartz veins. There are two generations of quartz: quartz-I and quartz-II. Quartz-I is closely associated with early pyrite-I, and quartz-II – with galena, sphalerite, chalcopyrite and gold, so it is called productive.

Homogenization of all fluid inclusions in the productive quartz-I occurs in the liquid phase, the primary inclusions are homogenized at a temperature of 240–160 °C. Inclusions in productive quartz-II undergo homogenization at 160–95 °C.

The performed researches give grounds to assume the productivity of deep horizons of Rakhivskyi ore occurrence.

Key words: vein quartz, gold-polymetallic mineralization, fluid inclusions, thermobarogeochemistry, Transcarpathia.

ІСТОРІЯ НАУКИ

УДК 549(050)(477)

Орест Матковський¹, Ірина Побережська², Євгенія Сливко³

*Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, Львів, Україна, 79005*

¹mineral@lnu.edu.ua; <https://orcid.org/0000-0001-7632-6080>

²irina_pober@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0001-5020-8326>

³emslivko@i.ua; <https://orcid.org/0000-0002-2731-0602>

СІМДЕСЯТ П'ЯТЬ РОКІВ “МІНЕРАЛОГІЧНОМУ ЗБІРНИКУ”

Висвітлено відомості про перше періодичне видання мінералогічного спрямування в Україні – “Мінералогічний збірник”, заснований з ініціативи Є. Лазаренка 1947 р. у Львівському державному університеті імені Івана Франка. Схарактеризовано значення збірника у розвитку мінералогії не тільки у країні, а й загалом. На його сторінках започатковано низку наукових напрямів тогочасної мінералогії: структурну мінералогію і кристалохімію, мінералогічну кристалографію, учення про флюїдні включення в мінералах (термобаро-геохімію), регіональну і космічну мінералогію та ін. У збірнику публікують оригінальні наукові статті, що містять результати теоретичних та експериментальних досліджень, історичні огляди, рецензії на наукові праці, хроніки наукових подій та ін. Тематика збірника: мінералогія, геохімія, петрологія, екологія (мінералогічна кристалографія, структурна мінералогія, кристалохімія, регіональна та космічна мінералогія, прикладна мінералогія, біомінералогія, наномінералогія, технологічна мінералогія, фізико-хімічне моделювання процесів мінералоутворення, мінералого-петрологічні методи розшуків корисних копалин, петрографія, літологія, геохімія осадових товщ, геохімія довкілля).

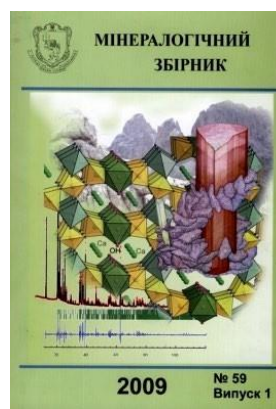
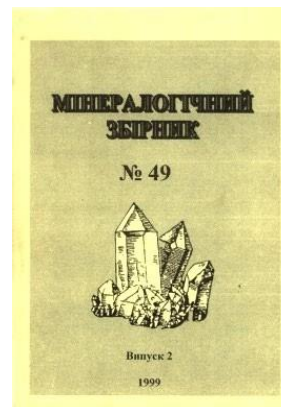
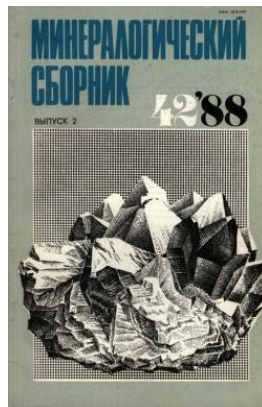
Ключові слова: “Мінералогічний збірник”, періодичне видання, мінералогія, Є. К. Лазаренко, Львівський національний університет імені Івана Франка.

DOI: <http://dx.doi.org/10.30970/min.72.09>

“Мінералогічний збірник” – одне з найстаріших періодичних наукових видань Львівського національного університету імені Івана Франка. Його засновано 1947 р. з ініціативи Є. Лазаренка при Львівському геологічному товаристві (ЛГТ), організованому 1945 р. одночасно з геологічним факультетом Львівського університету. Збірник став першим періодичним науковим виданням мінералогічного спрямування в Україні та другим у колишньому СРСР (після “Записок Всесоюзного мінералогічного общества”).

Символічним є збіг 75-річчя “Мінералогічного збірника” зі 110-ми роковинами від дня народження акад. Є. Лазаренка, який був відповідальним редактором збірника до кінця свого життя. З 1979 р. цю функцію виконує учень Євгена Костянтиновича – професор кафедри мінералогії О. Матковський.

© Матковський Орест, Побережська Ірина, Сливко Євгенія, 2022



Інформацію про появу, історію і внесок збірника в розвиток мінералогії наведено в низці праць у різних виданнях [1–3, 7, 9, 12].

Уже перші три номери “Мінералогічного збірника” високо оцінив у двох рецензіях знаний мінералог акад. А. Бетехтін [1, 2]. У них зазначено, що загалом збірники справляють дуже хороше враження як за змістом, так і за оформленням. У них поряд з численними мінералогічними відомостями розглянуто важливі загальнотеоретичні питання з проблем мінералогії. Потрібно вітати звернення редакції збірника до всіх геологів, які досліджують Україну, з проханням надсилати для опублікування відповідні матеріали. Учений побажав Львівському геологічному товариству подальших успіхів у цьому напрямі.

Справді, у перших номерах збірника опубліковано статті, присвячені теоретичній мінералогії. Дві з них належать В. Соболеву і стосуються поняття виду в мінералогії та координаційного числа алюмінію в силікатах; у праці В. Кузнецова розглянуто проблеми ізоморфізму. У збірнику № 2 вміщено статті В. Соболева “Энергия кристаллической решетки и законы распределения ионов в минералах” і “Принципы и попытка построения рациональной классификации минералов”, а також перші публікації про флюїдні вклучення в мінералах М. Єрмакова і Д. Григор’єва. Наприкінці опубліковано перший бібліографічний опис наукової літератури з мінералогії України, що його започаткував Є. Лазаренко.

У третьому номері "Мінералогічного збірника" з'явилася перша праця видатного фахівця зі структурної мінералогії акад. М. Белова "О двойниковых законах у слюд и слюдоподобных минералов", яка фактично стала початком публікації добре відомого світової мінералогічній спільноті циклу статей під загальною назвою "Очерки по структурной минералогии". Як додаток до збірника видано працю М. Єрмакова "Критерии познания генезиса минералов и среда рудообразования" (1949).

Досить ґрунтовний аналіз перших 25 номерів "Мінералогічного збірника" виконано у праці [12]. Зазначено, що успіх і популярність перших номерів зумовили те, що невеликі книжечки поступово розрослися в солідні томи. Збільшилась кількість авторів, розширилась тематика опублікованих статей. Схарактеризовано такі основні аспекти діяльності видання, як "Мінералогічний збірник" у розвитку мінералогії в Україні, література з мінералогії України, розвиток теоретичних основ мінералогії в Україні, місце збірника в історії розвитку мінералогії. Уже з десятого номера збірник став міжнародним виданням: у цьому номері опубліковано статті І. Костова (Болгарія), Ш. Коха (Угорщина), Е. Зелігера (НДР), Я. Кутини (Чехословаччина), Р. Герценберга (Болівія). У наступних номерах з'явилися публікації К. Кириленка (Франція), Ф. Сміта (Канада), С. Томкева (Велика Британія), Л. Барича (Югославія).

Перші 17 номерів "Мінералогічного збірника" виходили щорічно під егідою ЛГТ у видавництві ЛДУ імені Івана Франка. Над підготовкою матеріалів до друку працювала редакційна колегія ЛГТ, членами якої були О. Вялов, В. Глушко, М. Єрмаков, Л. Кудрін, В. Кузнецов, М. Ладженський, Є. Лазько, О. Матковський, В. Порфір'єв, Д. Резвой. З ініціативи Є. Лазаренка бібліотека ЛГТ з 1949 р. розпочала обмін геологічною літературою з бібліотеками не тільки країни, а й інших держав. Завдяки цьому "Мінералогічний збірник" читала світова геологічна спільнота.

У 1964 р. збірник переведено в ранг республіканського міжвідомчого видання; до 1976 р. щорічно виходило чотири випуски одного номера, пізніше – два, з 2021 р. – один. У Постанові Комітету з координації науково-дослідних робіт при Раді Міністрів УРСР та наказі Міністерства вищої та середньої освіти УРСР зазначено, що при Львівському державному університеті імені Івана Франка затверджено видання міжвідомчого збірника, який є продовженням "Мінералогічного збірника", що його видавало Львівське геологічне товариство, зі збереженням відповідної нумерації [8]. Цим наказом затверджено новий склад редакційної колегії: відп. редактор – член-кор. АН УРСР, проф. Є. Лазаренко (ЛДУ імені Івана Франка), заступник відп. редактора – проф. О. Поваренних (Інститут геологічних наук АН УРСР), відп. секретар – доц. О. Матковський (ЛДУ імені Івана Франка), члени редколегії: проф. Д. Бобровник (ЛДУ імені Івана Франка), доц. Б. Гаврусевич, якого змінив В. Латиш (Київський державний університет імені Тараса Шевченка), доц. Е. Єліссєв (ЛДУ імені Івана Франка), канд. геол.-мін. наук В. Колтун (Інститут геології і геохімії горючих копалин АН УРСР), проф. М. Логвиненко (Харківський державний університет імені Максима Горького), проф. Л. Станкевич (Дніпропетровський гірничий інститут), проф. Л. Ткачук (Інститут геологічних наук АН УРСР). Звичайно, з часом склад редколегії змінювався: її членами були чи є нині професори З. Бартошинський, О. Бобрієвич (заст. гол. редактора), А. Горовий, О. Додатко, В. Євтехов, Ф. Зузук, П. Заріцький, В. Квасниця, Л. Карякін, М. Ковальчук, Ю. Ляхов, В. Мельничук, І. Наумко, І. Носирев, В. Павлишин, Б. Панов, Б. Пирогов, А. Пізнюр, М. Павлунь (заст. гол. редактора), доценти П. Білоніжка, Л. Колтун, Л. Скакун, Б. Сребродольський, Є. Сливко, М. Сливко, В. Хмелівський, А. Ясинська та ін. З 2014 р. відповідно до вимог ВАК України до складу редколегії ввійшли науковці інших країн –

С. Єлень (Словаччина), Я. Пршек (Польща) та Х. Стейн (США). У 2021 р. згідно з вимогами часу наказом ректора ЛНУ імені Івана Франка затверджено новий склад редколегії: гол. редактор – проф. О. Матковський, заст. гол. редактора – доц. І. Побережська, відп. секретар – доц. Є. Сливко, члени редколегії: проф. М. Бомбель (Польща), канд. геол. наук А. Галамай, проф. В. Євтехов, доц. С. Єлень (Словаччина), проф. В. Квасниця, д-р геол. наук Ю. Колтун, канд. геол. наук С. Кріль, д-р геол. наук Г. Кульчицька, член-кор. НАН України І. Наумко, проф. В. Павлишин, доц. Л. Скакун, проф. В. Шевчук, доц. С. Ціхонь, канд. геол. наук М. Яковенко.

До 1990 р. “Мінералогічний збірник” виходив у видавництві при ЛДУ імені Івана Франка (видавниче об’єднання “Вища школа”), протягом 1990–1998 рр. – у видавництві “Світ” при Львівському університеті, з 1999 р. – у видавничому центрі (нині видавництві) ЛНУ імені Івана Франка. До розпаду СРСР збірник друкували російською мовою з резюме англійською, протягом 1991–2008 рр. – українською мовою з резюме англійською, 2009–2015 – з резюме англійською та російською, з 2015 – з розширеним резюме англійською мовою. Нині статті у збірнику друкують українською або англійською мовою, з 2021 р. російськомовні праці та статті з РФ редколегія не приймає.

Внесок “Мінералогічного збірника” у розвиток мінералогії загалом та мінералогії України зокрема надзвичайно вагомий. У ньому започатковано низку наукових напрямів тогочасної мінералогії – структурну мінералогію і кристалохімію, мінералогічну кристалографію, учення про включення в мінералах (термобарогеохімію), регіональну мінералогію, космічну мінералогію, історію мінералогії, окремі аспекти прикладної мінералогії і біомінералогії. Нині тематика збірника охоплює мінералогію, геохімію, петрологію та екологію, зокрема, приймають статті з мінералогічної кристалографії, структурної мінералогії, кристалохімії, регіональної, космічної, прикладної й технологічної мінералогії, біо- та наномінералогії, фізико-хімічного моделювання процесів мінералоутворення, мінералого-петрологічних методів розшуків корисних копалин, петрографії, літології, геохімії осадових товщ, геохімії доквілля, історії науки та ін.

Кристалохімічний напрям пов’язаний з іменами В. Соболева, О. Поваренних, М. Сливка, Е. Янчука та інших науковців. Їхні праці фактично заклали основи майбутньої української кристалохімічної школи акад. О. Поваренних. До цього напрямку належать також публікації, присвячені взаємозв’язку властивостей мінералів з їхньою кристалохімією, класифікації, номенклатурі й відповідній термінології (Є. Лазаренко, О. Поваренних, О. Матковський, М. Сливко, А. Ясинська, Ю. Мельник, В. Мельников, В. Павлишин та ін.). Уже згадувані нариси зі структурної мінералогії М. Белова виходили протягом 1950–1982 рр., після смерті вченого їх до 1993 р. публікували його учні – професори Д. Пушаровський, В. Урусов та ін. З приводу цих нарисів І. Шафрановський зазначив, що вони становили епоху в пізнанні теоретичної мінералогії, і це одна з найбільших заслуг відповідального редактора збірника Є. Лазаренка [11].

У “Мінералогічному збірнику” опубліковано результати піонерних досліджень мінералів із застосуванням нових фізичних методів. Це праці М. Сливка з оптичної спектроскопії турмаліну, Е. Янчука щодо рентгенівської спектроскопії під час вивчення валентного стану Mn в мінералах, А. Ясинської зі співавторами про магнітну сприйнятливість сфалериту й дисперсію відбивної здатності рудних мінералів, З. Бартошинського, Т. Винниченко та інших стосовно спектрів збудження люмінесценції, рентгенолюмінесценції, анізотропії, дисперсії показника заломлення діамантів та ін. Ці дослідження фактично започаткували новий напрям мінералогії – *фізику мінералів*, який згодом по-

чали інтенсивно розвивати в Інституті геохімії і фізики мінералів АН УРСР (нині Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка НАН України).

Поняття *мінералогічна кристалографія* вперше з'явилося на сторінках "Мінералогічного збірника" у статті Є. Лазаренка "К вопросу о современных задачах советской минералогии" (1951). У 1967 р. у збірнику вийшли матеріали Першої всесоюзної міжвідомчої наради з мінералогічної кристалографії, на якій було офіційно затверджено цей напрям як самостійний. В опублікованій доповіді "Состояние и задачи минералогической кристаллографии" Є. Лазаренко зазначив, що мінералогічною кристалографією треба називати розділ кристалографії і, відповідно, мінералогії, який вивчає кристаломорфологію, внутрішню будову й онтогенію мінеральних індивідів та їхніх закономірних зростків. У збірнику опубліковані матеріали П'ятих наукових читань імені академіка Євгена Лазаренка (2007. № 57, вип. 1), присвячених проблемам мінералогічної кристалографії і приурочених до 100-річчя від дня народження І. Шафрановського та 95-річчя від дня народження Є. Лазаренка. Публікації, присвячені мінералогічній кристалографії, є чи не в кожному номері "Мінералогічного збірника" (праці Т. Агафоновой, З. Бартошинського, О. Вовка, П. Вовка, В. Квасниці, Г. Піотровського, Б. Сребродольського та багатьох інших науковців).

Термобарогеохімічний напрям у 1940–1950-х роках був новим у генетичній мінералогії. У вже згаданому додатку до збірника № 3 "Критерии познания генезиса минералов и среда рудообразования" М. Єрмаков висвітлив тогочасний стан теорії рудогенезу, схарактеризував стадійність мінералоутворення, описав типи включень у мінералах, у тім числі тверді включення та їхнє генетичне значення і затверділі включення в магматичному процесі, способи утворення й генетичну класифікацію рідких і газових включень, типи гомогенізації газово-рідких включень, рідкі включення та їхню роль у гідротермальному мінералоутворенні. У "Мінералогічному збірнику" статті з термобарогеохімічної тематики досить численні. Їхніми авторами є І. Бакуменко, Ю. Долгов, В. Калюжний, Л. Колтун, Ю. Ляхов, Н. М'язь, А. Пізнюр, І. Попівняк, Д. Возняк, Г. Кульчицька, І. Наумко, М. Павлунь та ін.

Крім термобарогеохімії, у збірнику висвітлюють і інші важливі складові *генетичної мінералогії* – онтогенію, типоморфізм мінералів тощо. Зокрема, низка публікацій присвячена визначенню послідовності мінералоутворення срібної мінералізації, флюорит-барит-кварцових і алуніт-барит-кварцових жил Березівського рудного району (О. Ємець, Л. Скакун, Н. Словотенко). У другому випуску "Мінералогічного збірника" № 50 за 2000 р. опубліковано матеріали Других наукових читань імені акад. Є. Лазаренка, присвячених генетичній мінералогії. Серед них доповідь О. Матковського, П. Білоніжки й А. Ясинської "Внесок Євгена Лазаренка у розвиток генетичної мінералогії", В. Павлишина зі співавт. "Стан і перспективи генетичної мінералогії", І. Наумка й В. Калюжного "Флюїдний режим процесів мінералоутворення", П. Заріцького "Стадійність і еволюція аутигенного мінералоутворення" та ін. Цікавою є праця Г. Кульчицької "Піролітична газова хроматографія мінералів як новий метод генетичної мінералогії" (2010).

Досить багато статей у збірнику присвячено типоморфізму мінералів – золота, діаманта, піриту, кварцу, циркону тощо (З. Бартошинський, С. Бекеша, Т. Винниченко, О. Матковський, Б. Ремешило, Л. Скакун, Є. Сливко та ін.). Важливими є публікації, які стосуються комп'ютерного і фізико-хімічного моделювання процесів мінералоутворення на прикладі геологічних і біомінеральних об'єктів (Л. Скакун, Н. Словотенко, Р. Серкіз, В. Дяків та ін.).

Привертає увагу цикл статей про незвичайні природні утворення – ендегенні Ti-Mn-Fe-силікатні сферули із експлозивних структур та вулканогенно-осадових формацій України (праці І. Яценка, С. Бекеші, Н. Білик та ін., 2010–2012). Зокрема, досліджено морфологію та внутрішню будову мікросферул, особливості їхнього хімічного складу, роль легких компонентів у зв'язку з проблемою флюїдизації-експлозивного мантіїного рудогенезу та ін.

На сторінках “Мінералогічного збірника” чи не вперше в країні почали висвітлювати результати досліджень з *космічної мінералогії*, яку започаткував Д. Григор'єв і підтримав Є. Лазаренко. З “легкої руки” Євгена Костянтиновича його аспірантка А. Ясинська розпочала скрупульозні мінералогічні дослідження метеоритів і взірців з Місяця. У збірнику вийшов цикл статей Є. Лазаренка й А. Ясинської під загальною назвою “Некоторые современные аспекты космической минералогии” (1970. № 24, вып. 4; 1972. № 26, вып. 1; 1976. № 30, вып. 2). Наведено результати комплексного вивчення складу і різних властивостей мінералів метеоритів та їхнього порівняння з земними утвореннями. Опубліковано праці, присвячені включенням у склі з метеориту *Жаманшин* (Ясинская, Калюжный, Набатникова, 1981), мінеральному складу і структурним взаємовідношенням фаз нікелістого заліза в метеориті *Пултуск* з аномально високими магнітними властивостями (Ясинская, Семененко, Самойлович, 1994) і розвитку космічної мінералогії у Львівському університеті (Ясинська, 2000). Нині цей напрям успішно розвивають під керівництвом члена-кореспондента НАН України В. Семененко у відділі космоєкології і космічної мінералогії ІГМР імені М. П. Семененка НАН України. І результати цих досліджень часто з'являються на сторінках “Мінералогічного збірника” (праці В. Семененко, А. Гіріч, Н. Кичань та інших науковців).

Чи не найчисленнішими публікаціями в збірнику є статті *регіонально-мінералогічного спрямування*. Зокрема, спеціальний випуск збірника (1983. № 37, вып. 2) присвячено матеріалам виїзної сесії УМТ “Проблеми регіональної мінералогії” (1982). Низка публікацій пов'язана з відкриттям нових чи знахідками рідкісних мінералів або їхніх різновидів у різних регіонах України. Серед них донбасит і тарасовіт у Донбасі та брункіт у Передкарпатті (Є. Лазаренко), карпатит у Закарпатті (Г. Піотровський), Mn-феростильпномелан у Чивчинських горах Карпат і данеморит у силікатно-карбонатних манганових рудах Чивчин (О. Матковський), хлорофеїт у рифейських вулканітах Західної Волині (В. Шашкіна), геарксутит у пержанських метасоматитах на Житомирщині (Ю. Мельник, Н. Разумеева), чемберсит у калійних рудах Передкарпаття (П. Білоніжка, О. Винар, П. Вовк та ін.), ільваїт у рудах Берегівського родовища на Закарпатті (А. Ясинська), алтаїт і гесит у складі золотого зруденіння Рахівщини (О. Матковський, А. Ясинська, В. Степанов), граутит у графітових рудах Побужжя (Л. Скакун, Б. Манчур, А. Мартишин), кусонгіт у вулканокластичних породах Українського щита (Н. Білик, І. Яценко, І. Побережська, В. Степанов) та ін. Опубліковано узагальнювальні праці стосовно окремих мінералів у геологічних утвореннях України – апатиту, алуніту, бариту (О. Матковський), берилу, опалу (Є. Сливко) та ін.

У 1990 р. у збірнику вийшла узагальнювальна стаття О. Матковського “Мінералогический очерк Украинских Карпат”, у якій проаналізовано стан мінералогічної вивченості регіону, головні мінеральні комплекси й нові дані з мінералогії, зокрема, перелічено понад 330 мінеральних видів і різновидів, наведено їхню кількість і відсотковий вміст за окремими класами порівняно з середнім умістом у земній корі й на території України.

У "Мінералогічному збірнику" опубліковано досить багато статей з *прикладної та екологічної мінералогії*. Про важливість мінералогічного картування в Україні, доцільність складання за єдиним планом зведених мінералогічних карт і залучення мінералогічного картування до комплексу методів з геологічного вивчення територій писали ще 1967 р. (№ 21, вип. 1) Є. Лазаренко, О. Матковський і М. Сливко. Мінералогічне картування почали широко застосовувати у 1980–1990-х роках під час вивчення золотого зруденіння в Закарпатті й у північно-західній частині Українського щита. Їхнім результатам присвячені публікації О. Матковського, А. Ясинської, Б. Ремшила, Л. Скакуна, Є. Сливко, У. Феношин та інших дослідників. У Закарпатському регіоні завдяки мінералогічному картуванню розроблено мінералого-технологічну типізацію руд Берегівського й Мужівського родовищ золота (Матковський, Скакун, 1995).

Прикладне спрямування мають неординарні праці "Методи інтенсифікації процесів бактеріального окиснення та вилуговування мінералів і руд" (Серебряна, Тонкова, 2010), "Компонентний склад штучного каменю історичної частини м. Львова" (Сеньковський, Степанов, Андріяшева, Побережська, 2011), "Ресурсний потенціал кремнію в Україні та можливість використання вітчизняного кремнію у відновлювальній енергетиці" (Гулій, Бочевар, 2013) та ін.

Останніми десятиліттями В. Дяків з учнями й колегами опублікував у "Мінералогічному збірнику" низку статей екологічного спрямування, пов'язаних з розробкою родовищ кам'яної і калійних солей Карпатського регіону. Публікації присвячені хімічному й мінеральному складу відходів збагачення калійних руд Стебницького родовища (2009), моделі розвитку прибортового соляного карсту і його ролі у формуванні стійкого гідроізоляційного профілю в процесі затоплення Домбровського кар'єру в Калуші (2016), мінералого-геохімічним закономірностям самоізоляції та еволюції карстових гідрогеологічних систем зони техногенезу соляних родовищ Карпатського регіону (2018) та ін. З техногенним мінералоутворенням пов'язана праця А. Стеценко, В. Іванченка та В. Стеценка "Особливості мінерального та хімічного складу травертинів природно-техногенного походження у Криворіжжі" (2018).

Численними є в "Мінералогічному збірнику" публікації з *біомінералогії*. У спеціальному випуску (1991. № 45, вип. 1) наведено матеріали виїзної сесії УМТ, присвяченої 125-річчю акад. В. Вернадського. Збірник відкриває фундаментальна стаття М. Юшкіна "Мир биомінералов и проблемы биомінералогии", у якій схарактеризовано об'єкти біомінералогії, механізми біомінералоутворення, генетичні типи біомінералів. Наприкінці ХХ ст. розпочато цілеспрямовані дослідження жовчних каменів із застосуванням онтогенічного аналізу, рентгенівської топографії, комп'ютерного моделювання та інших методів. Результати робіт у збірнику регулярно публікували Ф. Зузук, В. Дяків та У. Борняк.

Особливе місце на сторінках "Мінералогічного збірника" посідає розділ "*Історія науки*". Тут публікують інформацію стосовно історії розвитку мінералогії загалом та її розділів, а також геологічних установ і видатних учених. Зокрема, окремі номери збірника містять матеріали міжнародних наукових конференцій, присвячених 150-річчю Мінералогічного музею Львівського університету і 90-річчю від дня народження академіка Є. Лазаренка, на тему "Мінералогія і мінералогічні музеї у ХХІ столітті" (2002) та 140-річчю кафедри мінералогії ЛНУ імені Івана Франка, на тему "Мінералогія: історія, теорія і практика" (2004). У 2005 р. збірник присвячено 60-річчю геологічного факультету ЛНУ імені Івана Франка, 2008 р. – пам'яті засновника і завідувача кафедри петрографії Львівського університету, видатного мінералога і петролога акад. В. Соболева,

2012 р. – 150-річчю від дня народження акад. В. Вернадського, 2013 р. – 100-річчю від дня народження засновника термобарогеохімії М. Єрмакова, 2014 р. – 150-річчю заснування кафедри мінералогії у Львівському університеті, 2015 р. – 70-річчю геологічного факультету ЛНУ імені Івана Франка. У двох випусках збірника № 62 за 2012 р. опубліковано матеріали Сьомих наукових читань імені акад. Є. Лазаренка, присвячених 100-річчю від дня його народження, на тему “Розвиток ідей академіка Євгена Лазаренка в сучасній мінералогії”.

Спеціальні випуски “Мінералогічного збірника” містять матеріали різних наукових форумів. Серед них “Перспективи золотоносності надр України” (1995. № 48, вип. 1), “Наукові основи прогнозування, пошуків та оцінки родовищ золота” (2001. № 51, вип. 1), “Мінералогія і мінерагенія Карпатського регіону” (2008. № 59, вип. 2), Десяті читання імені акад. Є. Лазаренка, присвячені стану реалізації задуманих і розпочатих ученим наукових праць з мінералогії України та Карпато-Балканської гірської системи (2016. № 66, вип. 1), Одинадцять наукових читання імені акад. Є. Лазаренка, присвячені 100-річчю заснування Українського геологічного комітету (2018. № 68, вип. 1). Внесок наукових читань імені академіка Євгена Лазаренка у розвиток сучасної мінералогії проаналізовано в спеціальній публікації О. Матковського та Є. Сливко (2021. № 71).

У розділі “Дискусії, критика, бібліографія” останнім часом опубліковано рецензії І. Наумка на п'ятий том “Мінералогічна спадщина Володимира Івановича Вернадського” ювілейної серії “Вибрані наукові праці академіка В. І. Вернадського” (2013) та М. Братуся на дві останні книги з циклу “Мінерали Українських Карпат” – “Силікати” і “Процеси мінералоутворення” (2017).

Зацікавила читачів праця Г. Кульчицької зі співавт. “Пропозиції щодо правопису українських синонімів латинописних назв мінералів” (2017), пов'язана з підготовкою монографії “Українська номенклатура мінералів” (див. статтю Г. Кульчицької, Д. Черниш та Л. Сетаї у цьому збірнику), а також праця А. Радченко “Наукова періодика з мінералогії в Україні: напрями розвитку” (2018).

На завершення наголосимо на беззаперечно важливому значенні “Мінералогічного збірника” у зародженні, формуванні й розвитку всесвітньовідомих наукових шкіл, які офіційно затверджені Міністерством освіти і науки України (1994) у Львівському національному університеті імені Івана Франка, – мінералогічної академіка Євгена Лазаренка і термобарогеохімічної професора Миколи Єрмакова. Ці школи успішно функціонують і розвиваються до нині [4–6, 8, 10].

Вебсайт “Мінералогічного збірника” –

<http://publications.lnu.edu.ua/collections/index.php/mineralogy>

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бетехтин, А. Г. (1949). Минералогический сборник № 1, 1947 и № 2, 1948 Львовского геологического общества. *Зап. Всесоюз. минерал. об-ва, 4*, 293–296.
2. Бетехтин, А. Г. (1950). Минералогический сборник № 3 Львовского геологического общества при Львовском государственном университете им. Ив. Франко. *Зап. Всесоюз. минерал. об-ва, 4*, 311–314.
3. Білоніжка, П., Матковський, О., Павлунь, М., Сливко, Є. (2010). *Геологічний факультет Львівського національного університету імені Івана Франка (1945–2010)*. Львів: Видавн. центр ЛНУ імені Івана Франка.

4. Ляхов, Ю., Павлунь, М., М'язь, Н. (2003). Термобарогеохімічна школа професора М. П. Єрмакова (до 90-річчя з дня народження). *Мінерал. зб.*, 53 (1–2), 171–177.
5. Матковський, О. (2016). Мінералогічна школа академіка Євгена Лазаренка та її внесок у розвиток сучасної мінералогії. *Мінерал. зб.*, 66 (2), 3–23.
6. Матковський, О. (2019). Внесок у розвиток української мінералогії вчених, опосередковано пов'язаних з мінералогічною школою академіка Євгена Лазаренка. *Мінерал. зб.*, 69 (1–2), 3–15.
7. Матковський, О., Сливко, Є. (2010). Шістдесят номерів Мінералогічного збірника. *Мінерал. зб.*, 60 (1), 3–8.
8. Матковський, О., Наумко, І., Павлунь, М. (2017). Термобарогеохімічна школа професора Миколи Єрмакова та її внесок у розвиток генетичної мінералогії й учення про родовища корисних копалин. *Мінерал. зб.*, 67 (1), 3–37.
9. Матковський, О., Білоніжка, П., Скакун, Л., Сливко, Є. (2004). *Кафедра мінералогії Львівського національного університету імені Івана Франка (1864–2004)*. Львів: Видавн. центр Львів. ун-ту.
10. Павлунь, М., Матковський, О., Сливко, Є., Білоніжка, П., Іваніна, А. (2020). *Геологічному факультету Львівського національного університету імені Івана Франка 75 років*. Львів: ЛНУ імені Івана Франка.
11. Шафрановский, И. И. (1996). *Кристаллография в СССР (1917–1991)*. Санкт-Петербург: Наука.
12. Шафрановский, И. И., Франк-Каменецкий, В. А., Елисеев, Э. Н. (1972). Двадцать пять номеров "Минералогического сборника". *Минерал. сб.*, 20 (1), 3–10.

REFERENCES

1. Betekhtin, A. G. (1949). Mineralogical Collection No. 1, 1947 and No. 2, 1948 of the Lvov Geological Society. *Proceedings of the All-Union Mineralogical Society*, 4, 293–296. (in russian)
2. Betekhtin, A. G. (1950). Mineralogical Collection No. 3 of the Lviv Geological Society at the Ivan Franko Lviv State University. *Proceedings of the All-Union Mineralogical Society*, 4, 311–314. (in russian)
3. Bilonizhka, P., Matkovskiy, O., Pavlun, M., & Slyvko, Ye. (2010). *Faculty of Geology of the Ivan Franko National University of Lviv (1945–2010)*. Lviv: Publishing Centre of Ivan Franko National University of Lviv. (in Ukrainian)
4. Lyakhov, Yu., Pavlun', M., & Mjaz', N. (2003). Professor M. P. Yermakov Thermobarogeochemical Scientific School (on the 90th anniversary of his birthday). *Mineralogical Collection*, 53 (1–2), 171–177. (in Ukrainian)
5. Matkovskiy, O. (2016). Academician Yevhen Lazarenko Mineralogical School and its contribution to the development of modern mineralogy. *Mineralogical Collection*, 66 (2), 3–23. (in Ukrainian)
6. Matkovskiy, O. (2019). Contribution to the development of Ukrainian mineralogy of the scientists, indirectly related to the Mineralogical School of the Academician Yevhen Lazarenko. *Mineralogical Collection*, 69 (1–2), 3–15. (in Ukrainian)
7. Matkovskiy, O., & Slyvko, Ye. (2010). Sixty numbers of Mineralogical Review. *Mineralogical Review*, 60 (1), 3–8. (in Ukrainian)

8. Matkovskiy, O., Naumko, I., & Pavlun, M. (2017). Professor Mykola Yermakov Thermobarogeochemical School and its contribution to the development of genetic mineralogy and the theory of mineral deposits. *Mineralogical Review*, 67 (1), 3–37. (in Ukrainian)
9. Matkovskiy, O., Bilonizhka, P., Skakun, L., & Slyvko, Ye. (2004). *Department of Mineralogy of Ivan Franko National University of Lviv (1864–2004)*. Lviv: Publishing House of the Lviv University. (in Ukrainian)
10. Pavlun, M., Matkovskiy, O., Slyvko, Ye., Bilonizhka, P., & Ivanina, A. (2020). *Seventy-Five Years of the Faculty of Geology of the Ivan Franko National University of Lviv*. Lviv: Ivan Franko National University of Lviv. (in Ukrainian)
11. Shafranovskiy, I. I. (1996). *Crystallography in the USSR (1917–1991)*. Sankt-Petersburg: Nauka. (in russian)
12. Shafranovskiy, I. I., Frank-Kamenetskii, V. A., & Yeliseev, E. N. (1972). Twenty five numbers of “Mineralogical Collection”. *Mineralogical Collection*, 20 (1), 3–10. (in russian)

*Стаття: надійшла до редакції 26.06.2022
прийнята до друку 29.08.2022*

Orest Matkovskiy, Iryna Poberezhska, Yevheniia Slyvko

*Ivan Franko National University of Lviv,
4, Hrushevskoho St., Lviv, Ukraine, 79005,
emslivko@i.ua*

SEVENTY-FIVE YEARS OF THE “MINERALOGICAL COLLECTION”

Information about the first periodical publication of the mineralogical direction in Ukraine – “Mineralogical Collection”, founded on the initiative of Ye. Lazarenko in 1947, – is highlighted. Yevhen Kostiantynovych was the responsible editor of the Collection until the end of his life. Since 1979, this function has been performed by his student – Professor of the Department of Mineralogy O. Matkovskiy. The first 17 numbers of the “Mineralogical Collection” were published annually under the auspices of the Lviv Geological Society in the Publishing House of Ivan Franko State University of Lviv. On the initiative of Ye. Lazarenko, the Society's library began exchanging geological literature with libraries not only of the country but also of foreign countries in 1949. Thanks to this, the “Mineralogical Collection” was read by the world geological community. In 1964, the Collection was transferred to the rank of a republican interdepartmental publication; until 1976, four issues of the same number were published annually, later – two, from 2021 – one. Before the collapse of the USSR, the Collection was published in russian with a summary in English, during 1991–2008 – in Ukrainian with a summary in English, in 2009–2015 – with a summary in English and russian, from 2015 – with an extended summary in English. Currently, the articles in the “Mineralogical Collection” are printed in Ukrainian or English; from 2021, the editorial board will not accept russian-language works and articles from russia.

The significance of the Collection in the development of mineralogy not only in the country, but also in general is difficult to overestimate. A number of scientific directions of contemporary mineralogy were initiated on its pages: structural mineralogy and crystal chemistry, mineralogical crystallography, the study of fluid inclusions in minerals (thermobarogeochemistry), regional

and cosmic mineralogy, etc. The Collection publishes original scientific articles containing the results of theoretical and experimental research, historical reviews, reviews of scientific works, chronicles of scientific events, etc. The topics of the "Mineralogical Collection" are as follows: mineralogy, geochemistry, petrology, ecology (mineralogical crystallography, structural mineralogy, crystallochemistry, regional and cosmic mineralogy, applied mineralogy, biomineralogy, nanomineralogy, technological mineralogy, physicochemical modelling of mineralization processes, mineralogical-petrological methods of prospecting for minerals, petrography, lithology, geochemistry of sedimentary strata, geochemistry of the environment etc.).

The "Mineralogical Collection" was extremely important in the birth, formation and development of world-famous scientific schools, which were officially approved by the Ministry of Education and Science of Ukraine (1994) at the Ivan Franko National University of Lviv. These are the Mineralogical School of Academician Yevhen Lazarenko and the Thermobarogeochemical School of Professor Mykola Yermakov, which are successfully functioning and developing today.

Key words: "Mineralogical Collection", periodical, mineralogy, Ye. K. Lazarenko, Ivan Franko National University of Lviv.

Мирослав Братусь, Ігор Зінчук, Ігор Наумко, Йосип Сворень

*Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України,
вул. Наукова, 3 а, Львів, Україна, 79060,
igggk@mail.lviv.ua*

ДО СТОРІЧЧЯ ВІД ДНЯ НАРОДЖЕННЯ ВОЛОДИМИРА АНТОНОВИЧА КАЛЮЖНОГО

Шостого серпня 2022 р. виповнилося 100 років від дня народження Володимира Антоновича Калюжного – видатного українського вченого, одного з засновників учення про мінералоутворювальні флюїди за включеннями в мінералах, дослідника проблем генетичної мінералогії, петрографії та геохімії, доктора геолого-мінералогічних наук, професора, лауреата Державної премії УРСР в галузі науки і техніки.

Народився Володимир Антонович у с. Буняківка Одеського р-ну Омської обл. (РФ) у сім'ї вчителя. У Буняківці жили головно переселенці з України – з Полтавщини і Приазов'я. Після повернення батьків 1924 р. в Україну він здобув середню освіту в с. Миколаївка Бердянського р-ну на Запоріжжі. Протягом 1939–1941 рр. навчався на геологорозвідувальному факультеті Дніпропетровського гірничого інституту. У 1941 р. був мобілізований у Червону Армію і воював до завершення війни 1945 р., як і його батько – Антон Павлович.

Пам'ятаємо, як ми, співробітники відділу геохімії глибинних флюїдів, вітали Володимира Антоновича з нагоди Дня перемоги і просили поділитися спогадами. Виявилось, що сержант Калюжний вів щоденник, у якому нотував бойовий шлях своєї військової частини й детально описував воєнну обстановку. Нас, молодих співробітників відділу, тоді здивувала скрупульозність опису подій. І ця риса збереглася надалі під час виконання наукових досліджень.

Через всю війну Володимир Антонович проніс книжечку, знайдену на Київщині в розбитому після обстрілу окопі, – “Кобзар” Шевченка. У цьому виявилась його любов і відданість українській мові й культурі. Був знайомий з Дмитром Павличком, який цікавився мінералами, з львівським поетом Миколою Руденком, іншими діячами культури. Любив співати – старовинна пісня “Ой, літа орел” була його улюбленою.

За бойові заслуги В. Калюжний був нагороджений орденом Вітчизняної війни другого ступеня, медалями “За боевые заслуги”, “За взятие Берлина”, “За освобождение Праги”, “За победу над Германией” та іншими відзнаками вже мирного часу.

Після закінчення війни протягом 1945–1946 рр. навчався у Дніпропетровському гірничому інституті, а протягом 1946–1949 рр. – у Львівському державному університеті імені Івана Франка.

Після закінчення університету 1949 р. В. Калюжного скерували на роботу в лабораторію з вивчення включень у мінералах на геологічному факультеті. Так розпочався його довгий і плідний шлях у науці.



В. Калюжний (перший ліворуч у верхньому ряді)
серед випускників школи, 1939.



Батьки Володимира Антоновича –
Антон Павлович та Одарка Яківна Калюжні.



Сержант Калюжний (перший ліворуч)
з побратимами, 1944.

У перші повоєнні роки в багатьох наукових закладах і лабораторіях світу поживавився інтерес до дослідження флюїдних включень у мінералах. Це було не випадково, адже вчені зрозуміли, що включення можуть стати новим джерелом оригінальної генетичної інформації в мінералогії й геохімії та підґрунтям для розробки розшукових методів. Нове покоління дослідників ґрунтувалось на піонерних роботах Г. Сорбі (1858) та Г. Леммлейна (1929, 1956, 1959). На геологічному факультеті Львівського університету тоді ще доцент М. Єрмаков організував чи не першу в світі наукову групу і створив спеціалізовану лабораторію з дослідження флюїдних включень у мінералах. Протягом 1945–1952 рр. він читав старшокурсникам “Курс мінералотермометрії (за включеннями в мінералах)”. Його учнями стали В. Калюжний, Є. Вульчин, Ю. Долгов, Л. Колтун, Є. Лазько, В. Лесняк, Н. М’язь, А. Пізнюр, Р. Сухорський.

Володимир Антонович пропрацював в університеті до 1955 р., захистив кандидатську дисертацію і з 20 червня 1955 р. був переведений на посаду молодшого наукового співробітника Інституту геології корисних копалин АН УРСР.



Перша в СРСР група дослідників включень із Львівського університету, 1951. Зліва направо: сидять – М. Єрмаков, Н. М'язь, А. Пізнюк; стоять – В. Калюжний, Л. Колтун, Ю. Долгов, Є. Лазько, В. Лесняк



У шліфувальній майстерні Львівського університету за підготовкою препаратів для дослідження включень у мінералах, 1952. Зліва направо: Н. М'язь, В. Калюжний, М. Єрмаков.

У цьому Інституті (нині Інститут геології і геохімії горючих корисних копалин НАН України) він обіймав посади молодшого, старшого наукового співробітника, в. о. завідувача відділу рудних корисних копалин, яким раніше керував член-кор. АН УРСР Є. Лазаренко. У 1960 р. В. Калюжний пройшов конкурс на заміщення посади завідувача цього відділу і 1961 р. його очолив. У 1964 р. відділ перейменували у відділ геохімії рідкісних і розсіяних елементів, а 1967 р. – у відділ геохімії глибинних флюїдів. Володимир Антонович очолював відділ 27 років – до 1988 р., а пізніше на посаді головного наукового співробітника продовжував активні дослідження для вирішення фундаментальних і прикладних проблем термобарогеохімії.

За період керівництва В. Калюжного відділ став провідним центром з комплексного вивчення флюїдних включень у мінералах і визнаною у світі школою підготовки наукових кадрів, школою, куди приїжджали на консультації, стажування і для обміну досвідом фахівці з різних регіонів країни й інших держав. Зокрема, у відділі побували професор Г. Леммлейн і академік В. Соболев, академіки І. Костов (Болгарія) і В. Янович (Румунія), доктор Едвін Рьоддер (США), який прочитав для працівників Інституту лекцію про результати дослідження включень у місячних породах, доктор Пілава (Швеція), професор Такеноучі (Японія) та багато інших.

У 1960 р. В. Калюжний видав свою першу фундаментальну книгу “Методи вивчення багатофазових включень у мінералах” (1960 р.). Ці методи охоплюють, передусім, визначення генетичної природи включень. В основу покладено кристаломорфологічний принцип Г. Леммлейна, згідно з яким запропоновано розділити включення в мінералах за походженням на первинні і вторинні, а за вмістом – на аутигенні і ксеногенні. Вивчення фазового складу включень, температури гомогенізації з фіксацією всіх фазових переходів (порядок зникнення газової фази і розчинення кристаликів солей) та зворотній процес їхнього відновлення – це ті базові елементи, яких В. Калюжний навчав своїх учнів, за що вони йому щиро вдячні.

Подальша праця вченого тісно пов'язана з розробкою нових методів і підходів до всебічного й максимального вилучення з включень інформації про фізико-хімічні параметри їхньої консервації і, відповідно, кристалізації мінералів та формування родовищ корисних копалин.



В. Калюжний з академіком Болгарської АН І. Костовим (фото ліворуч)
та академіком Румунської АН В. Яновичем.



Відомий американський дослідник флюїдних включень Е. Рьоддер зі співробітниками відділу, 1973. Зліва направо у першому ряді: Е. Платонова, А. Коржинський, І. Готь, Е. Рьоддер, В. Калюжний, О. Лазаренко, Н. Миколайчук, перекладачка; у другому ряді: З. Ковалишин, М. Братусь, Л. Дручок, Г. Гігашвілі, І. Денега, Г. Гнатів, Б. Ремешило, Б. Сахно.

Удосконалена В. Калюжним мікротермокамера стала ефективним інструментом фіксації всіх змін, що відбуваються у включеннях під час їхнього нагрівання до температури гомогенізації і зворотного охолодження. Він один із перших розпочав вивчення складу газової фази включень способом подрібнення проб у вакуумі з наступним хімічним аналізом об'ємних співвідношень окремих компонентів. Пізніше він застосовував у практиці вивчення газових сполук включень їхнє мас-спектрометричне визначення як у пробах з невеличкою наважки, так і з окремих включень. Це дало змогу вченому та його учням вирішити низку проблем геохімії природних газів, зокрема, доведено відсутність водню у флюїдах включень і виявлено, що його поява у результатах аналітичних визначень зумовлена технічними й методичними чинниками.

З огляду на важливу роль хімічного складу розчинів у формуванні різних типів мінеральних родовищ, В. Калюжний організував вивчення сольових компонентів розчинів включень. Він створив екстракційні фільтрувальні колонки: екстракція паралельно у чотирьох колонках в інертній газовій атмосфері робила процес екстракції солей швидшим і ефективнішим. Це дало змогу пізнавати еволюцію розчинів під час послідовного формування окремих мінералів на рудних родовищах, у пегматитах та ін.

Ще однією розробкою вченого є мікроколориметричне визначення рН розчину безпосередньо у включенні у спеціально сконструйованій вологій камері, що дає змогу

визначати діапазон коливання кислотно-лужної рівноваги в середовищі в разі послідовної кристалізації різних мінералів.

Володимир Антонович уперше виконав гомогенізацію розплавних включень у кварці з гіалодацитів Закарпаття, що засвідчило ефективність термометричних досліджень для пізнання еволюції магматичних процесів. За результатами визначення показників заломлення скла магматичного розплаву у включеннях виявлено можливість використання оптичних показників скла для визначення вікової послідовності формування “німих” вулканічних порід.



Науковий семінар у відділі, 1965. Зліва направо: Г. Гнатів, Б. Ремешило, Д. Возняк, З. Ковалишин, Б. Заціха, Г. Гігашвілі, В. Калюжний.

За результатами вивчення газового складу включень (пухирців) у склі загартування магматичного розплаву на контакті з океанічною водою визначено, що внутрішній тиск у включенні відповідає тиску стовпа води на глибині загартування.

В. Калюжний успішно розвинув ідею Г. Леммлейна про перенаповнення включень для виявлення вікової послідовності зміни хімічного складу мінералоутворювальних розчинів під час росту природних кристалів. Він виявив включення рідких вуглеводнів у піропах з кімберлітової трубки Удачная (Якутія) і дійшов висновку, що це вторинні включення, материнські флюїди яких проникали по тріщинах, вилугоували мінерали твердих включень і перенаповнювали їхні порожнини. Цим доведено важливість явищ перенаповнення включень для відтворення еволюції процесів мінералоутворення і спростовано висновок попередників про мантіїне походження вуглеводнів.

Систематичні дослідження фазового складу розчинів включень засвідчили, що в природному процесі мінералоутворення може відбуватися кипіння (гетерогенізація) флюїдів. Причиною кипіння є падіння тиску, перепади температури в суміжних місцях мінералоутворювального середовища. Температура кипіння (гетерогенізації) може коливатися в широкому діапазоні.

Значний внесок зробив В. Калюжний у вивчення мінералоутворення за участю вуглеводневих флюїдів у прожилкових мінералах осадових товщ Карпатського регіону. Зокрема, у мармароських “діамантах” серед включень метану високої густини виявлено включення CO_2 також високої густини.

Важливого значення вчений надавав обґрунтуванню теоретичних основ використання флюїдних включень для відтворення *PT*-параметрів їхньої консервації, питанню

герметичності включень і змінам форми після герметизації, іншим аспектам теорії і практики термобарогеохімії. Грунтовне й деталізоване дослідження дало йому змогу разом з учнями розробити генералізовані схеми еволюції мінералоутворення в пегматитах Волині, кристаленосних рудних жилах Донбасу й інших об'єктах. Протягом останніх років життя він активно досліджував участь вуглеводневих флюїдів у післяседиментаційних і гідротермальних процесах.



Відділ геохімії глибинних флюїдів, 1983. Зліва направо сидять: О. Федусів, І. Деніга, В. Калюжний, О. Винар, З. Ковалишин; стоять: Й. Сворень, Т. Логвиненко, І. Наумко, Н. Ліберсбах, М. Братусь, Л. Телепко, І. Зінчук, Е. Платонова, Л. Редько, І. Готь.

Очолований В. Калюжним відділ став кузницею висококваліфікованих наукових кадрів. Серед його учнів одинадцять кандидатів наук – З. Ковалишин (1968), Б. Заціха (1969), Г. Гігашвілі (1970), М. Братусь (1975), Б. Жовтуля (1976), О. Матвієнко (1978), Й. Сворень (1984), І. Наумко (1987), Е. Платонова (1989), М. Вітик (1990), І. Зінчук (2003) і два доктори – Д. Возняк (2003) та І. Наумко (2007). Школу відділу пройшла ніхка дослідників, які пізніше плідно працювали в різних наукових установах і закладах вищої освіти – доктори геол.-мін. наук Ю. Ляхов (Львівський національний університет імені Івана Франка) і Б. Пісоцький (Інститут проблем нафти і газу, РАН), кандидати наук Б. Заціха (Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу) та П. Вовк (Волинський національний університет імені Лесі Українки) та ін.

У відділі було започатковано вивчення флюїдних включень у мінералах галогенних формацій. Цей напрям, який уже склався як усесвітньовідома наукова школа з термобарогеохімії евапоритів, розпочав, очолив і надалі розвивав доктор геол.-мін. наук, професор О. Петриченко з учнями.

Відділ став організатором проведення в Інституті тематичних нарад, зокрема “Углерод и его соединения в эндогенных процессах минералообразования (по данным изучения флюидных включений в минералах)” (1975) і “Седьмое всесоюзное совещание по термобарометрии и геохимии рудообразующих флюидов (по включениям в минералах)” (1985).



В. Калюжний серед аспірантів і співробітників відділу, 1990. Сидить – М. Братусь, стоять у першому ряді (зліва направо): І. Литвин, Л. Телепко, В. Калюжний, І. Зінчук, Н. Ліберсбах, Л. Баландюк, у другому ряді: М. Вітик, С. Ломов.



Колектив відділу геохімії глибинних флюїдів у геологічному музеї Інституту напередодні 50-річчя його заснування і 80-річчя В. Калюжного, 2001. Зліва направо: М. Братусь, Ю. Белецька, О. Матвієнко, Л. Дручок, В. Калюжний, Й. Сворень, І. Наумко, І. Зінчук, З. Ковалишин, Л. Редько, Б. Сахно, І. Улановська, Н. Сайко, Л. Телепко.

У доробку професора В. Калюжного сім монографій, понад двісті наукових статей, у тім числі в зарубіжних виданнях. Він був членом низки вчених рад із захисту кандидатських і докторських дисертацій, членом редколегій журналу “Геологія і геохімія горючих копалин” та “Мінералогічного збірника”, низки інших наукових видань. За великий теоретичний і практичний внесок у вивчення включень у мінералах 1993 р. його нагороджено міжнародною Золотою медаллю імені Генрі Сорбі.

Володимир Антонович Калюжний відійшов у вічність 24 жовтня 2009 р. на вісімдесят восьмому році життя. За заповітом його поховано на Личаківському цвинтарі у Львові.

Мінералоги України цінують і пам'ятають вагомий внесок проф. В. Калюжного у вивчення включень у мінералах для визначення параметрів та еволюції процесів мінерало-рудно-петрогенезу, оцінки й розшуків родовищ корисних копалин.

Ми вдячні нашому Учителеві й Наставнику за проведені разом роки на життєвих і творчих шляхах!

ХРОНІКА

ВІКТОР МИКОЛАЙОВИЧ КВАСНИЦЯ – ЛІДЕР МІНЕРАЛОГІЧНОЇ КРИСТАЛОГРАФІЇ В УКРАЇНІ (ДО 80-РІЧЧЯ ВІД ДНЯ НАРОДЖЕННЯ)



Восьмого квітня 2022 р. виповнилося 80 років Віктору Миколайовичу Квасниці – знаному в Україні й далеко за її межами мінералогічному кристалографу, доктору геолого-мінералогічних наук, професору, завідувачу відділу проблем алмазонності Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка НАН України (ІГМР), заслуженому діячеві науки і техніки України, почесному президенту Українського мінералогічного товариства (УМТ).

Віктор Квасниця народився 1942 р. у с. Грицеволя Радехівського р-ну Львівської обл. Після закінчення Лопатинської середньої школи (1958) навчався у Бродівському педагогічному училищі на шкільного вчителя.

З серпня 1961 р. почав працювати в школі с. Станіславчик Бродівського р-ну, проте через два місяці його мобілізували до лав радянської армії. Після служби в армії 1964 р. Віктор вступив на геологічний факультет Львівського державного університету імені Івана Франка. Уже в студентські роки він зацікавився кристалографією і мінералогією: тоді ще молодий доцент кафедри мінералогії (згодом професор і відомий діамантознавець) З. Бартошинський залучив його до вивчення кристаломорфології діамантів.

Після закінчення геологічного факультету за спеціальністю “Геохімія” (1969) Віктор Миколайович навчався в аспірантурі під керівництвом Є. Лазаренка у відділі регіональної і генетичної мінералогії спочатку Інституту геологічних наук, а згодом – Інституту геохімії і фізики мінералів АН УРСР. З 1972 р. працював молодшим науковим співробітником, а 1974 р. успішно захистив кандидатську дисертацію на тему “Мінералогія і кристаллографія алмазов України”. З 1980 р. В. Квасниця на посаді старшого наукового співробітника відділу генетичної і регіональної мінералогії активно долучився до регіонально-мінералогічних досліджень Криворіжжя, Приазов’я й Карпатського регіону. Протягом 1980–1982 рр. був ученим секретарем Інституту. У 1990 р. його призначено завідувачем лабораторії електронної мікроскопії відділу проблем алмазонності, а з 1996 р. й до нині він є керівником цього відділу. У 2008 р. В. Квасниці присвоєно вчене звання професора.

Наукова діяльність Віктора Миколайовича надзвичайно багатогранна. Проте найвагоміші досягнення пов’язані з дослідженнями діаманта, які він розпочав ще в студентські роки. Під керівництвом відомого дослідника якутських діамантів З. Бартошинського молодий учений вивчав кристаломорфологію та деякі фізичні властивості природних діамантів. І особливе ставлення до цього мінералу Віктор Миколайович проніс через усю свою наукову діяльність. Глибокі прецизійні дослідження діаманта і його мінералів-супутників із кімберлітів дали змогу отримати новітню наукову і практичну інформацію, яка стала підґрунтям докторської дисертації на тему “Типоморфізм мікрокрис-

таллов алмаза”, яку В. Квасниця захистив у формі наукової доповіді 1992 р. У ній учений усебічно висвітлив питання типоморфізму діаманта на підставі результатів дослідження його мікрокристалів із кімберлітів, лампроїтів, ксенолітів мантіїних порід, метаморфічних порід, імпаکتитів, залізистих метеоритів тощо.

Неперевершеним є внесок Віктора Миколайовича у вивчення дрібних діамантів, які виявлено в різних регіонах України. Його систематичні публікації з цієї проблеми в провідних наукових журналах України і світу вражають величезним фактичним матеріалом, скрупульозністю досліджень і глибиною зроблених висновків. Зокрема, схарактеризовано розподіл спектральних типів за фізичною класифікацією, азотні й інші домішково-структурні центри в діамантах з різних розсипищ, ступінь досконалості структури їхніх кристалів, ізотопний склад вуглецю й гелію, мінеральні вclusions, описано імпактні діаманти з неогенового Самотканського розсипища в Середньому Придніпров’ї, нано- й мікроморфологію та анатомію кристалів імпактного діаманта Білилівської (Західної) астроблеми, запропоновано палеотемпературні, петрологічні й мінералогічні критерії діамантоносності Українського щита, проаналізовано можливі перспективи використання дрібних діамантів з неогенових пісків України в різних високотехнологічних галузях. Також схарактеризовано особливості морфології кристалів так званих CVD-діамантів (це діаманти, вирощені в лабораторії за допомогою процесу хімічного осадження з парової фази).

Важливими є дві підсумкові публікації В. Квасниці: “Очерк кристалломорфології природних алмазов” (2013) і “Діаманти України: здобутки і завдання” (2021). Зокрема, проаналізовано результати вивчення діамантів України за весь період досліджень, зроблено фундаментальні висновки щодо виділених геолого-генетичних типів діаманта, їхнього поширення, вікової залежності діамантовмісних порід і особливостей діамантів із протерозойських і неогенових теригенних відкладів. Доведено полігенність діамантів України й різноманітність їхніх корінних джерел. Запропоновано напрями майбутніх досліджень українських діамантів.

Віктор Миколайович приділяє особливу увагу вивченню мінералів-супутників діаманта. Зокрема, детально досліджено кристаломорфологію піропу, хромшпінелідів і хромдіопсиду як мінералів-супутників мантіїного діаманта з кімберлітів Якутії й Біломор’я. Вивчено морфологію мінеральних включень у кристалах діаманта (гранати, хромшпінеліди, олівін, ортопіроксен). Цікаву генетичну інформацію одержано за флюїдними включеннями в кімберлітовому цирконі, парагенному з діамантом. Виявлено, що середовище його кристалізації мало різний склад – від сольового розплаву до збагаченого водою флюїду; згідно з геохімічними даними, воно найбільше відповідає рідкій фазі астеносферної зони Землі (Возняк, Квасниця, Вірт, 2005, 2006). Досліджено морфологію, анатомію, хімічний склад і мінеральні включення в кристалах циркону з протерозойських алмазонасних пісковиків і конгломератів Білорівницької структури (Волинський мегаблок Українського щита).

Під час кристаліграфічних досліджень різних мінералів В. Квасниця залучає гоніометричні вимірювання й електронну мікроскопію, для вивчення фізичних властивостей, хімічного складу (включно з ізотопією), генезису діамантів застосовує всі можливі новітні методи дослідження мінеральної речовини.

Вражають виконані Віктором Миколайовичем дослідження самородного золота з родовищ різного формаційно-генетичного типу. Учений розробив морфогенетичну класифікацію видимого золота (1999), згідно з якою виділено такі його морфологічні різновиди: ідіоморфні форми – багатогранники й інші зростки, дендритні утворення;

ксеноморфні форми – дртоподібні, пливчасті, пластинчасті, грудкоподібні, прожилкові утворення; гемідіоморфні форми, а також форми заповнення, проростання й кулясті утворення. Схарактеризовано особливості золота з найвідоміших родовищ і рудопроявів України та генетичні ознаки, які можна використовувати для прогнозування й оцінювання золоторудних об'єктів.



Президент УМТ В. Квасниця вручає О. Цабан Лазаренківську премію для молодих учених і студентів на міжнародній конференції, присвяченій 140-річчю кафедри мінералогії Львівського університету. Шацьк, 2004.

Ученому належать дослідження самородного срібла з міденосних трапових формацій венду Волині, графіту з родовищ і рудопроявів Українського шита, молібденіту із майже ста проявів його мінералізації на шиті, баделейту Приазов'я, керченіту із залізних руд Керченського басейну та прикарпатського сингеніту (калушиту). Вивчено кристаломорфологію закарпатського волніну і граутиту з Заваллівського родовища графіту, а також своєрідні кристали вюртциту-сфалериту Мужієвського золото-поліметалевого родовища: у їхніх стовпчастих виділеннях поєднані форми росту вюртциту і сфалериту (призматичні й пірамідальні кристали вюртциту зі сфалеритовими головками тетраедра, куба).

У статті “Кристаломорфологія мінералів України (на межі тисячоліть): підсумки, проблеми, завдання” (Квасниця, Павлишин, 2000) наведено стислий огляд кристаломорфологічних досліджень в Україні, схарактеризовано їхній стан на прикладі окремих мінералів за певними класами, акцентовано увагу на теоретичному і практичному значенні результатів подібних досліджень, намічено завдання на майбутнє. Віктор Миколайович – співавтор узагальнювальної праці “Нарис мінералогічної кристалографії самородних металів України” (2012).

Віктор Квасниця – автор і співавтор майже 400 наукових і науково-популярних праць з мінералогії й кристалографії, серед яких 17 монографій. Це, зокрема, колективні праці регіонально-мінералогічного спрямування: “Мінералогія Криворожського басейна” (отв. ред. Е. К. Лазаренко, 1977); “Мінерали України. Краткий справочник”

(отв. ред. Н. П. Щербак, 1990); “Типоморфизм минералов полиметаллических и ртутных месторождений Закарпатья” (Зацеха, Квасница, Галий, Матковский, 1984); “Минералогия Приазовья” (отв. ред. Е. К. Лазаренко, 1981); “Минералы Украинских Карпат. Простые вещества, теллуриды и сульфиды” (гл. ред. Н. П. Щербак, 1990); “Минералы Украинских Карпат. Оксиды, гидроксиды, йодиды и фториды” (гл. ред. Н. П. Щербак, 1995); “Minerals of the Carpathians” (Ed. by S. Szakáll, 2002); “Мінерали Українських Карпат. Силікати” (гол. ред. О. Матковський, 2011); праці, присвячені діаманту: “Мелкие алмазы” (1983); “Типоморфизм алмаза и его минералов-спутников из кимберлитов” (соавт. А. Д. Харьков, А. Ф. Сафронов, Н. Н. Зинчук, 1989); “Кристалломорфология алмазов из кимберлитов” (соавтор З. В. Бартошинский, 1992); “Ударно-метаморфогенные минералы углерода” (соавт. А. А. Вальтер, Г. К. Еременко, Ю. А. Полканов, 1992); “Типоморфизм микрокристаллов алмаза” (соавт. Н. Н. Зинчук, В. И. Коптиль, 1999); науково-популярні видання: “Природные кристаллы Украины” (соавт. В. И. Павлишин, О. И. Матковский, 1990); “Многоликий алмаз” (соавт. А. Д. Харьков, Б. С. Панов, 1993); “Природа алмаза” (соавт. А. Д. Харьков, Н. Н. Зинчук, 1994); “Самородное золото Украины” (співавтор І. К. Латиш, 1996).



Віктор Квасниця (четвертий праворуч) серед випускників геологічного факультету 1969 р. на кафедрі мінералогії, грудень 2007 р.

Організаторська діяльність В. Квасниці особливо активізувалася після обрання його президентом УМТ на Шостому з'їзді товариства (2001). За його президентства відбулося три з'їзди УМТ – Сьомий (2006), Восьмий (2011) і Дев'ятий (2017), які фактично стали підсумковими науковими форумами, присвяченими актуальним проблемам, здобуткам і перспективам мінералогії в Україні. Усе це детально проаналізовано у звітах В. Квасниці, опублікованих у “Записках Українського мінералогічного товариства” – новому періодичному виданні мінералогічного спрямування, яке було засновано 2004 р. з ініціативи Віктора Миколайовича. Науковець був головним редактором цього журналу до 2017 р. Так само за участю В. Квасниці започатковано випуск тематичних настінних календарів-плакатів зі світлинами мінералів з різних регіонів України, а календар на 2013 р. був присвячений 100-річчю від дня народження акад. Є. Лазаренка; до цієї дати УМТ разом з ДП “Укрпошта” ініціювало випуск поштових конвертів з зображенням Є. Лазаренка.

За часів президентства В. Квасниці тіснішими стали зв'язки УМТ з Австрійським, Польським і Румунським мінералогічними та Словацьким і Угорським геологічними товариствами. У 2012 р. Віктор Миколайович брав участь в організації й проведенні міжнародної наукової конференції “Моделі утворення алмазу і його корінних джерел. Перспективи алмазності Українського щита і суміжних територій”.

Активну діяльність В. Квасниця провадить у межах Карпато-Балканської геологічної асоціації (КБГА). Він член національної комісії КБГА, тривалий час був ученим секретарем постійної Комісії мінералогії і геохімії КБГА, згодом очолив цю Комісію та національну підкомісію мінералогії, брав участь у засіданні Комісії мінералогії і геохімії, яке відбулося 1987 р. в Будапешті (Угорщина). Віктор Миколайович – один з організаторів і учасників першої виставки “Мінерали України” на XV міжнародній виставці-ярмарку мінералів у Мішкольці (Угорщина, 1997). Він підготував і опублікував угорською мовою буклет про мінерали України, який вручали всім учасникам виставки-ярмарку, в університеті Мішкольца виступив з доповіддю про самородне золото України.

Віктор Квасниця – член редакційних колегій “Мінералогічного журналу” і “Мінералогічного збірника”, член спеціалізованої вченої ради з захисту докторських і кандидатських дисертацій в ІГМР імені М. П. Семененка НАН України. За його керівництва захищено шість кандидатських дисертацій, що стало підставою для присвоєння йому вченого звання професора.

Наукові та організаційні здобутки В. Квасниці високо оцінила геологічна громадськість. У 1983 р. його нагороджено медаллю “У пам'ять 1500-річчя Києва”. У 1992 р. за науково-популярну книгу “Природные кристаллы Украины” він удостоєний диплома Всесоюзного мінералогічного товариства (за найкращу науково-популярну книгу 1990 р.). Його нагороджено знаком Міністерства освіти і науки України “За наукові досягнення” (2008), почесною грамотою Президії НАН України за багаторічну плідну наукову, науково-організаторську і громадську діяльність, підготовку наукових кадрів та вагомі творчі здобутки (2011), медаллю імені академіка Є. К. Лазаренка “За внесок у мінералогію” та нагрудним знаком НАН України “За професійні здобутки” (2012). У 2016 р. він удостоєний почесного звання “Заслужений діяч науки і техніки України”, 2017 р. його обрано почесним президентом УМТ, 2018 р. – нагороджено Почесною ювілейною грамотою Президії НАН України.

У Віктора Миколайовича чудова родина. Разом з дружиною Тамарою Шемякіною, теж випускницею геологічного факультету Львівського університету, вони гідно виховали двох доньок. Зокрема, Ірина Квасниця пішла шляхом батька – стала кандидатом геологічних наук, доцентом кафедри мінералогії, петрографії і геохімії Інституту геології Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

Редакційна колегія “Мінералогічного збірника”, колеги і друзі щиро вітають Віктора Миколайовича з ювілеєм, зичать йому міцного здоров'я, мирного неба, здійснення всіх планів і задумів.

*Орест Матковський, Сергій Бекеша, Євгенія Сливко,
редколегія “Мінералогічного збірника”*

МИКОЛИ МИКОЛАЙОВИЧУ ПАВЛУНЮ – 70!

Вісімнадцятого грудня 2022 р. виповнюється 70 років з дня уродин Миколи Миколайовича Павлуня – доктора геологічних наук, професора, декана геологічного факультету Львівського національного університету імені Івана Франка, академіка АН вищої школи України.

Народився Микола Павлунь 18 грудня 1952 р. у славному м. Берестечко на Волині. Тут минули його дитячі й юнацькі роки, тут він закінчив Берестецьку середню школу, де брав активну участь у художній самодіяльності і спортивних змаганнях. Після відмінного закінчення школи 1970 р. вступив до Львівського державного університету імені Івана Франка на геологічний факультет і навчався за спеціальністю “Геологічне знімання і розвідка родовищ корисних копалин”. Під час навчання проходив виробничі практики на Тянь-Шані й у Східному Забайкаллі. Микола навчався наполегливо й успішно, уже на третьому курсі був нагороджений пам’ятним знаком за відмінне навчання. У 1975 р. захистив на “відмінно” дипломний проект з геологічного знімання і розшуків родовищ золота у верхів’ях р. Амазар – допливу Амура (Східне Забайкалля).

Після закінчення університету молодого фахівця М. Павлуня скерували на роботу в одну з наукових груп науково-дослідного сектору університету, яка на госпдоговірних засадах провадила дослідження унікальних молібден-вольфрамових родовищ у Центральному Казахстані. Микола Миколайович працював на посаді інженера-геолога й під керівництвом канд. геол.-мін. наук Ю. Дорошенка брав участь у польовому топомінералогічному картуванні й детальних мінералого-термобарогеохімічних дослідженнях молібден-вольфрамових родовищ грейзенової групи (Акчатау, Караоба, Коктен-Коль та ін.). Роботу в цьому напрямі молодий науковець продовжив під час навчання в аспірантурі (1978–1981) на кафедрі методів розшуків і розвідки родовищ корисних копалин під керівництвом проф. Є. Лазька. І вже 1981 р. успішно захистив кандидатську дисертацію на тему “Особенности генезиса Акчатауского вольфрамового месторождения в Центральном Казахстане (по включением в минералах)”.

З 1982 р. М. Павлунь розпочав педагогічну діяльність – його обрано за конкурсом на посаду асистента, а 1986 р. – доцента кафедри методів розшуків і розвідки корисних копалин. Він читав такі курси і спецкурси, як “Основи термобарогеохімії”, “Геологія корисних копалин”, “Методи вивчення родовищ і прикладна термобарогеохімія”, “Економіка планування і організація геологорозвідувальних робіт”, “Економіка мінеральної сировини”, керував дипломними роботами і студентськими виробничими практиками. У 2003 р. М. Павлунь захистив докторську дисертацію на тему “Фізико-хімічні умови і зональність розвитку молібден-вольфрамових та золоторудних формацій (за результатами термобарогеохімічних досліджень)”, а 2005 р. йому присвоєно вчене звання професора. У цьому статусі він викладає низку фундаментальних дисциплін за напрямом “Геологія” – “Розшуки і розвідка родовищ корисних копалин”, “Металогенія”, “Ендогенні рудні формації”, “Економічна геологія”, “Вища школа України і Болонський процес”.

Активну науково-організаційну діяльність М. Павлунь розпочав 1991 р., коли став першим заступником проректора з наукової роботи і начальником науково-дослідної частини Львівського університету; протягом 1992–1998 рр. був проректором з наукової



М. Павлунь у маршруті.
Бет-Пак-Дала (Голодний Степ),
Центральний Казахстан, 1979.



Керівники навчальної бурової практики М. Павлунь
та М. Головченко в околицях Львова, 1986.

роботи. У 1996 р. його обрано за конкурсом на посаду завідувача кафедри корисних копалин і геоєкології (згодом кафедра геології корисних копалин), яку він очолював до 2016 р. З 2004 р. до нині Микола Миколайович є деканом геологічного факультету.

Надзвичайно багатогранною і різноманітною є науково-дослідна робота М. Павлуна, яка тісно пов'язана з навчально-методичною й організаторською діяльністю. Він провадить дослідження з ендегенного рудогенезу, прогнозування зруденіння, розшуків і розвідки родовищ корисних копалин, термобарогеохімії, методології й історії науки. Результати висвітлені в понад 300 публікаціях, серед яких три монографії, три довідково-інформаційні видання, чотири підручники, два навчальні посібники, низка навчально-методичних розробок.

Микола Павлунь є гідним представником офіційно затвердженої в університеті наукової термобарогеохімічної школи професора Миколи Єрмакова. Дослідження він розпочав уже з перших років праці в університеті – спочатку в проблемній науково-дослідній лабораторії, а згодом – у лабораторії прикладної термобарогеохімії (ТБГХ). Вони були пов'язані з вивченням молібден-вольфрамових родовищ грейзенової групи в Центральному Казахстані. Зокрема, за включеннями в мінералах досліджено фізико-хімічні особливості генезису молібден-вольфрамового родовища Акчатау, хімічний склад і його еволюцію в процесі формування рідкіснометалевих руд родовища, термобарогеохімічну зональність і стадійність мінералоутворення. Також вивчено фізико-хімічні умови мінералоутворення в межах Верхньокайрактинського вольфрамів-шеєлітового штокверку, розроблено термобарогеохімічні розшуково-оцінні критерії молібден-вольфрамового грейзенового зруденіння. Для топазу родовища Аксай визначено кристаломорфологічні особливості, температуру утворення, зв'язок еволюції морфології кристалів зі зміною умов їхньої кристалізації; також досліджено кристаломорфологічний ряд і деякі типоморфні особливості топазу родовища Акчатау.

З 1982 р. Микола Миколайович розпочав дослідження золоторудних родовищ Цілинноградського рудного району Казахстану, а протягом 1984–1990 рр. очолював науково-дослідну групу з ТБГХ вивчення золоторудних родовищ Узбекистану. Виявлені особливості розвитку фізико-хімічних процесів рудоутворення та корелятивно важливі геохімічні, мінералого-фізичні й ізотопно-геохімічні ознаки золотого зруденіння засвідчи-

ли, що золоторудні родовища Бельтау-Курамінського крайового вулканічно-плутонічного поясу в Східному Узбекистані суттєво відрізняються від типових малоглибинних утворень (золото-срібна формація) і наближаються до плутоно-вулканічних утворень середніх глибин. Разом з колегами виконано важливі експериментальні дослідження з удосконалення методології мас-спектрометричного вивчення складу газів флюїдних включень і з'ясовано чинники, які впливають на результати аналізу, зокрема, запропоновано технологічні кроки з усунення негативного впливу здебільшого генетичних властивостей і розміру включень на якість діагностики капсульованих газів (Павлунь, Костенко, Костин, 1986).

Зі здобуттям Україною незалежності М. Павлунь разом з колегами по кафедрі активно долучився до вивчення нетрадиційних для України і недостатньо вивчених золоторудних родовищ. Результати робіт висвітлено в уже згаданій докторській дисертації, сотнях наукових статей і трьох монографіях: “Термобарогеохімія золота: прогнозування, пошуки і оцінка оруденення” (Ляхов, Павлунь, Пизнюр, Попивняк, 1995), “Геолого-генетична типізація золоторудних родовищ України” (Бобров, Сіворонов, Ляхов, Павлунь та ін., 2004), “Термобарогеохімія в Україні” (Матковський, Наумко, Павлунь, Сливко, 2019).

У першій монографії, яка має прикладне спрямування, викладені тогочасні уявлення про фізико-хімічні умови утворення родовищ золота, проаналізовано питання ТБГХ опробування й моделювання процесів, які зумовлюють формування родовищ золота на різних глибинах, запропоновано розшуково-оцінні критерії золотого зруденіння в недоступних для безпосереднього спостереження місцях. У другій монографії зроблено першу спробу геолого-генетичної типізації золотого зруденіння України на підставі комплексних геологічних, мінералого-геохімічних, термобарогеохімічних і формаційно-генетичних досліджень. Уперше вирізняє шість природно різних генотипних родовищ золота Українського щита і його фанерозойського облямування, які належать до плутоногенно-, вулканогенно- та метаморфогенно-гідротермальних утворень. Виділено допродуктивні, продуктивні і післяпродуктивні мінеральні комплекси й типові для них асоціації, проаналізовано послідовність формування рудних мінералів та особливості флюїдного режиму рудного процесу.

Важливою є публікація М. Павлуна “Про метаморфогенно-гідротермальну природу родовищ золоторудних формацій Українського щита” (2015), у якій проаналізовано особливості фізико-хімічного перебігу процесів формування золоторудних родовищ щита на підставі реконструкції ТБГХ ознак і параметрів флюїдного режиму мінералоутворення. Визначено метаморфогенно-гідротермальну природу зруденіння, наведено схеми стадійності й термодинамічного режиму формування родовищ Балка Широка і Майське.

М. Павлунь є співавтором трьох інформаційно-довідкових видань: “Геологічний факультет Львівського національного університету імені Івана Франка (1945–2005)” (2005), “Геологічний факультет Львівського національного університету імені Івана Франка (1945–2010)” (2010) і “Геологічному факультету Львівського університету імені Івана Франка 75 років” (2020), чотирьох підручників: “Основи вчення про геологічні формації” (Паранько, Сіворонов, Павлунь, Бобров, 2010), “Геологія корисних копалин. Ч. 1. Рудогенез” (Ляхов, Павлунь, Ціхонь, 2012), “Розшуки і розвідка корисних копалин” (Луцьков, Павлунь, 2013), “Геологія корисних копалин. Ч. 2. Екzogенні та метаморфогенні процеси рудоутворення” (Павлунь, Гайовський, 2018) і двох навчальних посібників: “Ринок банківських металів” (Павлунь, Реверчук, Чиж, 2012), “Гіпогенна зональ-



М. Павлунь презентує книгу “Геологічний факультет Львівського національного університету імені Івана Франка (1945–2005)”, 2 квітня 2009 р.



М. Павлунь головує на засіданні спеціалізованої вченої ради геологічного факультету, 2005.

ність постмагматичного (пневматолітово-гідротермального) зруденіння” (Павлунь, Гайовський, 2021). Підготовлено й опубліковано понад 20 навчально-методичних розробок з різних курсів і спецкурсів.

Микола Миколайович тривалий час очолював Львівське геологічне товариство, в Інституті геології та мінералогії золота, кольорових металів і алмазів України керував відділом прогнозування оцінки мінеральної сировини та екологічної геології, брав участь в організації й діяльності Львівського відділення Академії наук вищої школи України, був головою, співголовою або членом оргкомітету низки наукових форумів різного рівня, що їх проводив геологічний факультет (періодичні наукові читання імені академіка Євгена Лазаренка, щорічні всеукраїнські наукові конференції “Проблеми геології фанерозою України”, наукові конференції “Стан і перспективи сучасної геологічної освіти та науки”, “Фундаментальне значення і прикладна роль геологічної освіти і науки”, “Екологічні проблеми надрокористування. Наука, освіта, практика” та ін.).

Микола Павлунь провадив наукове керівництво аспірантами (трьох з них захистили кандидатські дисертації), очолював спеціалізовану вчену раду з захисту докторських і кандидатських дисертацій, був головним редактором “Вісника Львівського університету. Серія геологічна” і заступником головного редактора “Мінералогічного збірника”. Микола Миколайович – заступник голови Західного наукового центру та член редколегії журналу “Обрії науки” Академії наук вищої школи України, член комісії з делімітації кордонів МЗС України (обґрунтував з геологічних позицій приналежність острова Зміїний до України), член науково-методичної підкомісії МОН України “Науки про Землю” та експерт наукової комісії МОН України “Науки про Землю”.

За деканства М. Павлуна значно поліпилися всеукраїнські й міжнародні зв'язки геологічного факультету. Зокрема, активнішою стала співпраця з Ягелонським університетом (Краків), геологічним факультетом Варшавського університету; підписано угоду про співпрацю між ЛНУ імені Івана Франка та Краківським науково-технічним університетом імені С. Сташица (Academia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Stacziwa w Krakowie, AGN), а також між геологічним факультетом нашого університету й факультетом геології, геофізики і охорони довкілля AGN. Декан докладав багато зусиль для поліпшення життєдіяльності факультету, зростання його престижу й популярності. З його ініціативи і за фінансової підтримки ректорату на факультеті завершено капіталь-



М. Павлунь на церемонії підписання угоди про співпрацю між ЛНУ імені Івана Франка та Краківським науково-технічним університетом імені С. Сташица, 28.01.2015 р.



Кафедра геології корисних копалин у Музеї рудних формацій, 2016. Зліва направо: завідувач С. Ціхонь, асистенти О. Гайовський, О. Шваєвський, професори М. Павлунь, Г. Яценко, Ю. Ляхов, завідувач музею Л. Сливко.

ний ремонт Мінералогічного музею імені академіка Євгена Лазаренка і Палеонтологічного музею, колекція якого нещодавно набула статус національного надбання України.

Микола Миколайович приділяє прискіпливу увагу Музею рудних формацій, який було створено 1984 р. на кафедрі геології корисних копалин з ініціативи колишнього завідувача кафедри, професора Є. Лазька. В основі експозиції музею – власна колекція Євгена Михайловича взірців гірських порід і руд з родовищ різних рудних формацій України та близького й далекого зарубіжжя. Вірогідно, це єдиний не тільки в Україні, а й у світі музей подібного спрямування. Нині він має статус громадського музею ЛНУ імені Івана Франка. Експозиції музею та його діяльність схарактеризовано у таких працях: *Павлунь М.* Музей рудних формацій – важлива наукова і навчально-дидактична

складова якісної підготовки фахівців-геологів (2014); *Павлунь М., Гайовський О., Сливко Л., Ціхонь С., Шваєвський О., Рева Т.* Музей рудних формацій – єдине у Європі науково-дидактичне зібрання штуфів руд металевих і неметалевих корисних копалин (Ч. 1. 2017; Ч. 2, 2018).



Учасники урочистого засідання Вченої ради на честь Дня університету, 11.10.2018 р.
Зліва направо: П. Волошин, А. Богуцький, М. Павлунь.

Микола Павлунь брав участь і виступав з доповідями на наукових форумах різного рівня. Незабутніми були поїздки в Угорщину на XV Міжнародну мінералогічну виставку-ярмарок у Мішкольці (1977), де вперше демонстрували мінерали України, і в Монголію (2010) на запрошення монгольських випускників факультету, під час якої львів'яни ознайомилися з унікальним комплексним золото-мідно-молібденовим родовищем Оюу Толгой (південна частина пустелі Гобі), у відкритті якого брав участь наш випускник Т.-О. Монхбат. Запам'яталася участь у науковій конференції "Такий різний світ мінералогії", присвяченій 100-річчю від дня народження акад. Є. Лазаренка (Київ, 2012), яка завершилася екскурсією в Музей коштовного і декоративного каміння (сmt Хорошів Житомирської обл.) та на Корнинське родовище граніту. Микола Миколайович брав участь у щорічній міжнародній науково-практичній конференції "Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування" (Трускавець, 2017, 2019; Київ, 2018) та науковій конференції "Геологія і корисні копалини України", присвяченій 100-річчю ювілею НАН України та Державної геологічної служби та надр України (Київ, 2018).

Активну наукову-педагогічну й організаторську діяльність М. Павлуня високо оцінено на державному рівні й геологічною громадськістю. Указом президента України йому присвоєно звання "Заслужений працівник освіти України", у 2018 р. визнано кращим науковцем Львівщини, а 2020 р. обрано дійсним членом НТШ. За успіхи в дослідженні надр і нарощуванні мінерально-сировинної бази України він отримав галузеві нагороди – пам'ятний знак А. І. Лутугіна "За заслуги в розвідці надр" та медаль В. І. Луцицького. За підготовку національних кадрів-геологів для Монголії президент цієї держави нагородив М. Павлуня та інших викладачів факультету ювілейною медаллю "800 років Великої Монголії" (2011).

Микола Миколайович – добра, проста, доступна людина. Його люблять і поважають на факультеті й в університеті. Він завжди веселий, усміхнений, любить жартувати, розповідати цікаві, часто фантастичні історії. З ним приємно спілкуватись і подорожувати. Він хороший сім'янин: його дружина Валентина – економіст за фахом, нині на заслуженому відпочинку, син Андрій – фахівець з міжнародної економіки й бізнесу, успішний німецько-український бізнесмен, невістка Людмила – юрист, улюблений онук Максим завершує бакалаврат за спеціальністю “Міжнародне право” на факультеті міжнародних відносин.

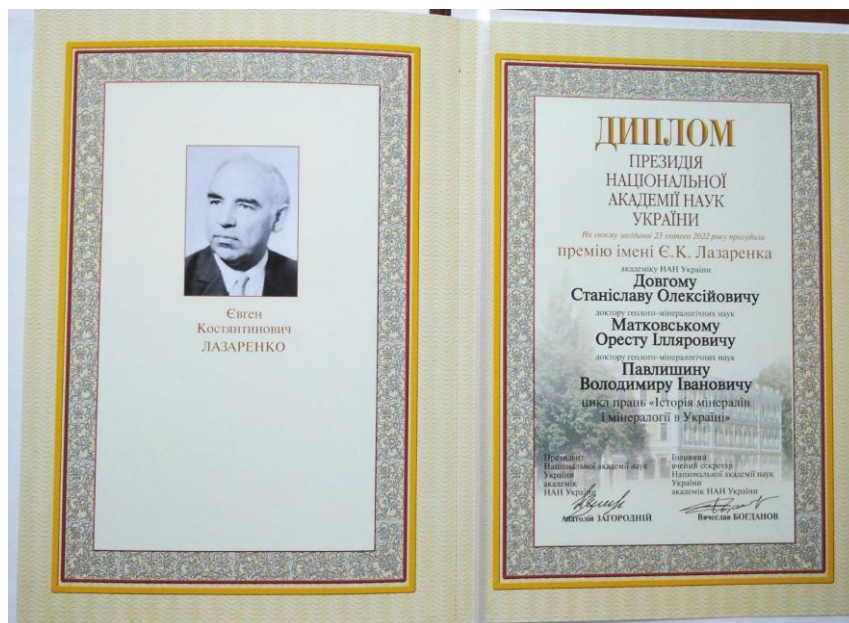
Своє 70-ліття Микола Павлунь зустрічає у розквіті творчих сил та енергії, сповнений різноманітних задумів і планів. Колектив геологічного факультету, редколегія “Мінералогічного збірника”, колеги і друзі щиро й сердечно вітають Миколу Миколайовича зі славним ювілеєм, зичать міцного здоров'я, довголіття і мирного неба. З роси і води, ювіляре!

*Орест Матковський, Ігор Наумко, Євгенія Сливко,
Сергій Ціхонь, редколегія “Мінералогічного збірника”*

ПЕРША ПРЕМІЯ ІМЕНІ Є. К. ЛАЗАРЕНКА НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ

Тринадцятого вересня 2021 р. Національна академія наук України оголосила конкурс на здобуття премій імені видатних учених України з метою відзначення вчених, які опублікували найкращі наукові праці, зробили винаходи і відкриття, що мають важливе значення для розвитку науки й економіки України. Серед 26 запроваджених премій – премія імені Є. К. Лазаренка за видатні результати в галузі мінералогії, кристалографії і петрографії (Відділення наук про Землю НАН України).

Двадцять третього лютого 2022 р. Президія НАН України присудила першу премію імені Є. К. Лазаренка академіку Станіславу Олексійовичу Довгому і докторам геолого-мінералогічних наук, професорам Оресту Ілляровичу Матковському та Володимирі Івановичу Павлишину за цикл праць «Історія мінералів і мінералогії в Україні». Премію вручено 14 травня 2022 р. на загальних зборах НАН України.



Премію присуджено за такі три книги.

1. Павлишин В. І., Матковський О. І., Довгий С. О. Генезис мінералів : підручник. 3-є вид. Київ, 2021. 676 с.

У книзі на сучасному рівні розглянуто вчення про генезис мінералів. Ґрунтовно висвітлено зародження, ріст, перетворення (руйнацію) мінеральних індивідів і агрегатів, способи їхнього утворення, а також геологічні процеси мінералоутворення: магматичний, пегматитовий, післямагматичний (пневматолітово-гідротермальний і метасоматичний), гіпергенний і осадовий, метаморфічний. Наведено нарис історії розвитку генетич-

ної мінералогії, відомості про типоморфізм мінералів і фації мінералів. Схарактеризовано методи дослідження генезису мінералів та фізико-хімічні засади мінералоутворення.

2. *Павлишин В., Матковський О., Довгий С.* Здобутки мінералогії в Україні. До 100-річчя геологічної служби України та Національної академії наук України. Київ : Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2018. 146 с.

Книгу присвячено історії розвитку мінералогічних знань з часу створення 1918 р. двох доленосних інституцій – геологічної служби України та Національної академії наук України. Висвітлено роль двох очільників цих установ – В. Лучицького та В. Вернадського, а також інших учених. Стисло проаналізовано основні досягнення вчених України у регіональній, систематичній та генетичній мінералогії, кристалохімії й фізиці мінералів, мінералогічній кристалографії, біо- та наномінералогії, експериментальній, космічній та прикладній мінералогії, музейній справі. Окремий розділ присвячено науковим мінералогічним школам: мінералогічній академіка Євгена Лазаренка, кристалохімічній академіка Олександра Поваренних, термобарогеохімічній професора Миколи Єрмакова, фізики мінералів професорів Івана Матяша, Олексія Платонова, Аркадія Таращана.

3. *Павлишин В., Матковський О., Довгий С.* Історія мінералогії в Україні. Від глибокої давнини до 90-х років ХХ ст. Київ : Master-print, 2019. 464 с.

У книзі схарактеризовано такі періоди історії мінералогії в Україні: передісторія мінералогії, мінералогічні знання в стародавні часи та в Київській Русі (до ХІІІ ст.); зародження мінералогії, переважно експедиційний період комплексного дослідження території України (ХVІІІ ст.); становлення і розвиток мінералогії, університетський період описової мінералогії (ХІХ ст.–1940-ві роки); усебічний розвиток мінералогії (“золотий вік”), пов’язаний з діяльністю Української академії наук, Українського геологічного комітету, появою видатних учених, наукових шкіл та інших чинників (1940–1990-ті роки).

ЗМІСТ

<i>Орест Матковський, Євгенія Сливко</i> ЛАЗАРЕНКІВСЬКИЙ ПЕРІОД РОЗВИТКУ МІНЕРАЛОГІЇ В УКРАЇНІ	5
<i>Володимир Павлишин</i> НАЙБІЛЬШ ПЛІДНИЙ КИЇВСЬКИЙ ПЕРІОД ТВОРЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ АКАДЕМІКА ЄВГЕНА ЛАЗАРЕНКА В ГАЛУЗІ МІНЕРАЛОГІЇ	23
<i>Ганна Кульчицька, Дарія Черниш, Лариса Сетая</i> ВІД “МІНЕРАЛОГІЧНОГО СЛОВНИКА” ДО “УКРАЇНСЬКОЇ НОМЕНКЛАТУРИ МІНЕРАЛІВ”	37
<i>Віктор Квасниця</i> ОСОБЛИВОСТІ МЕТАМОРФІЧНИХ ДІАМАНТІВ	45
<i>Дмитро Возняк</i> НЕЗВИЧНІ ПЕРВИННІ ВКЛЮЧЕННЯ CO ₂ -ФЛЮЇДУ І ВОДНОГО РОЗЧИНУ В КВАРЦІ КАМЕРНИХ ПЕГМАТИТІВ ВОЛИНИ (ГЕНЕТИЧНІ АСПЕКТИ)	64
<i>Nataliia Bilyk, Iryna Poberezhska, Leonid Skakun, Yevheniia Slyvko</i> PECULIARITIES OF THE COMPOSITION AND THERMODYNAMIC CONDITIONS OF FORMATION OF ENDERBITES OF THE HAIVORONSKYI COMPLEX (SOUTH-WESTERN PART OF THE UKRAINIAN SHIELD)	72
<i>Василь Дяків, Ельвіра Джумеля, Мирослав Ковальчук, Володимир Мокрий, Ігор Петрушка</i> МІНЕРАЛЬНИЙ СКЛАД, ГЕОХІМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ І ВПЛИВ НА ДОВКІЛЛЯ ВІДВАЛУ ФОСФОГІПСУ НОВОРОЗДІЛЬСЬКОГО ЗАВОДУ СКЛАДНИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ (ЛЬВІВСЬКА ОБЛ.)	93
МІНЕРАЛОГІЧНІ НОТАТКИ	
<i>Олександр Костюк</i> ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ РІЗНОВІКОВИХ ГЕНЕРАЦІЙ КВАРЦУ ЗОЛОТО-ПОЛІМЕТАЛЕВОГО РУДОПРОЯВУ “РАХІВСЬКИЙ”	107
ІСТОРІЯ НАУКИ	
<i>Орест Матковський, Ірина Побережська, Євгенія Сливко</i> СІМДЕСЯТ П’ЯТЬ РОКІВ “МІНЕРАЛОГІЧНОМУ ЗБІРНИКУ”	113
<i>Мирослав Братусь, Ігор Зінчук, Ігор Наумко, Йосип Сворень</i> ДО СТОРІЧЧЯ ВІД ДНЯ НАРОДЖЕННЯ ВОЛОДИМИРА АНТОНОВИЧА КАЛЮЖНОГО	124

ХРОНІКА

<i>Орест Матковський, Сергій Бекеша, Євгенія Сливко</i> ВІКТОР МИКОЛАЙОВИЧ КВАСНИЦЯ – ЛІДЕР МІНЕРАЛОГІЧНОЇ КРИСТАЛОГРАФІЇ В УКРАЇНІ (ДО 80-РІЧЧЯ ВІД ДНЯ НАРОДЖЕННЯ)	132
<i>Орест Матковський, Ігор Наушко, Євгенія Сливко, Сергій Ціхонь</i> МИКОЛІ МИКОЛАЙОВИЧУ ПАВЛУНЮ – 70!	137
ПЕРША ПРЕМІЯ ІМЕНІ С. К. ЛАЗАРЕНКА НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ	144