

ISSN 2078-6220

**МІНЕРАЛОГІЧНИЙ
ЗБІРНИК**

№ 67

Випуск 1

2017

**MINERALOGICAL
REVIEW**

N 67

Issue 1

Published since 1947

**МІНЕРАЛОГІЧНИЙ
ЗБІРНИК**

№ 67

Випуск 1

Виходить з 1947 р.

**Ivan Franko
National University of Lviv**

**Львівський національний
університет імені Івана Франка**

2017

Друкується за ухвалою Вченої Ради
Львівського національного університету
імені Івана Франка
(протокол № 38/6
від 27.06.2017 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.)

У збірнику опубліковано статті мінералогічного і термобарогеохімічного спрямування. Висвітлено окремі аспекти алмазонасності й металонасності різноманітних геологічних утворень України та інших регіонів. Наведено також розділи “Дискусії, критика, бібліографія”, “Хроніка” та “Втрати науки”.

The articles of mineralogical and thermobarogeochemical trend are published in the Review. Some questions are raised regarding the search for diamonds and gold in different rocks of Ukraine and other regions. See also the sections “Discussion, Critique and Bibliography”, “Chronicle” and “Losses of Science”.

Редакційна колегія:

д-р геол.-мін. наук, проф. *О. Матковський* – головний редактор; д-р геол. наук, проф. *М. Павлунь* – заступник головного редактора; канд. геол.-мін. наук, доц. *Є. Сливко* – відповідальний секретар; канд. геол.-мін. наук, доц. *С. Бекеша*; канд. геол.-мін. наук, доц. *П. Білоніжка*; д-р геол.-мін. наук, ст. наук. співроб. *В. Гулій*; д-р геол.-мін. наук, проф. *В. Євтехов*; д-р природничих наук, доц. *С. Єлень* (Словаччина); д-р геол. наук, проф. *Ф. Зузук*; д-р геол.-мін. наук, проф. *В. Квасниця*; д-р геол. наук, проф. *М. Ковальчук*; д-р геол. наук, ст. наук. співроб. *Ю. Колтун*; д-р геол.-мін. наук, проф. *Ю. Ляхов*; д-р геол. наук, проф. *В. Мельничук*; д-р геол. наук, ст. наук. співроб. *І. Наумко*; д-р геол.-мін. наук, проф. *В. Павлишин*; габілітований д-р, проф. *Я. Пришек* (Польща); канд. геол.-мін. наук, доц. *Л. Скакун*; д-р геології, проф. *Х. Стейн* (США); д-р геол. наук, доц. *Ю. Федоршин*; д-р геол. наук, проф. *О. Ченіжко*; д-р геол.-мін. наук, ст. наук. співроб. *Г. Яценко*.

Dr. Geol.-Min. Sci., Professor *O. Matkovskyi* – Editor-in-Chief

Dr. Geol. Sci., Professor *M. Pavlun* – Assistant Editor

Ph. D. Geol.-Min. Sci., Assistant Professor *Ye. Slyvko* – Managing Editor

Відповідальний за випуск *О. Матковський*

Адреса редколегії:

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

Editorial office address:

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

E-mail: emslivko@i.ua; slivko.evgenia@gmail.com

Редактор *О. КУЗИК*

Комп'ютерна верстка *Є. СЛИВКО*

АДРЕСА РЕДАКЦІЇ, ВИДАВЦІ І ВИГОТОВЛЮВАЧА:

Львівський національний університет
імені Івана Франка,
вул. Університетська, 1, 79000 Львів, Україна.
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 120 прим. Зам.

© Львівський національний університет
імені Івана Франка, 2017

УДК [001:061.91:548.4:550.4:549]+001-057.4(477)

ТЕРМОБАРОГЕОХІМІЧНА ШКОЛА ПРОФЕСОРА МИКОЛИ ЄРМАКОВА ТА ЇЇ ВНЕСОК У РОЗВИТОК ГЕНЕТИЧНОЇ МІНЕРАЛОГІЇ Й УЧЕННЯ ПРО РОДОВИЩА КОРИСНИХ КОПАЛИН

О. Матковський¹, І. Наумко², М. Павлунь¹

¹Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, 79005 м. Львів, Україна
E-mail: mineral@franko.lviv.ua

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

Стисло проаналізовано зародження й розвиток термобарогеохімічної школи професора Миколи Єрмакова, її внесок у генетичну мінералогію та вчення про родовища корисних копалин. Узагальнено матеріали зі становлення й розвитку вчення про мінералоутворювальні флюїди (термобарогеохімія, мінералофлюїдологія, fluid inclusions research). Це вчення започаткував М. Єрмаков на підставі результатів дослідження включень у мінералах наприкінці 1940–на початку 1950-х років. Завдяки підтримці майбутніх академіків В. Соболева та Є. Лазаренка проф. М. Єрмаков, його учні й колеги (Є. Вульчин, Ю. Долгов, В. Калюжний, Л. Колтун, В. Лесняк, Н. М'язь, А. Пізнюр, Р. Сухорський) у Львові заклали підґрунтя фактично нової галузі геологічних знань. Згодом наукові осередки з вивчення включень у мінералах з'явилися в різних регіонах колишнього СРСР (Київ, Москва, Ленінград (Санкт-Петербург), Новосибірськ, Улан-Уде, Владивосток, Ростов-на-Дону, Алма-Ата (Алмати) та ін.) і за кордоном. В Україні термобарогеохімічні дослідження провадили головню у Львівському університеті (Ю. Ляхов, І. Попівняк, М. Павлунь та ін.), Інституті геології і геохімії горючих копалин НАН України у Львові (В. Калюжний, О. Петриченко, В. Ковалевич, І. Наумко та ін.) й Інституті геохімії, мінералогії та рудоутворення імені акад. М. П. Семененка у Києві (Д. Возняк, Г. Кульчицька, В. Павлишин та ін.).

З'ясовано, що включення в мінералах – це унікальне джерело кількісної генетичної інформації про параметри тривалого і складного процесу мінералогенезу в різних геофлюїдодинамічних ситуаціях літосфери. За результатами комплексного прецизійного вивчення флюїдних включень у мінералах визначено геохімічні й термобаричні характеристики флюїдного середовища кристалізації мінералів та їхніх парагенетичних асоціацій у гірських породах і рудах магматичного, пегматитового, гідротермального й іншого генезису. Доведено (та в багатьох аспектах реалізовано) можливість прикладного використання термобарогеохімічних досліджень у практиці прогнозно-розшукових, геологорозвідувальних та експлуатаційних робіт.

Ключові слова: Микола Єрмаков, термобарогеохімічна школа, термобарогеохімія, включення в мінералах, флюїд, мінералоутворювальне середовище, історія науки, Львівський університет.

Усесвітньовідома термобарогеохімічна школа проф. Миколи Єрмакова зародилася на геологічному факультеті Львівського університету наприкінці 1940–на початку 1950-х років; її офіційно затверджено Міністерством освіти і науки України. Основи школи закладено за результатами дослідження включень у мінералах, що їх розпочато за керівництва й безпосередньої участі М. Єрмакова на кафедрі загальної геології, яку він очолював*. Миколі Порфировичу належить ініціатива назви нового напрямку геолого-мінералогічної науки – *термобарогеохімія* (ТБГХ), яку офіційно затверджено 1970 р. на Другій міжнародній нараді Комісії з рудоутворювальних флюїдів у включеннях (Токіо, Японія). Ця назва “виборола” першість у альтернативній назви *термодинамічна геохімія*. Зазначимо, що спочатку М. Єрмаков називав цю галузь знань *ученням про мінералоутворювальне середовище* (1957), пізніше її називали *мінералогічна термометрія і барометрія за включеннями в мінералах*, а В. Калюжний запропонував назву *мінералофлюїдологія* (1978–1982), яка, однак, офіційного статусу не отримала.

У зародженні ТБГХ-школи важливу роль відіграли такі події:

– створення М. Єрмаковим першої у світі спеціалізованої лабораторії для дослідження включень і залучення до проведення цих досліджень перших випускників геологічного факультету (рис. 1, 2);



Рис. 1. Перша у Радянському Союзі група дослідників включень (Львівський університет, 1951). Зліва направо сидять: М. Єрмаков, Н. М’язь, А. Пізнюк, стоять: В. Калюжний, Л. Колтун, Ю. Долгов, С. Лазько, В. Лесняк [17].

– конструювання нових приладів, удосконалення апаратури для нагрівання включень у повітряному середовищі (камера М. Єрмакова) і в контакті з металом (камера В. Калюжного), створення і застосування автоматичного термозвукореєстратора (Ю. Долгов), розроблення способів і приладдя для ультрамікроскопічних визначень складу й концентрації розчинів окремих включень (В. Калюжний);

*Протягом 1945–1952 рр. М. Єрмаков був і деканом геологічного факультету.



Рис. 2. Підготовка зрізів і пластинок для термобарогеохімічних досліджень, 1952.
Зліва направо: Н. М'язь, В. Калюжний, М. Єрмаков.

– підтримка цих досліджень професорами Є. Лазаренком (тоді декан геологічного факультету і завідувач кафедри мінералогії) та В. Соболевим (тоді завідувач кафедри петрографії);

– перші публікації М. Єрмаковим результатів власних досліджень та глибокий аналіз досліджень попередників. Ці матеріали викладено у праці “Критерии познания генезиса минералов и среда рудообразования” (1949), яка закріпила пріоритет досліджень ученого (такі дослідження М. Єрмаков розпочав ще у воєнні роки на памірських родовищах оптичного флюориту), а також у фундаментальній монографії “Исследования минералообразующих растворов (температуры и агрегатное состояние)” (1950), за яку він був удостоєний Державної премії СРСР і яку високо оцінили провідні вітчизняні й зарубіжні вчені (рис. 3);

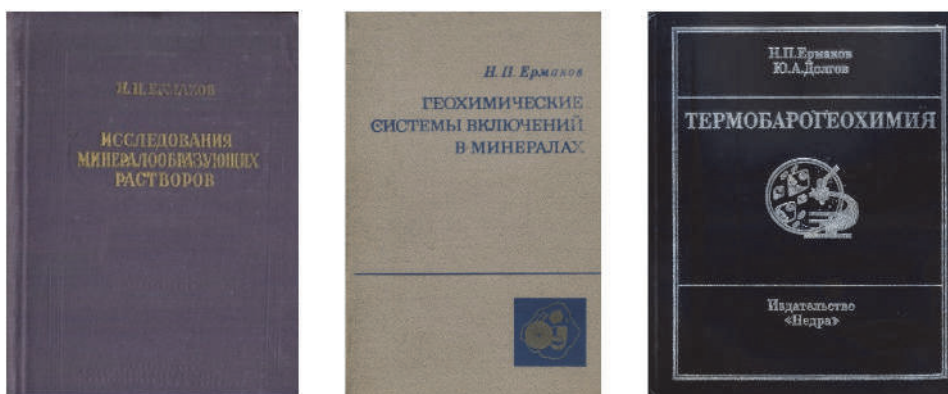


Рис. 3. Наукові праці Миколи Єрмакова.

– захисти дисертацій з ТБГХ-тематики: докторської М. Єрмакова “Исследования температуры и агрегатного состояния минералообразующих растворов” (1950) і кандидатських – В. Лесняка “Выявление генезиса некоторых месторождений Северного Кавказа с помощью термометрического анализа включений в минералах” (1952), Ю. Долгова “Опыт применения термозвукового анализа к исследованию геологических объектов” (1953), Є. Вульчина “Материалы к изучению минералообразующих систем” (1953), Л. Колтуна “Опыт генетического исследования некоторых эндогенных месторождений по включениям в минералах” (1953), Р. Сухорського “Температурный режим образования некоторых хрусталеносных месторождений Алдана” (1955), В. Калюжного “Многофазовые включения в минералах (методы изучения состава и отдельные вопросы применения)” (1955), Н. М’язь “Кристаллогенез и структура кварца хрусталеносных жил Казахстана” (1961), А. Пізнюра “Особенности генезиса хрусталеносных кварцевых жил Приполярного Урала и Алдана” (1962).

Результати зазначених досліджень дали науковцям змогу розробити теоретичні й методичні основи ТБГХ та обґрунтувати можливості застосування флюїдних включень для з’ясування термобаричних і геохімічних характеристик флюїдного середовища кристалізації мінералів та їхніх парагенезисів.

Що ж таке включення в мінералі?

За В. Калюжним, включенням можна назвати будь-яку з усіх боків ізольовану в процесі кристалізації ділянку в тілі мінералу, яка має з цим мінералом фазову межу [11]. Підґрунтям такого висновку є загальновідоме визначення М. Єрмакова [6]. Оскільки “в структурному плані включення у мінералі – це простір внутрішнього дефекту кристалічної ґратки (вакансії або сукупності вакансій), заповнений у процесі кристалізації мінералоутворювальною флюїдом або іншою речовиною” [11], то його трактують як анатомічну недосконалість (неоднорідність) кристалів (за В. Павлишиним, 1998).

Визначення терміна *флюїд* є в працях Г. Леммлейна [23], Ф. Сміта [44], В. Калюжного [11], М. Єрмакова, Ю. Долгова [8], Е. Рьоддера [43, 55] та інших науковців. За допомогою цього терміна характеризують основну властивість речовини мінералоутворювального середовища – її найвищу мобільність, максимальну неупорядкованість структури, здатність текти. Це стосується і рідкого або газового стану легколетких компонентів (газовий, водний розчин), і магматичного (силікатного, сольового, карбонатного) розплаву.

Учення про мінералоутворювальні флюїди лише зароджувалося, а вже 1949 р. В. Соболев зазначив таке: “Ключ к окончательному доказательству этих выводов ... лежит, с одной стороны, в изучении критических явлений природных растворов, остатки которых мы имеем в пузырьках, заключённых в минералах, а с другой стороны, связан с разработкой абсолютной температурной градуировки процессов минералообразования, важнейшим методом которой является изучение тех же пузырьков, что детально разобрано в работах Г. Г. Леммлейна и Н. П. Ермакова” [45]. Активно підтримав нову науку і Є. Лазаренко, який зазначив, що саме “при изучении различных закономерностей возникновения, развития и разрушения как отдельных минералов, так и минеральных месторождений важное значение приобретает исследование минералообразующей среды. ... Значительным вкладом в этом отношении являются работы Н. П. Ермакова, намечающие пути к установлению объективных критериев познания процессов минералообразования” [18]. Про це йдеться і в рецензії Є. Лазаренка та Є. Лазька “О книге

Н. П. Ермакова “Исследования минералообразующих растворов (температуры и агрегатное состояние)” [20].

Ще до 1950 р. М. Єрмаков класифікував включення мінералоутворювального середовища за складом і агрегатним станом заповнення вакуоль, а також за відносним часом і способом консервації в них розчинів і розплавів. Окрім обґрунтування раніше не відомих типів і видів гомогенізації включень, важливим було виділення нового класу вірогідно найпоширеніших первинно-вторинних включень, які “самоконсервувалися” в субсингенетичних тріщинах мінералів. Такі включення спочатку трактували як епігенетичні й тому непридатні для генетичних висновків, однак виявилось, що саме вони є найбільш представницьким мікрооб’єктом ТБГХ-досліджень у багатостадійних рудних родовищах різних генетичних класів і з’ясування їхньої природи має прикладне значення. Крім того, Миколі Порфіровичу разом із послідовниками вдалося подолати сумніви щодо високих, надкритичних значень температури гомогенізації ($T_{\text{гом}}$) включень у гідротермальних мінералах (вище 374 °С) і довести їхню відмінність у різних зонах росту кристалів.

У 1952 р. М. Єрмаков переїхав до Москви, де працював на геологічному факультеті Московського державного університету (МДУ) професором кафедри мінералогії, а згодом – кафедри геології і геохімії корисних копалин (очолював кафедру акад. В. Смирнов). Микола Порфірович брав активну участь у створенні унікального музею МДУ – Музею землезнавства, директором якого був багато років. Саме під керівництвом М. Єрмакова створено перший варіант експозиції. Водночас учений продовжував працювати над проблемами термобарогеохімії. З його ініціативи ТБГХ-відділення, що виникли в різних наукових установах колишнього СРСР (Львів, Москва, Ленінград, Новосибірськ, Улан-Уде, Алма-Ата, Ростов-на-Дону), об’єднано в очолювану вченим національну секцію. Започатковано тісні міжнародні наукові зв’язки, зокрема, на 22-й сесії Міжнародного геологічного конгресу в Індії (1964) створено Комісію з вивчення включень у складі Міжнародної асоціації досліджень генезису рудних родовищ. Президентом цієї Комісії до 1974 р. був М. Єрмаков, а віце-президентом – відомий американський геолог-термобарогеохімік Е. Рьоддер. У московський період опубліковано капітальні монографічні узагальнення світового значення з теоретичних, методологічних, генетичних, дидактичних і прикладних питань різноманітних досліджень флюїдних включень у мінералах: “Research on the Nature of Mineral-Forming Solutions” [56], “Геохимические системы включений в минералах” [7] і “Термобарогеохимия” (у співавторстві з Ю. Долговим) [8] (див. рис. 3).

З 1963 р. під егідою М. Єрмакова почали проводити регулярні (спочатку через два, а пізніше – через чотири роки) Всесоюзні та регіональні (республіканські) наради з різних аспектів уже змістовно структурованої ТБГХ (теоретичної, методологічної, аналітичної, генетичної, прикладної) та генетико-геохімічних і петрологічних проблем магматизму, метаморфізму, теорії рудогенезу, седиментології й діагенезу тощо (рис. 4), друкували збірники матеріалів і тез доповідей, складали щорічні бібліографічні покажчики вітчизняної й іноземної літератури, запровадили розділ “Включення” в універсальній десятиковій класифікації (УДК), захищали докторські й кандидатські дисертації, друкували монографії і статті та ін.

Отже, 1960–1970-ті роки знаменувалися становленням термобарогеохімії як галузі знань на стику геохімії й мінералогії [8]. У цьому контексті в передмові до збірника тез доповідей Четвертої регіональної наради з термобарогеохімії процесів мінералоутворення (Ростов-на-Дону, 1973) відповідальний редактор М. Єрмаков зазначив таке:

“Интенсивное развитие стыковых направлений естественных наук, стремление проникнуть в сокровенные механизмы геологических процессов, подойти с “мерой и числом” к характеристике условий формирования эндогенных месторождений обусловили появление новой ветви наук о Земле – **термобарической геохимии**, специфическими объектами изучения которой являются “законсервированные” в минералах частички глубинных рудообразующих флюидов, разнообразные газовые, жидкие или расплавные включения. За последние пять лет, прошедшие со времени III Всесоюзного совещания по минералогической термобарометрии и геохимии глубинных минералообразующих растворов, многими научными коллективами и отдельными исследователями получены новые интересные данные в области изучения включений растворов и расплавов в минералах. Резко возрос интерес геологов в отношении прикладного использования результатов термобарогеохимических исследований в практике поисковых и разведочных наук” [47, с. 3].



Рис. 4. Проф. М. Єрмаков (у центрі) серед львів'ян – делегатів Шостої всесоюзної наради з термобарогеохімії (Владивосток, 1978). Ліворуч: Л. Колтун, А. Пізнюр, Н. М'язь, праворуч – Ю. Дорошенко, І. Попівняк.

У 1975 р. у Львові відбулася республіканська нарада “Углерод и его соединения в эндогенных процессах минералообразования (по данным изучения флюидных включений в минералах)”, матеріали якої опубліковано у вигляді тез доповідей [50] та окремим виданням “Углерод и его соединения в эндогенных процессах минералообразования (по данным изучения флюидных включений в минералах)” [51]. Через десять років у Львові провели чергову Сьому всесоюзну нараду “Термобарометрия и геохимия рудообразующих флюидов (по включениям в минералах)” (рис. 5). Її матеріали теж опубліковано у вигляді тез доповідей (у двох частинах) [49] та у двох збірниках наукових праць: “Минералообразующие флюиды и рудогенез : материалы VII Всесоюзного совещания по термобарометрии и геохимии рудообразующих флюидов” [30] і “Геохимия и термобарометрия эндогенных флюидов” [4].



Рис. 5. Учасники Сьомої всеоюзної наради з термобарометрії і геохімії рудоутворювальних флюїдів (за включеннями в мінералах), Інститут геології і геохімії горючих копалин АН УРСР, м. Львів, 30 вересня–02 жовтня 1985 р. У першому ряді сидять (зліва направо): четвертий – Л. Хетчиков, п'ятий – В. Каложний, шоста – Н. Петровська, сьомий – М. Єрмаков, восьма – Н. М'язь, дев'ятий – Ю. Долгов.

Термобарогеохімічні дослідження в Україні активно провадили не тільки у Львівському університеті, де зародилася ТБГХ, а й у наукових установах Академії наук, головню, в Інституті геології корисних копалин АН УРСР (нині Інститут геології і геохімії горючих копалин (ІГГК) НАН України) у Львові та Інституті геохімії і фізики мінералів АН УРСР (нині Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення (ІГМР) імені М. П. Семененка НАН України) у Києві. У цих інститутах сформувалися надзвичайно продуктивні центри ТБГХ-досліджень.

Стислий аналіз дослідження включень у мінералах в Україні у другій половині ХХ ст. і на межі тисячоліть навів Д. Возняк у статті “Розвиток в Україні вивчення флюїдних включень в мінералах” [1]. У ній висвітлено історію виникнення науково-дослідних центрів і осередків з дослідження включень у мінералах, проаналізовано методи досліджень, описано використовувану апаратуру, наведено стислу інформацію про публікації й авторів понад 50 захищених дисертацій, про підготовку відповідних фахівців та головні геологічні об’єкти вивчення. Розвиткові ТБГХ-досліджень присвячено три статті, що їх опубліковано до 100-літнього ювілею М. Єрмакова: Ляхов Ю., Матковський О., Павлунь М., Сіворонов А. “Професор Микола Порфирівич Єрмаков – теоретик і засновник нової галузі геологічних знань – термобарогеохімії (до 100-річчя від дня народження)” [41] і “Професор Николай Порфирьевич Ермаков – теоретик и основатель нового направления геологической науки – термобарогеохимии (к 100-летию со дня рождения)” [42]; Кульчицька Г., Возняк Д., Черниш Д. “Феномен успіху термобарогеохімії Миколи Єрмакова (до 100-річчя від дня народження)” [17].

Досить ґрунтовний аналіз ТБГХ-досліджень, пов’язаних з проблемами нафтогазонасності Карпатського регіону, наведено у спеціальному розділі фундаментальної колективної монографії “Карпатська нафтогазонасна провінція” – “Флюїдний режим катагенно-гідротермального процесу періоду формування жильної, прожилкової і прожилково-вкрапленої мінералізації в осадових товщах” (автори І. Наушко, М. Братусь, І. Дудок та ін.) [53]. Стислі відомості про ТБГХ-дослідження і школу М. Єрмакова містять також публікації [12, 22, 25, 31, 34, 41, 42, 52 та ін.].

Термобарогеохімічні роботи у Львівському університеті з 60–70-х років ХХ ст. (і до нині) мали головню прикладне спрямування: вони стосувались ендегенного рудоутворення на родовищах кольорових, рідкісних і благородних металів різних генетичних і формаційних типів. Дослідження провадили на кафедрі розшуків і розвідки родовищ корисних копалин (нині кафедра геології корисних копалин), у Забайкальській експедиції, Проблемній науково-дослідній лабораторії геохімії і глибинних тектонічних процесів, лабораторії прикладної термобарогеохімії (єдиної в колишньому СРСР), а протягом останнього десятиліття ХХ ст. – в Інституті геології і металогенії золота, кольорових металів і алмазів України. Роботи очолювали професори Є. Лазько (1964–1991), А. Пізнюр (1991–1996), пізніше – М. Павлунь. У Проблемній лабораторії сконструювали охолоджувальну камеру для виявлення у включеннях рідкого CO₂, удосконалили установку для термозвукового аналізу, розробили методику аналізу хімічного складу водних витяжок з флюїдних включень у мінералах (Мязь, Симків, 1975). Удосконалено методику валового мас-спектрометричного аналізу газового складу флюїдних включень у мінералах 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 (Павлунь, Костенко, Костин, 1986).

Неординарними стали методичні підходи львівської школи ТБГХ і до деяких інших питань визначення фізико-хімічних параметрів процесу мінерало- чи рудоутворення за

включеннями в мінералах. Зокрема, однією з наріжних проблем було визначення тиску за сингенетичними включеннями CO_2 і H_2O та поправок до температури за значеннями тиску, еквівалентними глибині утворення мінеральних парагенезисів (родовищ). На підставі теоретичних уявлень Є. Лазька про генетичні й фазові особливості поширення відповідних пар сингенетичних включень (згідно з бінарною системою $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2$) за різних термобаричних умов, визначивши густину CO_2 за температурою часткової гомогенізації включень CO_2 і дійсною температурою мінералоутворення за включеннями водного розчину, В. Калюжний та Л. Колтун 1953 р. практично визначили тиск мінералоутворення під час формування кварцу з поліметалевих родовищ Нагольного Кряжа в Донбасі, що згодом стало загальною і звичною процедурою. У середині 1960-х років важливе наукове значення мали дві проблемні публікації: Лазаренко Е. К., Лазько Е. М., Пизнюр А. В. “О пневматолитовых процессах, минералах и месторождениях” (1965); Ляхов Ю. В., Лазько Е. М., Пизнюр А. В. “О двойной роли газовой фазы постмагматических растворов в эндогенном минералообразовании” (1965). У цих працях доведено наявність глибинного пневматолізу під час формування мінералів та виявлено подвійну роль газової фази післямагматичних розчинів в ендегенному мінералоутворенні.

У статті Ю. Ляхова “Погрешности при определении давления минералообразования по газовой-жидким включениям с галитом, их причины и пути устранения” (1973) з фізико-хімічного погляду доведено таке: що більша концентрація солей у розчинах включень, то крутіший нахил матимуть ізохори на *PTC*-діаграмі водно-сольових розчинів, а це означає, що навіть за дуже високої температури й концентрації тиск буде нижчий, ніж це уявляли раніше. Учений схарактеризував науково-прикладні й методичні можливості використання так званих ореолів пропарювання, які можна картувати під час декрепітаційних знімачів, профілювання і каротажу свердловин. У праці “Морфометрия каёмочных ореолов гидротермального формирования по данным декрепитации” (1979) Ю. Ляхов на підставі статистично найважливіших особливостей будови цих ореолів, їхніх параметричних характеристик (розмір, форма, інтенсивність) та інтерпретаційних висновків залежно від їхнього просторового розташування (підрудні чи надрудні, кут щодо свердловини та ін.) сформулював загальні “дороговкази” для реалізації декрепітаційних розшуково-оцінних робіт на різних родовищах. У 1976 р. вийшла праця А. Сіворонова та А. Росихіної, у якій наведено результати визначення *PT*-параметрів за включеннями в мінералах нижньоархейських глибокометаморфізованих утворень Українського щита (УЩ).

У концептуальній статті Є. Лазька “О термобарогеохимической зональности” (1981) узагальнено дані про просторово-часові палеотемпературні градієнти процесів рудоутворення, співвідношення комплексів окиснювальних і відновлювальних газів, головних катіонів-аніонів, густини флюїдів тощо, розкрито зміст ТБГХ-зональності й обґрунтовано просторове розташування зон, які фізико-хімічно сприятливі для формування зруденіння відповідного геолого-генетичного й формаційного типу з урахуванням структурно-фаціальних умов рудолокалізації. Цю тематику розвинуто в низці пізніших публікацій: Лазько Е. М., Ляхов Ю. В., Пизнюр А. В., Павлунь Н. Н. “Термобарогеохимическое моделирование рудных формаций и практика поисково-оценочных работ” (1990); Лазько Е. М., Ляхов Ю. В., Пизнюр А. В., Павлунь М. М., Попівняк І. В. “Термобарогеохимия у сучасній геології (пошуки, розвідка та експлуатація родовищ)” (1994).

Наведемо також інші вагомні теоретично-прикладні здобутки представників львівської термобарогеохімічної школи. Зокрема, на підставі великого масиву фактичних матеріалів з вивчення родовищ W, Mo, Sn, Cu-Mo, Au, Au-Ag, Pb, Zn, Sb, Hg, флюориту,

п'єзооптичного кварцу різних післямагматичних формацій прецизійно визначено й модельно реконструйовано флюїдний режим ендегенних рудоутворювальних процесів та фізико-хімічні чинники рудоконцентрації. Виявлено ТБГХ-ознаки глибинності перебігу таких процесів щодо синрудної палеоповерхні, особливо для золоторудних формацій, головні риси й чинники ТБГХ-зональності рудних полів, визначено фізико-хімічні передумови й ТБГХ-ознаки прогнозування, розшуків і оцінки зруденіння.

Розкрито принципи, логіку, методологію, технологію генетичного, структурного (просторового), дослідно-методичного і спеціалізованого (для ТБГХ-досліджень) відбирання проб із рудних тіл та інших геологічних об'єктів як первинної ланки досліджень за польових умов.

Виконано просторово-часове ТБГХ-моделювання рудоутворювальних процесів як основи локального прогнозування: побудовано розмаїті комплексні фізико-хімічні моделі з вирізненням і описом їхніх складових (термометричних, барометричних, агрегатно-густинних (фазово-гомогенізаційних), іонно-метричних, гідро- і газохімічних, концентраційно-сольових, декрепітаційних) для родовищ різного геолого-генетичного типу та розкрито зміст їхньої геолого-генетичної і прикладної інтерпретації й використання.

З'ясовано фізико-хімічні рудоконтролювальні чинники та виявлено і сформульовано головні й другорядні ТБГХ-критерії та ознаки зруденіння, розкрито алгоритми їхнього застосування з позицій багатоетапного (логічного збільшення масштабу) розвитку геологорозвідувального процесу включно з експлуатаційними (видобувними) роботами, коли є потреба в оцінці вірогідної просторової поведінки концентраційних і структурно-морфологічних рудних стовпів типу бананців.

Результати цих досліджень висвітлено в численних наукових звітах, низці кандидатських дисертацій різних років (Ю. Ляхов, 1967; Ю. Дорошенко, 1971; С. Івасів, 1974; І. Попівняк, 1976; М. Павлунь, 1981; М. Головченко, 1982; Ж. Сімків, 1982; Т. Павлюк, 2004; С. Ціхонь, 2004; С. Криль, 2015) та докторських дисертаціях А. Пізнюра "Термобарогеохимические условия формирования молибденовых месторождений" (1982), Ю. Ляхова "Условия образования и зональность золоторудных месторождений (по данным термобарогеохимии)" (1985), І. Попівняка "Фізико-хімічне моделювання флюїдно-динамічних рудогенеруючих палеосистем та прогнозування пов'язаного з ним зруденіння (на прикладі родовищ золота)" (2002) та М. Павлуна "Фізико-хімічні умови і зональність розвитку молібден-вольфрамових і золоторудних формацій (за результатами термобарогеохімічних досліджень)" (2003). Оpubліковано багато наукових статей, а також низку монографічних зведень, першими серед яких були праці Є. Лазька "Хрусталеносные кварцевые жилы и их генезис (на примере Алданских месторождений горного хрусталя)" (1957) (рис. 6) та В. Лесняка "Основы анализа физико-химических свойств минералообразующих растворов по включениям в минералах" [24].

У 1972 р. з'явилися абсолютно новітні "Методические указания по анализу рудообразующих растворов и их применению для прогнозной оценки рудоносных площадей и в практике поисково-разведочных и эксплуатационных работ" (для службового використання), які склали Є. Лазько та Ю. Ляхов на замовлення Міністерства кольорових металів колишнього СРСР. Ці методичні вказівки фактично стали першою в світі спробою широкого впровадження ефективних, експресних і порівняно дешевих методів ТБГХ-досліджень для прогнозування, розшуків і оцінки рудних покладів, у тім числі на стадії експлуатації родовищ, тому їх активно поширювали на геологорозвідувальних і гірничих підприємствах.



Рис. 6. Наукові та навчально-методичні праці з термобарогеохімії вчених кафедри геології корисних копалин Львівського університету.

Згодом, у 1981 р., опубліковано монографію С. Лазька, Ю. Ляхова і А. Пізнюра “Физико-химические основы прогнозирования постмагматического оруденения (по термобарогеохимическим данным)” [21], у якій використано багатий фактичний матеріал М. Головченка, Ю. Дорошенка, С. Івасіва, Н. М’язь, М. Павлуна, К. Поздеева, І. Попівняка, Ж. Сімків та інших львівських дослідників (див. рис. 6). У книзі схарактеризовано теоретичні питання фізико-хімічних умов формування і ТБГХ-зональності зруденіння родовищ різних рудних формацій, а третю її частину присвячено вирішенню прикладних завдань за даними термобарогеохімії. Ця праця вкотре переконливо засвідчила абсолютний ідейний і науковий пріоритет львівської наукової школи ТБГХ та її найважливішого напрямку – прикладної термобарогеохімії. У 1995 р. вийшла монографія “Термобарогеохимия золота (прогнозирование, поиски и оценка оруденения)” (автори Ю. Ляхов, М. Павлунь, А. Пізнюр, І. Попівняк) (див. рис. 6), яка стала ще однією спробою науковців Львівського університету впровадити в теорію рудогенезу і практику геологорозвідувальних робіт методику ТБГХ-досліджень золоторудних формацій, хоча наведені в ній теоретико-методологічні і прикладні матеріали мають загальне значення [48]. Зазначимо, що написання цієї праці на замовлення керівників Міністерства геології колишнього СРСР і Центрального науково-дослідного геологорозвідувального інституту А. Кривцова і В. Нарсеєва засвідчило повне визнання московською науковою галузеву елітою львівської термобарогеохімічної школи професора М. Єрмакова.

На межі XX і XXI ст. на кафедрі геології корисних копалин продовжували активно вивчати флюїдні включення в мінералах головно золоторудних родовищ і рудопроявів

України (Юріївське, Майське, Балка Золота й інші на УЩ, Сауляк, Білий Потік та інші в Українських Карпатах). Результати ТБГХ-досліджень петрогенезису нижньоархейського чарнокіт-гранулітового комплексу та пов'язаного з ним Майського золоторудного родовища висвітлено у статті І. Бакуменка, О. Боброва, М. Павлуна та А. Сіворонова "Флюїдний режим процесів петрорудогенезу та термобарогеохімічні критерії золоторудних зон Майського родовища" та невеликій монографічній праці "Майське золоторудне родовище (геологія, речовинний склад, модель утворення)" (Бобров, Сіворонов, Скакун та ін., 2000). Визначено фізико-хімічні умови формування та оцінено перспективи золотого зруденіння Липнязького рудного вузла на Кіровоградщині (Павлюк, Попівняк, Ніколенко, 2001). На підставі реконструкції термобарогеохімічних ознак і параметрів флюїдного режиму мінералоутворення схарактеризовано особливості фізико-хімічних процесів формування золоторудних родовищ УЩ, визначено їхню метаморфогенно-гідротермальну природу, свідченням чого є найбільш високobarичні (до гіпербаричних) значення тиску мінералоутворення (300–350 МПа), субізохоричний тренд перебігу процесів на генотипних об'єктах, високий ступінь термостатування (від 3–5 до 8–10 °С/м), значна густина CO₂ у флюїдах (до 1,02 г/см³), украй повільний (стиснений) процес часткової гомогенізації (гетерогенізації) включень тощо. Наведено схеми стадійності і ТБГХ-режиму формування золоторудних родовищ Балка Широка і Майське (Павлунь, 2015).

У Рахівському рудному районі Українських Карпат за результатами ТБГХ-досліджень визначено фізико-хімічні умови та стадійність мінералоутворення під час формування родовища золота Сауляк (праці І. Попівняка, С. Ціхоня, Т. Олійника та ін., 2004–2006). Зокрема, виділено п'ять стадій мінералоутворення: піротин-кварцову (475–385 °С), турмалін-кварцову (465–389), пірит-кварцову (410–230), золото-полісульфідну (335–110, 145–105 °С; 80–90 МПа) і кварц-карбонатну (150–80 °С). Доведено тристадійність процесу мінералоутворення на золотопрояві Білий Потік (Ціхонь, 2014). Досліджено флюїдні включення в жильному кварці метаморфічних порід Чивчинських гір, визначено сингенетичність однофазових включень скраплених вуглеводнів (метану й етану) та включень водних розчинів, оцінено максимальні значення тиску (140–430 МПа) і температури (190–550 °С) у момент їхньої ізоляції (Бакуменко, Марусяк, 2006).

Діагностовано генетичні типи флюїдних включень, хімічний склад, агрегатний стан і фазові співвідношення у включеннях мінералоутворювального середовища, визначено мінімальну температуру й фізико-хімічні особливості процесів мінералоутворення на неотектонічному етапі розвитку південно-східної частини Українських Карпат. Доведено, що на цьому етапі для низькотемпературних мінералоутворювальних розчинів характерне значне збагачення CO₂ і поява Fe, Mn, As, S, Sr та інших компонентів порівняно з мінералоутворювальними розчинами складчасто-насувного етапу. Ці дані висвітлено в окремих публікаціях І. Попівняка, С. Ціхоня та інших науковців (2008–2015), а також у кандидатській дисертації С. Кріль (2015). Дуже цікаві результати ТБГХ-досліджень золоторудних родовищ у чорносланцевих породах, які раніше методами ТБГХ майже не вивчали, навів В. Схіванов (1990, 2007).

Активні термобарогеохімічні дослідження провадили й на кафедрі мінералогії Львівського університету. Уже в першій монографічній праці регіонально-мінералогічного спрямування М. Сливка "Исследование турмалинов некоторых месторождений СССР" (1955) наведено ґрунтовні дані ТБГХ-досліджень за результатами вивчення включень у кварці й турмаліні з гранітних пегматитів (рис. 7).



Рис. 7. Праці науковців Львівського університету, у яких важливе місце посідають результати ТБГХ-досліджень.

Перші результати дослідження включень у кварці типу мармароських “діамантів” та кальциті, що з ним асоціює, з флішових відкладів Українських Карпат опубліковано в матеріалах першого засідання Комісії мінералогії і геохімії Карпато-Балканської геологічної асоціації (Матковський, 1961). Визначено гідротермальне походження цих мінералів, а не холодноводне, як уважали раніше ($T_{\text{гом}}$ включень у кварці – 155–185 °С, у кальциті – 200–230 °С). Значення $T_{\text{гом}}$ включень у низці мінералів (різновиди кварцу, барит, кальцит, сфалерит, реальгар, метацинабарит) наведено у фундаментальній монографії “Мінералогія Закарпаття” (Лазаренко, Лазаренко, Барышников, Малыгина, 1963).

Результати ТБГХ-досліджень є також у монографічних працях “Основы генетической минералогии” (Лазаренко, 1963), “Мінералогія Поділля” (Лазаренко, Сребродольський, 1969), “Минералогия и петрография Чивчинских гор (Украинские Карпаты)” (Матковський, 1971) (див. рис. 7), а також у п’яти виданнях підручника Є. Лазаренка “Курс мінералогії” (три російською мовою (1951, 1963, 1971) і два українською (1958–1961, 1970)). Піонерськими були дослідження А. Ясинської, яка вперше запропонувала генетичну класифікацію включень у мінералах метеоритів і порід Місяця, описала органічну речовину в космічних тілах Сонячної системи.

Наступні ТБГХ-роботи провадили в комплексі з онтогенічними, ізотопно-геохімічними та іншими дослідженнями під час вивчення метаморфічного мінералоутворення в Мармароському масиві Карпат і гідротермально-метасоматичного мінералоутворення в процесі формування золото-поліметалевого зруденіння Українських Карпат і УЩ. Результати висвітлено у докторській дисертації О. Матковського “Минералогия и условия образования древних эндогенных комплексов Мармарошского массива (Восточные Карпаты)” (1975), у другій частині монографії “Геология и полезные ископаемые Украинских Карпат” (Габинет, Кульчицкий, Матковский, Ясинская, 1977) (див. рис. 7), у кандидатських дисертаціях В. Степанова (1993), Л. Скакуна (1994), О. Ємця (2000), І. Мудровської (2000), Н. Словотенко (2007) та численних наукових статтях.

За даними вивчення включень та інших досліджень схарактеризовано термобарогеохімію метаморфічного й післяметаморфічного мінералоутворення в кристалічному фундаменті Східних Карпат, за $T_{\text{гом}}$ включень у кварці і гранаті та різними мінералогічними термометрами визначено температуру зеленсланцевої й епідот-амфіболітової фацій метаморфізму (О. Матковський), з’ясовано термодинамічні й фаціальні умови формування метаморфічних комплексів і пов’язаного з ними стратиформного золотого, колчеданового, колчеданово-поліметалевого, жильного поліметалевого та манганового зруденіння (О. Матковський, В. Степанов, А. Ясинська), створено мінералого-генетичні моделі формування золото-поліметалевого і срібного зруденіння та флюорит-кварц-баритової і кварц-барит-алунітової жильної мінералізації Берегівського рудного поля Закарпаття (Б. Ремешило, Л. Скакун, О. Ємець, Н. Словотенко) і золотого зруденіння Саврансько-Синицівської площі УЩ (І. Мудровська). Важливими є результати катодолюмінесцентного імідж-аналізу як нового методу онтогенічних досліджень, що дає змогу розкрити анатомію мінеральних індивідів і з’ясувати походження флюїдних включень, характер росту й діагностику подій, розчинення і регенерації тощо (Л. Скакун, Н. Словотенко, Р. Серкіз). За даними термобарогеохімічних та ізотопно-геохімічних досліджень Л. Скакун розробив модель формування золотого і срібного зруденіння Берегівського рудного поля, згідно з якою мінералоутворення контролюване тут процесами взаємодії ювенільного гідротермального флюїду з метеорною водою та формаційним флюїдом [3].

Одержано нові оригінальні дані щодо термометрії розплавних включень у кварці з алунітизованих туфів Берегівського рудного району (Бакуменко, Медвідь, Словотенко, 2011). Під час кріометричних досліджень визначено досить низьку температуру солідусу (близько 640 °С) і $T_{\text{гом}}$ герметизованих розплавних включень (825–860 °С), що, на думку авторів, зумовлено втратою високотемпературними включеннями герметичності, а отже, – флюїдної складової. І саме через неврахування цього факту попередники отримали суттєво завищені значення $T_{\text{гом}}$ включень розплаву в процесі нагрівання (940–1 350 °С).

Виконано перші дослідження первинних розплавних включень у плагіоклазі з афанітових базальтів ратинської світи нижньовендської міденосної трапової формації Західної Волині (Бакуменко, Федоришин, 2005); температура гомогенізації цих включень становить 1 110–1 200 °С.

Важливим підсумком роботи дослідників ЛНУ імені Івана Франка у ХХІ ст. є видання фундаментальних колективних зведень, зокрема, “Геолого-генетична типізація золоторудних родовищ України” (Бобров, Сіворонов, Ляхов та ін., 2014) і третьої–п’ятої книг серії “Мінерали Українських Карпат”: “Борати, фосфати, арсенати, молібдати, сульфати, карбонати, органічні мінерали і мінералоїди (Матковський, Білоніжка, Бойко та ін., 2003); “Силікати” (Матковський, Квасниця, Наумко та ін., 2011); “Процеси мінералоутворення” (Матковський, Білоніжка, Возняк та ін., 2014) (див. рис. 7).

У монографії “Геолого-генетична типізація золоторудних родовищ України” [3] на підставі матеріалів геолого-мінералогічних і ТБГХ-досліджень уперше вирізняють шість генетичних типів родовищ золота УЩ і його фанерозойського облямування, які належать до плутоногенно-, вулканогенно- та метаморфогенно-гідротермальних утворень. Аргументовано доведено, що за ступенем термостатування палеогідросистем золото-концентрації (його відображенням є значення $\Delta T/100$ м) і змінного *PT*-режиму в часі* вивчені родовища золота цілком коректно можна зіставити з трьома різноглибинними золоторудними формаціями за Н. Петровською. Однак генетична і формаційна позиція досліджених родовищ значно чіткіша, оскільки ґрунтується на інструментально-кількісній оцінці фізико-хімічних умов за флюїдними включеннями в мінералах. Звідси випливає таке: уже на ранніх етапах прогностичної оцінки перспективних золотоносних (чи металогенічно інших) територій за конкретними ТБГХ-параметрами рудоутворювального процесу можна впевнено дешифрувати різноглибинно-формаційний тип золотого зруденіння, визначити його вертикальний розмах і вірогідні масштаби акумуляції золота чи інших металів, рівень еродованості і ступінь збереженості в сучасному денудаційному зрізі, тобто обґрунтовано вирішувати вкрай важливу геолого-економічну проблему, яка є науковим підґрунтям для вибору раціональної методики проведення геологорозвідувальних робіт з підрахунку запасів сировини та їхньої економічної оцінки.

У п’ятій книзі з циклу “Мінерали Українських Карпат” – “Процеси мінералоутворення” [27] уперше узагальнено матеріали з відтворення надзвичайно складного й багатогранного процесу мінералоутворення в Карпатському регіоні. Проаналізовано наявні дані авторів та їхніх попередників стосовно магматичного, гідротермально-метасоматичного, осадового, метаморфогенного, гіпергенного, космогенного та сучасного мінералоутворення. Різноманітні дані ТБГХ-досліджень (агрегатний стан включень, значення температури гомогенізації й декрепітації, хімічний та ізотопний склад) найширше залучено до аналізу процесів магматичного, гідротермально-метасоматичного та осадового мінералоутворення. Саме ці результати стали підґрунтям для розробки мінералогіко-генетичних моделей формування родовищ різних корисних копалин (золото, поліметали, ртуть, барит, цеоліти, солі та ін.) і з’ясування деяких загальних особливостей цих процесів.

Ще в часи зародження наукової школи ТБГХ Микола Єрмаков почав читати курс “Геотермометрія” для студентів геологічного факультету (1950–1952), а вже згадувана

*Особливо за співвідношенням $\Delta T/\Delta P$ та оцінкою динаміки просторово-часових флуктуацій інтенсивних фізико-хімічних параметрів, фазово-компонентного складу і агрегатного стану рудоносних флюїдів.

його книга “Исследования минералообразующих растворов (температуры и агрегатное состояние)” [6] стала не лише дороговказом для послідовників у всьому світі, а й першим підручником. І до нині цей курс читають під назвою “Термобарогеохімія” (інколи з доповненням теоретична, прикладна). У різні роки цю дисципліну викладали А. Пізнюр, Ю. Ляхов, М. Павлунь, І. Попівняк, І. Бакуменко, нині – С. Ціхонь та Н. Словотенко. Професор А. Пізнюр опублікував три конспекти лекцій з загальною назвою “Основы термобарогеохимии”: “Методы термометрии” (1973), “Методы барометрии” (1973), “Исследование состава и концентрации растворов” (1975), посібник “Использование результатов исследований включений в теории рудообразования, практике поисков и разведки месторождений” (1976) та підручник “Основы термобарогеохимии” [39] (див. рис. 6). Навчальний посібник “Курс термобарогеохимии: теоретичні засади і методологія вивчення флюїдних включень у мінералах” (2004) написали Ю. Ляхов та М. Павлунь, а І. Попівняк та С. Ціхонь опублікували курси лекцій “Прикладна термобарогеохімія. Основи термобарогеохімічного пробовідбирання” та “Методи визначення тиску за газовими включеннями”. Низку науково-методичних розробок, пов’язаних з вивченням включень у мінералах (визначення тиску, ерозійного зрізу та вертикального розмаху зруденіння, розшуково-оцінних критеріїв), запропонували Ю. Ляхов, М. Павлунь та А. Пізнюр (“Методи вивчення родовищ і прикладна термобарогеохімія” та ін.). Численні дані термобарогеохімічних досліджень наведено в сучасних підручниках “Генезис мінералів” (Павлишин, Матковський, Довгий, 2003, 2007), “Основы минералогии Украины” (Матковський, Павлишин, Сливко, 2009), “Геология корисних копалин. Ч. 1. Рудогенез” (Ляхов, Павлунь, Ціхонь, 2012).

Не менше вражають результати ТБГХ-досліджень, що їх виконано в академічних інститутах України. Тут фактично склалися вже свої наукові школи, проте, звичайно, вони є продовженням університетської ТБГХ-школи М. Єрмакова, адже більшість академічних науковців-термобарогеохіміків – це випускники геологічного факультету Львівського університету. Вони поглиблюють і розвивають ТБГХ-напрямок геолого-мінералогічної науки в частині генетичної мінералогії, рудоутворення та прогнозно-металогенічного оцінювання родовищ корисних копалин і перспективних територій.

В ІГГК НАН України термобарогеохімічні дослідження започаткував В. Калюжний за підтримки Є. Лазаренка і В. Соболева, які свого часу очолювали в Інституті відділ мінералогії і петрографії (за сумісництвом). У 1955 р. В. Калюжний перейшов працювати з університету в цей Інститут, де протягом 1961–1988 рр. очолював відділ геохімії глибинних флюїдів (сучасна назва – з 1967 р). У 1989–1993 рр. відділом керував М. Давиденко, а з 1994 р. його змінив учень В. Калюжного І. Наумко. Спочатку основною тематикою відділу було ендегенне мінералоутворення (магматичні, пегматитові, гідротермальні-метасоматичні процеси), а згодом, з огляду на зміну профілю Інституту, тематику значно розширили.

Водночас включення в мінералах почали використовувати для вирішення низки питань екзогенного мінералоутворення, зокрема, пов’язаних з особливостями кристалізації солей в евапоритових басейнах, умовами формування солених покладів та практичним застосуванням отриманих результатів. Цей науковий напрям формувався під керівництвом О. Петриченка (випускник Дніпропетровського державного університету), який протягом 1964–2007 рр. очолював відділ геохімії осадових товщ нафтогазоносних провінцій. З 2007 по 2015 р. відділом керував І. Дудок (тоді заступник директора Інституту з наукової роботи), який завершував докторську дисертацію, однак передчасна смерть не дала збутися його задуму. Нині обов’язки завідувача відділу виконує канд.

геол.-мін. наук С. Вовнюк. Головні напрями досліджень відділу – геологія і геохімія евапоритових утворень та генетично пов'язаних з ними родовищ гіпсу, кам'яної солі, калійних солей, самородної сірки, целестину різних регіонів України.

В обох зазначених відділах ІГГГК НАН України розроблено багато нових методик дослідження включень і створено відповідні прилади, установки, пристрої тощо. Методичні розробки стосувалися такого: розмаїті зміни включень – герметичність, перенаповнення, розшнування, перебудова форми (В. Калюжний); використання фізико-хімічного аналізу різних систем для відтворення *PT*-параметрів мінералоутворення за флюїдними включеннями: побудова діаграм *V-T-X* системи силікат–вода, визначення тиску за газовими включеннями й за включеннями $H_2O + CO_2$, виявлення особливостей кипіння флюїдів; застосування графічного методу визначення температури й тиску (С. Вульчин, М. Єрмаков, В. Калюжний); визначення хімічного складу – методи вилучення газу з окремих мінералів і порід, водної витяжки, мікроколориметричне вимірювання рН, ультрамікроскопічне визначення вмісту окремих елементів, рентгенівський аналіз, визначення хімічного складу газів індивідуальних включень, мікроспектральне визначення твердих фаз та ін. (В. Калюжний, О. Петриченко, М. Братусь, З. Притула (Гриньків), З. Ковалишин, В. Шайдецька та ін.). Серед апаратурних розробок зазначимо такі: конструктивно нова волога камера і високотемпературна (650–1 600 °С) термокамера (В. Калюжний), вакуумна електромагнітна ступка-приставка для мас-спектрометра МХ-1303 (Й. Сворень), установка для визначення ізотопного складу вуглецю CO_2 (Г. Мамчур, Д. Возняк, З. Ковалишин, І. Наумко), кріометрична установка (В. Калюжний, Г. Гігашвілі), установка для експресного аналізу CO_2 (В. Калюжний, О. Матвієнко).

У вже згадуваних матеріалах Комісії мінералогії і геохімії КБГА опубліковано доповідь В. Калюжного “Исследование минералообразующих сред по включениям в минералах” (1961), у якій наведено схему класифікації включень у мінералах за складом і агрегатним станом, схему генетичної класифікації включень та загальну схему методів, які застосовують під час дослідження включень. Схарактеризовано перші результати аналізу водних витяжок рідких включень у кварці й топазі з камерних пегматитів Волині та бариті Закарпаття, визначення рН розчинів включень у деяких мінералах (стільниковий кварц, моріон, димчастий кварц, топаз, кальцит, флюорит та ін.) з різних родовищ, результати хімічних аналізів газових компонентів включень у мінералах волинських пегматитів. Уже тоді з'явилися перші надзвичайно важливі результати дослідження В. Калюжним включень у плагіоклазі й піроксені з кайнозойських вулканітів Закарпаття, $T_{\text{гом}}$ яких – 1 340 і 1 290 °С (1960, 1965). Науковець уперше в історії термобарогеохімії зафіксував за включеннями у фенокрисалах плагіоклазу з гіалодацитів явище незмішуваності силікатних розплавів, яке з'являлося внаслідок ліквідації. Ця знахідка була дуже важливою, оскільки тоді в науці панувала думка, що прояви ліквідації в природі малоімовірні, хоча експериментально їх фіксували в багатьох системах.

Згодом учень Володимира Антоновича Б. Жовтуля підтвердив і доповнив ці результати, що висвітлено в окремих публікаціях та кандидатській дисертації (1975–1978). Зокрема, Б. Жовтуля визначив $T_{\text{гом}}$ включень скла у кварці, плагіоклазі й піроксені та хімічний склад летких компонентів включень з порід ефузивного й гіпабісального комплексів Закарпаття. Значення $T_{\text{гом}}$ включень у фенокрисалах такі, °С: піроксен – 1 200–1 320 (кварцові діорит-порфірити), кварц – 1 145–1 495, плагіоклаз – 1 280–1 390 (гранодіорит-порфірити), плагіоклаз – 1 139–1 430 (гіалодацити) і 1 260–1 310 (андезит-базальти), кварц – 950–1 355 (ріоліти й ріолітові туфи). За результатами дослідження включень вивчено умови кристалізації кварцу в кислих вулканітах Березівського району

(Калюжний, Жовтуля, 1977). Автори зазначили, що характерною рисою магматичних включень є витриманість ступеня їхнього наповнення, який коливається від 85 до 100 %. Такі коливання визначено серед груп сингенетичних включень в одному й тому ж кристалі, що, вочевидь, зумовлено відокремленням газової фази (закипанням розплаву) у процесі кристалізації кварцу. Значення $T_{\text{гом}}$ у фенокристалах кварцу тут змінюються в досить широких межах – від 900 до 1 345 °С, в окремих випадках – до 1 495 °С. Згодом майже аналогічний температурний інтервал (від 800–900 до 1 400 °С) визначено для включень у кварці з ріолітових туфів Квасівського рудного поля (Калюжний, Сайко, 1999). Вивчення розплавних, розплавних з твердою фазою і газових включень у тридиміті з олівінових дацитів Чорної Гори в Закарпатті дало підстави М. Братусю й А. Коржинському (1978) зробити висновок, що мінерал формувався в гетерогенному середовищі за температури 1 280–1 050 °С.

Після перейменування та певного перепрофілювання Інституту головним науковим напрямом відділу геохімії глибинних флюїдів стала геохімія глибинних мінералоутворювальних флюїдів, тобто дослідження за флюїдними включеннями в мінералах складу й агрегатного стану, фізико-хімічних властивостей, генезису флюїдів земної кори і верхньої мантії та їхньої ролі у формуванні родовищ корисних копалин. На кристалогенетичних і фізико-хімічних принципах розроблено теоретичні й методичні основи вчення про мінералоутворювальні флюїди (термобарогеохімії–мінералофлюїдології–fluid inclusions research). Ці дослідження були пріоритетними в колишньому СРСР і є такими в Україні завдяки роботам колективу відділу на чолі з лауреатом Державної премії України, проф. В. Калюжним, якого нагороджено Міжнародною золотою медаллю імені Г. Сорбі як визнання світового рівня розробок.

Серед найвагоміших фундаментальних і прикладних результатів досліджень зазначимо такі. Уперше за допомогою випробуваних і уведених у дію мас-спектрометричних установок, які не мають аналогів у світовій практиці, доведено, що у включеннях нема водню, та виявлено справжні джерела його виникнення в разі руйнування кристалів (В. Калюжний, Й. Сворень, Б. Сахно). Дані щодо складу й *PT*-параметрів флюїдів підкорових і мантійних областей отримано за включеннями й газовими домішками в магматичних породах глибинного генезису: підводно-океанічних толейтах, потенційно алмазозонних лужних базальтоїдах Середньої Азії, кімберлітах Якутії (В. Калюжний, М. Братусь, І. Зінчук, Л. Редько, Й. Сворень, Б. Сахно, О. Круглов). Уперше доведено, що леткі компоненти базальтових (толейтових) лав рифтових зон Світового океану представлені тільки CO_2 (без урахування води та незначної рідкісної домішки азоту), ізотопний склад вуглецю якого відповідає мантійному (Г. Мамчур, Й. Сворень, В. Калюжний, І. Наумко). Це свідчить про особливу роль CO_2 у процесах, що відбуваються в літосфері на значній глибині.

У ході створення геохімічної моделі еволюції післямагматичного процесу для гранітних пегматитів заніркового (камерного) типу відкрито загальну закономірність формування пегматитів і гранітів середніх глибин, зокрема, грейзенізованих (періодична зміна кислотно-лужних властивостей флюїдів (відносного значення рН) на тлі закономірного зниження температури), та відповідних їм парагенезисів мінералів (мінеральних асоціацій); визначено оптимальний режим кристалізації кондиційної п'єзокварцової та ювелірної сировини пегматитів; запропоновано критерії оцінювання її якості в процесі розвідки пегматитових тіл (В. Калюжний, Д. Возняк, З. Ковалишин, М. Братусь, Г. Гігашвілі, П. Вовк, О. Матвієнко, О. Винар, Б. Ремешило, І. Наумко, О. Вовк).

Визначено закономірну періодичність у діяльності гідротерм золото-поліметалево-рідкіснометалевого зруденіння, зумовлену зміною агрегатного стану, складу і термобаричних параметрів середовища кристалізації. На цій підставі відтворено конкретні значення концентрації солей і газів, температури й тиску під час формування золото-поліметалевих, ртутних родовищ і магматичних порід Закарпаття (В. Калюжний, З. Ковалишин, М. Братусь, М. Вітик, Б. Жовтуля, Б. Заціха, О. Матвієнко, І. Наушко, Е. Платонова, Н. Сайко, Л. Дручок, З. Матвійшин, Р. Бондар), золото-поліметалевих родовищ Донбасу (В. Калюжний, І. Зінчук), рідкіснометалевих та золоторудних родовищ і проявів УЩ (В. Калюжний, О. Винар, О. Матвієнко, М. Братусь, І. Наушко, Н. Ліберсбах, Н. Сава), міднорудного зруденіння неопротерозойської трапової формації Волино-Поділля (І. Наушко, Н. Нестерович (Бацевич), Ю. Федоришин).

Геохімічні особливості вуглеводнів у флюїдних включеннях досліджено на прикладі жильних гідротермалітів Волино-Поділля, Українських Карпат, Криму й Туркменістану, викидів грязьових вулканів Керченського й Таманського півостровів. У прожилково-вкрапленій мінералізації серед відкладів нафтогазоносних областей і металогенічних провінцій виявлено, що характер поширення і загальний (сумарний) склад летких компонентів включень у мінералах є важливим показником генезису й масштабності нафтогазових і рудних родовищ (І. Наушко, Й. Сворень, М. Давиденко). Вивчено умови спряжених процесів міграції й локалізації вуглеводнів і прожилково-вкрапленого мінералогенезу в системах залікованих тріщин за умов глибинного високотемпературного флюїду, внесок якого у складову мінералоутворювальних флюїдів зафіксовано на ізотопному рівні. Доведено подібність і, певною мірою, успадкованість складу включень у прожилкових мінералах та летких компонентів природних газів і газів пластових вод поблизу покладів нафти й газу (І. Наушко, Й. Сворень, М. Давиденко, З. Ковалишин, М. Братусь, І. Зінчук, Ю. Белецька, Л. Редько, Л. Телепко, Г. Занкович).

За результатами дослідження флюїдних включень та онтогенічними спостереженнями відтворено стадійність катагенного мінералоутворення в осадових товщах Львівського палеозойського прогину, передусім у межах Белз-Милятинського розлому (В. Калюжний, Г. Гігашвілі, І. Зінчук, І. Наушко, Е. Платонова, М. Зубик). Для виділених груп флюїдних вуглеводневмісних систем визначено елементи вертикальної зональності (вищий вміст легких вуглеводнів на значній глибині та збагаченість важкими вуглеводнями на меншій) на тлі закономірного підвищення температури з глибиною, а також латеральної зональності (зміна складу флюїдів від нафтових через газоконденсатні до суттєво метанових у напрямі з північного заходу на південний схід регіону).

У межах південно-західного схилу Українських Карпат за флюїдними включеннями у кварці типу мармароських "діамантів" з гідротермальних жил розкрито закономірну послідовність зміни термобаричних і геохімічних параметрів міграції вуглеводнів: з часом – від метаново-водного (240–200 °С, 300–50 МПа) до нафто-метаново-водного (170–80 °С, 50 МПа) та у просторі – від 210–225 °С, 80–100 МПа на південному сході до 230–240 °С, 300 МПа на північному заході (за максимальними значеннями) (В. Калюжний, М. Братусь, М. Вітик, І. Дудок, С. Ломов, Д. Мачальський, І. Наушко). Тут у включеннях уперше відшукали CO₂ у рідкому стані та легкі вуглеводні типу газоконденсатних (етан, пропан), що свідчить про вірогідну наявність покладів вуглеводнів (В. Калюжний, І. Дудок, Б. Сахно).

Вивчено склад і особливості просторово-часового розподілу газової фази флюїдів метаморфогенно-метасоматичного мінералогенезу в північно-західній частині Мармароського масиву. З'ясовано, що високометаморфізовані вуглисті утворення формували-

ся за температури 200–300 °С і високої газонасиченості метановмісного флюїду. Припускають, що в надрах регіону були умови для синтезу вуглеводнів з можливим подальшим формуванням їхніх покладів як у піднасувних структурах, так і у сприятливих структурах-пастках тектонічного походження (І. Наушко, Р. Бондар, І. Дудок, О. Марушкін, О. Нечепуренко, Б. Сахно, Й. Сворень).

Відтворено післяседиментаційні перетворення осадових порід у межах сучасного грязьового вулкана Старуна в Передкарпатті. Під час таких перетворень збагачені легкими вуглеводнями флюїди “фіксували” в кальциті й целестині, а з їхніх високомолекулярних складників унаслідок полімеризації (поліконденсації) і подальшої кристалізації в разі охолодження за умов високої відносної газонасиченості глибинного флюїду формувалася озокерит, який захоплював у включення й закриті пори легку складову вуглеводневої фракції (І. Наушко, І. Дудок, Ю. Колтун, Б. Сахно, Л. Телепко). У кальциті з викидів грязьових вулканів Керченського й Таманського півостровів уперше виявлено метанові включення високої густини та включення рідких вуглеводнів; за цими даними обчислено термодинамічні параметри формування глибинних осередків грязьового вулканізму за участю вуглеводневих сполук (В. Калюжний, Л. Телепко, О. Щириця).

Наведені матеріали стали підґрунтям для виділення двох крайніх гілок геохімічної спеціалізації мінерало-(рудо-)утворювальних флюїдів – за участю CO_2 дуже високої концентрації та за наявності в значній кількості CH_4 : з CO_2 - H_2O -флюїдами пов’язані, головню, рудопрояви поліметалів і золота, з CO_2 - CH_4 - H_2O -флюїдами – деякі генетичні типи золотоносної мінералізації і вуглеводневі нафтогазові скупчення (В. Калюжний, М. Братусь, О. Винар, І. Зінчук, З. Ковалишин, О. Матвієнко, І. Наушко, Й. Сворень).

У рамках нового наукового напрямку – геохімія і термобарометрія газів прожилково-вкрапленої мінералізації у відкладах нафтогазоносних областей і металогенічних провінцій – розроблено дуалістичну (абіогенно-біогенну) теорію генезису й синтезу природних вуглеводнів. Згідно з нею, велетенські й надвелетенські родовища нафти і газу утворилися з неорганічних та органічних вихідних вуглеводневих сполук у літосфері під впливом глибинного високотемпературного флюїду. Створено фізико-хімічну модель формування вугільних пластів з органічних решток в осадових товщах під впливом метановмісної складової глибинного флюїду з одночасним утворенням прожилково-вкрапленої мінералізації та її метанонасиченням (Й. Сворень, І. Наушко). Обґрунтовано теоретичні засади комплексу нових розшуково-оцінних критеріїв вуглеводневої сировини за даними вивчення флюїдних включень у катагенних мінералах (І. Наушко, Й. Сворень, З. Ковалишин, М. Братусь, М. Давиденко).

У відділі осадових нафтогазоносних провінцій мінералого-геохімічні дослідження в комплексі з термобарогеохімічними були спрямовані на вирішення проблем галогенезу – визначення фізико-хімічних параметрів середовища седиментації й перекристалізації солей, з’ясування питань еволюції хімічного складу води Світового океану на тлі загального історичного розвитку Землі, напрацювання критеріїв розшуку корисних копалин, пов’язаних з евапоритами загалом та з соляними структурами, зокрема. У 1963 р. з’явилася публікація О. Сливко та О. Петриченка “О включеннях в сильвине Предкарпатья”. Уперше в світі О. Петриченко розробив унікальний метод вивчення включень у мінералах евапоритів, суть якого полягає в екстрагуванні складними мікрокапілярами розчинів індивідуальних включень у соляних мінералах з подальшим визначенням за допомогою спеціальних реактивів вмісту основних хімічних компонентів розчинів (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-}). Учений узагальнив результати вивчення включень у мінералах галогенних порід у вигляді чудово ілюстрованого довідника [35].

З'ясовано умови розвитку процесів давнього седиментогенезу осадових утворень та змін хімічного складу вод Світового океану у фанерозої. Деталізовано модель хімічної еволюції ропи морських евапоритових басейнів та океанічної води у фанерозої й неопротерозої, у якій узято до уваги новітні дослідження й літературні дані з хімічного складу розсолів включень у седиментаційному галіті морських евапоритових формацій трьох вікових етапів – докембрію–кембрію, пермі–тріасу та кайнозою; доведено, що вікові зміни хімічного складу океанічної води корелюють з віковим розподілом відкладів, збагачених органічною речовиною, а відтак – і з розподілом розвіданих запасів нафти й газу (О. Петриченко, В. Ковалевич).

За результатами дослідження включень у галіті з соляних товщ над виявленими й передбачуваними покладами вуглеводнів та поза їхніми межами обґрунтовано можливість використання цих включень (наявність краплинок нафти у включеннях газів переважно метанового складу) для прогнозування вуглеводневих покладів у підстильних відкладах (В. Ковалевич, А. Галамай, С. Вовнюк, С. Литвинюк).

Під час комплексних геохімічних досліджень мінералів з осадових порід Східних Карпат і суміжних регіонів І. Дудок визначив фізико-хімічні показники, які дають змогу відтворити фізико-хімічні умови регіональної міграції вуглеводневих сполук та оцінити можливість формування нафти й газу в певних просторових і вікових інтервалах. Науковець виконав регіональні дослідження включень жильного кальциту з флішових відкладів Українських Карпат, які засвідчили утворення мінералу в температурному інтервалі від 210 до 50 °С. Виявлено дві його генерації з $T_{\text{гом}}$ включень від 210–150 (кальцит-I) до 90–50 °С (кальцит-II), які відрізняються за складом включень. У першій генерації у включеннях домінує CH_4 (58–91 %) і мало CO_2 (1–23 %), у другій вміст CO_2 різко зростає (до 36 %). Від внутрішніх покривів (Рахівського, Поркулецького) до Передкарпатського прогину (Бориславсько-Покутський покрив) у жильному кальциті також закономірно змінюється склад газів включень: кількість CH_4 зменшується від 86,6–81,5 до 21,1 %, а кількість CO_2 збільшується від 1,8–8,4 до 34,8 %.

У неогенових товщах Карпатського регіону вперше визначено загальний вміст $\text{C}_{\text{орг}}$ у нерозчинному залишку галогенних порід та генетичний зв'язок органічного вуглецю з пелітовою фракцією, чим підтверджено теоретичні уявлення про активне біологічне життя в давніх евапоритових басейнах на стадії седиментації гіпсу, галіту і К-Mg солей. Результати визначення ізотопного складу кисню й сульфатної сірки підтвердили морський генезис досліджуваного евапоритового регіону (О. Петриченко, А. Побережський, С. Гринів). За даними вивчення включень у мінералах евапоритів узагальнено умови утворення гіпсових, сірчаних і целестинових покладів, уточнено фізико-хімічні параметри й особливості середовища хомогенного осадоагромадження в баденському евапоритовому басейні (А. Побережський).

Методи дослідження включень у мінералах широко застосовували під час вивчення магматичних і гідротермальних процесів серед солянокупольних структур Дніпровсько-Донецької западини (О. Петриченко, Б. Долішній, В. Шайдецька). Отримано нові дані про PT -умови мінералоутворення Слов'янського солянокупольного ртутного родовища, виявлено понад 40 мінералів у вигляді твердих включень у галіті, детально вивчено специфіку механізму утворення накладеної мінералізації в солях. Уперше для верхньопермської хомогенної товщі Переддобруджі О. Хмелевська застосувала ультрамікрохімічний аналіз рідких включень у галіті, за допомогою якого визначено, що седиментація галіту відбувалася з розчинів хлоридно-кальцієвого хімічного типу.

На підставі термобарогеохімічних досліджень отримано конкретні дані про фізико-хімічні умови формування солей нижньопермського Солікамського басейну в Передуральському прогині на прикладі вивчення Верхньокамського родовища калійно-магнієвих солей (Д. Сидор). З'ясовано, що головна седиментація відбувалася за домінування морських вод, близьких за складом до сучасної океанічної води, проте з дещо нижчим умістом SO_4^{2-} – до 5 г/л. У процесі соленагромадження послідовне концентрування розчинів призвело до їхнього цілковитого знесульфачення, збільшення вмісту калію до 33 г/л і магнію до 103 г/л, що завершилося утворенням потужної товщі калійних солей хлоридного складу. Післяседиментаційні перетворення відбувалися за підвищеної температури (30–92 °С), тиску до 20 МПа під впливом похованих метаморфізованих розчинів, насичених N_2 , CH_4 , CO_2 і H_2 . Важливими є знахідки у перекристалізованому галіті включень з вуглеводнями.

За результатами ТБГХ-досліджень в обох відділах докторські дисертації захистили В. Калюжний (“Динамика минералогенеза на основании изучения минералообразующих флюидов (гранитные занорышевые пегматиты и гидротермалиты Украины)”, 1979), О. Петриченко (“Физико-химические условия древнего соленакопления и эпигенез галогенных осадков”, 1983), В. Ковалевич (“Эволюция морского галогенеза и химический состав вод Мирового океана в фанерозое”, 1990) та І. Наумко (“Флюїдний режим мінералогенезу породно-рудних комплексів України (за включеннями у мінералах типових парагенезисів)”, 2006). Захищено також 28 кандидатських дисертацій: В. Калюжний (1955), О. Петриченко (1967), З. Ковалишин (1968), Б. Заціха (1969), Г. Гігашвілі (1970), Д. Возняк (1971), М. Братусь (1975), В. Ковалевич (1976), Б. Жовтуля (1976), О. Матвієнко (1978), Б. Долішній (1981), Й. Сворень (1984), В. Шайдецька (1984), І. Наумко (1987), Е. Платонова (1989), С. Гринів (1989), М. Вітик (1990), І. Дудок (1991), А. Побережський (1991), О. Хмелевська (1991), А. Галамай (2001), Д. Сидор (2002), І. Зінчук (2003), С. Вовнюк (2007), С. Литвинюк (2011), Н. Нестерович (2015), О. Вовк (2016), Г. Занкович (2016). Написано десятки наукових звітів, опубліковано сотні статей і понад десять монографій (рис. 8, 9): Калюжний В. А. “Методи вивчення багатофазових включень у мінералах” [10]; “Мінералоутворюючі флюїди та парагенезиси мінералів пегматитів заноришевого типу України (рідкі включення, термобарометрія, геохімія)” (за ред. В. А. Калюжного) [29]; Петриченко О. Й. “Методи дослідження включень у мінералах галогенних порід” [38]; Петриченко О. Й. “Атлас мікровключень в мінералах галогенних порід” [35]; Ковалевич В. М. “Физико-химические условия формирования солей Стебниковского калийного месторождения” [13]; Калюжний В. А. “Основы учения о минералообразующих флюидах” [11]; Ковалишин З. И., Братусь М. Д. “Флюидный режим гидротермальных процессов Закарпатья” [15]; Зінчук І. Н., Калюжний В. А., Щирица А. С. “Флюидный режим гидротермального минералообразования Центрального Донбасса” [9]; Винар О. М., Калюжний В. А., Наумко І. М., Матвієнко О. Д. “Мінералоутворюючі флюїди постмагматичних утворень гранітоїдів Українського щита” [28]; Петриченко О. Й. “Физико-химические условия осадкообразования в древних солеродных бассейнах” [36]; Петриченко О. Й. “Эпигенезис эвапоритов” [37]; Ковалевич В. М. “Галогенез и химическая эволюция океана в фанерозое” [14]; Давиденко Н. Н. “Источники золотоносных россыпей криолитозоны северо-востока Азии (по флюидным включениям в минералах)” [5]; Братусь М. Д., Давиденко М. М., Зінчук І. М. та ін. “Флюїдний режим мінералоутворення в літосфері (у зв’язку з прогнозуванням корисних копалин)” [54].



Рис. 8. Праці термобарогеохімічного спрямування науковців відділу геохімії глибинних флюїдів ІГГК НАН України.

Результати ТБГХ-досліджень наведено також у збірнику науково-інформаційних матеріалів “Інститут геології і геохімії горючих копалин” (за ред. І. Дудка), у розділі “Флюїдний режим катагенно-гідротермального процесу періоду формування жильної, прожилкової і прожилково-вкрапленої мінералізації в осадових товщах” (І. Наумко, М. Братусь, І. Дудок та ін.) у вже згадуваній праці “Карпатська нафтогазоносна провінція” [53] і в монографії “Комплексне освоєння газовугільних родовищ на основі потокових технологій буріння свердловин” (автори В. Мойсишин, І. Наумко, В. Пилипеч та ін.) [16], у якій теорії походження природних вуглеводнів обговорено з погляду процесів мінерало- і вуглеводнегенезу в літосфері за флюїдними включеннями в мінералах. Результати термобарогеохімічних досліджень, виконаних в обох відділах ІГГК НАН України, наведено також у розділі “Геологія” (М. Павлюк) книги “Наука західного регіону України (1990–2010): до 40-річчя Західного наукового центру” (2011) та в уже згадуваній книзі “Мінерали Українських Карпат. Процеси мінералоутворення” [27].

У багатьох зазначених працях містяться матеріали докторської дисертації І. Наумка, у якій узагальнено результати багаторічних власних досліджень і літературних даних стосовно флюїдних включень у мінералах України. Розроблено модель еволюції глибинних флюїдів за включеннями в мінералах і за нею з’ясовано головні чинники міграції, трансформації, диференціації й акумуляції флюїдів під час мінералогенезу на об’єктах післямагматичного, пегматитового, метаморфічного, гідротермального, гідротермально-метасоматичного та післяседиментаційного походження. Розширено знання стосовно геохімії газів і температурних та баричних умов формування прожилково-вкрапленої мінералізації у відкладах нафтогазових областей і металогенічних провінцій, що дає змогу по-новому пояснювати синтез вуглеводнів та утворення власне прожилків



Рис. 9. Праці термобарогеохімічного спрямування науковців відділу геохімії осадових товщ ІГТГК НАН України.

і вкраплень, аналізувати проблеми генезису, міграції й диференціації палеофлюїдів, формування і розшуків корисних копалин різного генетичного типу.

З 1970-х років під опікою академіків Я. Белєвцева, Є. Лазаренка та Є. Шнюкова розпочато дослідження включень у мінералах в академічних інститутах Києва. Включення почали вивчати в Інституті геологічних наук і продовжили в новостворених Інституті геохімії і фізики мінералів (ІГФМ) (відділ регіональної та генетичної мінералогії) та Інституті геохімії навколишнього середовища (відділ термодинаміки геосфер). Головними виконавцями стали випускники геологічного факультету Львівського університету, тобто спадкоємці термобарогеохімічної школи М. Єрмакова. Найінтенсивніші ТБГХ-дослідження провадять у відділі регіональної і генетичної мінералогії нинішнього Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення НАН України імені М. П. Семененка (колишній ІГФМ). Після Є. Лазаренка цей відділ очолювали О. Литвин (1979–1991), В. Павлишин (1991–2000), з 2000 р. – Д. Возняк. У відділі створено лабораторії з вивчення включень, які оснащені найсучаснішим обладнанням (термокріокамери, хроматографи, вакуумні декрепітографи тощо). Це дає змогу отримувати об'єктивні дані щодо параметрів формування (температура, тиск, хімічний склад мінералоутворювальних флюїдів) різних об'єктів – камерних пегматитів Волині, залізрудних родовищ Криворізького басейну, золото-поліметалевої мінералізації Донбасу, рідкіснометалевої мінералізації УЩ, геологічних утворень Карпатського регіону.

Перші результати зазначених досліджень наведено у фундаментальних монографіях регіонально-мінералогічного спрямування: “Мінералогія і генезис камерних пегматитов Волині” (Лазаренко, Павлишин, Латыш, Сорокин, 1973); “Мінералогія Донецького

бассейна” (Лазаренко, Павлишин, Панов, Груба, 1975); “Минералогия Криворожского бассейна” (Лазаренко, Гершойг, Бучинская и др., 1977); “Минералогия Приазовья” (Лазаренко, Лавриненко, Бучинская и др., 1981) (рис. 10).



Рис. 10. Праці українських мінералогів, у яких чільне місце посідають результати термобарогеохімічних досліджень.

Ці дослідження також стали важливою складовою останньої новаторської монографії Є. Лазаренка “Опыт генетической классификации минералов” [19] (див. рис. 10), у якій узагальнено давно задумані вченим принципи й особливості класифікації мінералів, що ґрунтуються на процесах мінералоутворення й типоморфних особливостях мінералів. Особливу роль відведено типоморфізму включень у мінералах. Уже тоді в межах Українських Карпат виявили флюїдні вуглеводневі включення (здебільшого рідкі й газові CH_4) у мармароських “діамантах” (Возняк, Грицик, Квасниця, Галабурда, 1973). Олена Лазаренко вперше визначила $T_{\text{гом}}$ газово-рідких включень, які декорують планарні елементи у кварці з імпаکتитів УЩ. Ця температура виявилася такою (130 °С), що відповідала залишковій температурі під час імпульсного стиснення кварцу 10–20 ГПа (Вальтер, 2004). У 1984 р. опубліковано монографію “Типоморфизм минералов полиметаллических и ртутных месторождений Закарпатья” (автори Б. Заціха, В. Квасниця, С. Галій, О. Матковський), у якій серед типоморфних генетичних і розшуково-оцінних ознак мінералів виділяють термобарогеохімічні характеристики і стадійність процесів мінералоутворення.

У 1987 р. опубліковано нову інформацію про особливості магматичного мінералогенезу, пов’язаного з кайнозойським магматизмом, за розплавними включеннями в санідині (анортоклазі), тридиміті, кварці з міаролових порожнин у дацитах Чорної гори Закарпаття (В. Квасниця, В. Мельников, Д. Возняк та ін.). За включеннями гомогенного

захоплення (газовими з найбільшим вмістом твердих фаз такої гетерогенної системи) отримано справжні *PT*-параметри кристалізації санідину (анортоклазу): $T = (1\ 175 - 1\ 000) \pm 15\ ^\circ\text{C}$, $P = [(20 - 25) \cdot 10^{-3}] \pm (0,5 \cdot 10^5)\ \text{Па}$. Кристалізація його разом з тримітом і кварцом відбувалася з магматичного розплаву, який, очевидно, був сольовим, за інтенсивного виділення газової фази.

Майже одночасно у відділі регіональної та генетичної мінералогії Г. Кульчицька провадила важливі прецизійні дослідження включень в осадових мінералах гіпсоангідритових відкладів України. Результати висвітлено в окремих статтях, кандидатській дисертації і вже згадуваній третій книзі циклу “Мінерали Українських Карпат” (у ній Г. Кульчицькій належить характеристика гіпсу й ангідриту). За включеннями ангідриту в гіпсі зроблено висновок, що в солеродному басейні, який був у Передкарпатті в тираський час, сульфат кальцію осаджувався у вигляді як гіпсу, так і ангідриту. На думку Г. Кульчицької, специфічність умов у неогеновому басейні полягала в наявності у складі морської води органічної речовини, зокрема бітумів нафтового ряду.

Надзвичайно важливими стали деякі нові методичні підходи до вивчення включень у мінералах. Серед них вплив γ -опромінення на склад вуглеводневих включень у кварці (Возняк, Литовченко, Кульчицька, 1998), метод оцінки мінімальних значень *PT*-параметрів мінералоутворення за явищами плавлення й розтріскування включень самородного золота у кварці та включеннями CO_2 , що його зафіксували Д. Возняк і В. Павлишин, метод визначення *PT*-параметрів утворення стільникового кварцу – параморфози низькотемпературної модифікації мінералу по високотемпературній з густою мережею залікованої тріщинуватості – за рідинно-газовими “стільниковими” включеннями, який розробив Д. Возняк.

З’ясовано, що високотемпературні потоки CO_2 -флюїду (як продукти дегазації основної (ультраосновної) магми) брали участь у формуванні родовищ різних корисних копалин у межах УЩ (Возняк, Павлишин, 2001). Ці потоки мали високі значення *PT*-параметрів (максимальні значення були не нижчі, ніж $1\ 100 - 1\ 200\ ^\circ\text{C}$ та $820 - 870\ \text{МПа}$) і надходили з глибини понад 40 км. На Майському золоторудному родовищі вони зумовили плавлення й розтріскування включень самородного золота у кварці та утворення включень силікатного складу, а в літєвих пегматитах Інгуло-Інгулецького мегаблока – плавлення й розтріскування піротину та появу у кварці апоскарнових кварцитів (літєве родовище Надія) вторинних включень, у яких законсервовані сульфідні, силікатні й карбонатні розплави. Подальші дослідження Д. Возняка засвідчили, що CO_2 є важливою складовою ендегенних процесів мінералогенезу на УЩ (2015). Науковець зазначив, що нагромаджено багато відомостей про участь потоків CO_2 -флюїду у формуванні родовищ і рудопроявів різних корисних копалин. Зокрема, прояви таких потоків виявлено в камерних пегматитах Волині й на Пержанському берилієвому родовищі (Волинський мегаблок), на Майському родовищі золота в Голованівській шовній зоні та в літєвих пегматитах західної частини Інгульського мегаблока, у межах Азовського цирконій-рідкісноземельного родовища та рідкісноземельно-уран-торієвого рудопрояву Діброва (Приазовський мегаблок). У камерних пегматитах потоки CO_2 -флюїду брали участь у завершальних стадіях формування північної та центральної ділянок пегматитового поля. Ці потоки сприяли формуванню пізнього кварцу, який кристалізувався з гетерогенної системи мінералоутворювальних розчинів типу водний розчин-фази CO_2 . На Пержанському родовищі головний рудний мінерал – гентгельвін – кристалізувався з гетерогенної мінералоутворювальної системи водний високотемпературний сольовий розчин-рідкий CO_2 , про що свідчать знахідки в мінералі сингенетичних первинних включень

CO₂ і водного розчину (Возняк, Галабурда, Бельський, Довбуш, 2015). Доказом високих *PT*-параметрів потоків CO₂ є своєрідні за будовою і генезисом вторинні включення, які назвали включеннями з проміжною мінеральною фазою, або так звані включення з шапочною; їх вважають індикаторними, оскільки вони утворюються тільки за високих значень температури й тиску потоків CO₂ (Возняк, Бельський, Остапенко, 2012).

Важливу генетичну інформацію отримали Д. Возняк і В. Квасниця (2010) за флюїдними включеннями в цирконі кімберлітового типу – парагенному мінералі алмазу. З'ясовано, що утворення алмазу відбувалося спочатку з безводних сольових розплавів, а пізніше – із флюїдів, збагачених водою (гідросилікатними розчинами). У разі некімберлітового способу транспортування алмазу – завдяки проходженню флюїду по ослаблених зонах астеносфери й літосфери – алмазоутворювальний флюїд, найімовірніше, відповідає сольовому (карбонатитовому) розплаву, який близький за складом до включень у цирконі кімберлітового типу, а за властивостями, згідно з геофізичними даними, найбільше відповідає рідкій фазі астеносферної зони Землі (Возняк, Квасниця, Вірт, 2006).

Нові дані одержано за результатами вивчення включень у кварці і плагіоклазі карпатських ігнімбритів ріодацитового складу, по яких розвинуті цеоліти Сокириницького родовища та рудопроявів Водиця й Липча (Мельников, Гречанівська, Дьоменко та ін., 2006; Melnikov, Lazarenko, Greczanovska, 2009; Гречанівська, Лазаренко, Лупашко, 2013). У плагіоклазі виявлено три типи включень: 1) склуваті включення з газовою бульбашкою або без неї. Скло С-1, яке складене з різнобарвних газових глобул (бульбашок), містить > 75 % SiO₂; 2) частково розкристалізовані включення, у яких чітко розрізняють ділянки гомогенного безбарвного і розкристалізованого бурого скла, незаконірно розміщеного в об'ємі включення; 3) зональні розплавні включення, центральна частина яких вивпнена розкристалізованим склом коричневого кольору С-2, збагаченим FeO і CaO. У процесі нагрівання включень до 1 190 °С фіксують оплавлення контурів кристала, у розкристалізованих включеннях – розділення на газову складову і скло. Деякі розкристалізовані включення за $T = 1\ 198\text{--}1\ 199\text{ °С}$ гомогенізуються. У кварці теж виділено три типи включень: 1) розплавні включення мікрогетерогенної структури, які були захоплені до ліквідації; 2) розплавні включення скла з газовими глобулами або без них; двофазова система (силікатний розплав–газова фаза) формувалася за $T = 1\ 180\text{--}1\ 190\text{ °С}$; 3) включення глобул скла С-2 з тонкою поверхнею поділу темного кольору, гомогенізація відбувається за 1 200 °С. Автори дійшли висновку, що ліквідація силікатного розплаву відбувалась за $T = 1\ 200\text{--}1\ 300\text{ °С}$, а кристалізація кристалокластів кварцу і плагіоклазу – за нижчої температури повної гомогенізації.

За даними головно термобарогеохімічних досліджень київські науковці захистили дві докторські дисертації: Возняк Д. “Флюїдні включення у мінералах як індикатори ендегенного мінералоутворення” (2003); Кульчечька Г. “Леткі компоненти мінералів як індикатори мінералоутворення” (2009). Вагоме місце посідають результати ТБГХ-досліджень у докторських дисертаціях В. Павлишина (“Типоморфізм кварца, слюд и полевых шпатов в эндогенных образованиях”, 1981), С. Галія (“Типоморфізм сульфидних мінералов рудних формацій України”, 1995), О. Ємця (“Геохімія та мінералогія мідного і золотополіметалічного зруденіння в геологічних структурах Передсудетта та обрамлення Українського щита”, 2008), К. Деревської (“Палеогідротермальний режим літогенезу та гіпогенного рудоутворення в межах Балтійсько-Дністровської перикратонної зони прогинів у рифей–фанерозой”, 2008). Такі дослідження стали головними або важливою складовою низки кандидатських дисертацій, які захистили О. Щириця (1965), С. Кузнецова (1970), Д. Возняк (1971), Ю. Галабурда (1974), С. Терещенко (1980),

О. Лазаренко (1983), Т. Ігнатенко (1987), Г. Кульчицька (1987), Л. Пасальська (1990), Д. Черниш (2003), О. Гречановська (2011), В. Бельський (2013).

Одним із найвагоміших здобутків київських дослідників є, звичайно, фундаментальна монографія Д. Возняка “Мікрровключення та реконструкція умов ендегенного мінералоутворення” [2] (див. рис. 9). У ній за результатами власних досліджень включень у мінералах і на підставі критичного аналізу попередників описано процеси ендегенного мінералоутворення – від найбільш високотемпературних і високобаричних мантієвих продуктів до низькотемпературних і низькобаричних гідротермальних утворень кварцу типу мармароських “діамантів”. Наведено детальну характеристику флюїдних включень, яка охоплює відомості про їхній генезис, зміни, методи дослідження, висвітлено роль потоків CO₂-флюїдів у мінералоутворенні (на прикладі вже згадуваних Майського золоторудного родовища, рідкіснометалевих і заніркових (камерних) пегматитів УЩ). Спеціальні розділи присвячено стільниковому кварцу як термобарометру та новинкам у використанні включень радіоактивних мінералів для реконструкції умов мінералоутворення. Проаналізовано гідротермальні утворення Карпат, Донбасу і Криму, які пов’язані з вуглеводневими флюїдами, на прикладі мармароських “діамантів” як фіксаторів вуглеводнів. Оригінальним є розділ “Природні несилікатні розплави – генетичні аспекти”, у якому схарактеризовано внесок вивчення включень в алмазі й цирконі з кімберлітів у відтворення фізико-хімічних параметрів алмазоутворювального флюїду та вірогідні способи винесення ним алмазу з мантії у верхні горизонти земної кори, описано виявлені сольові розплави в анортоклазі (санідині) з дацитів Чорної гори (Закарпаття) і прояви незмішуваного силікатного й рудного (оксидного) розплаву у кварцовому порфірі с. Рудня Осошня (північний захід УЩ). Завершальний розділ присвячено використанню флюїдних включень у практиці розшуково-розвідувальних робіт [26, 32].

Дмитрові Возняку належить підготовка й видання за його редакцією книги Б. Заціхи “Кристалогенезис и типоморфные особенности минералов ртутного и флюоритового оруденений Украины” (1989). В основу цієї праці покладено докторську дисертацію Богдана Володимировича – талановитого вченого, молодого доцента кафедри загальної геології, мінералогії і петрографії Івано-Франківського інституту нафти і газу (нині Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу), яку, на жаль, він не захистив через хворобу й передчасну смерть. У зазначеній праці викладено реконструктивний аналіз генетичних особливостей ртутного і флюоритового зруденіння, до якого залучено значну кількість результатів ТБГХ-досліджень.

Київські науковці – непрямі представники ТБГХ-школи Миколи Єрмакова – залучали дослідження включень у мінералах під час аналізу особливостей формування самородної мідної мінералізації у вендських трапах Волині та ртутного і Hg-As-Sb зруденіння в Українських Карпатах. Результати цих робіт висвітлені, головню, у виданнях Інституту фундаментальних досліджень: “Генетичні особливості мінералізації в базальтових туфах волинської серії венду” (Шумлянський, Деревська, Нагальова та ін., 1999); “Парагідротермальна модель самородного мідного рудоутворення в трапах Волині” (Шумлянський, Приходько, Деревська, Загнітко, 2001); “Літогенез і гіпогенне рудоутворення в осадових товщах України” (Шумлянський, Деревська, Дудар та ін., 2003); “Геолого-генетична модель рудоутворювальної системи і пошукові ознаки самородного мідного зруденіння в трапах Волині” (Деревська, Шумлянський, Галецький, 2006); “Температурний режим формування мідної мінералізації в трапах Волині” (Деревська, Безугла, Радзівіл, Александров, 2006); “Деякі особливості літогенезу і рудоутворення у флішових Карпатах” (Шумлянський, Деревська, Загнітко та ін., 2008);

“Мінералізувальні розчини і геохімія ртуті в породах північно-східного Вигорлат-Гутинського вулканічного пасма” (Шумлянський, Деревська, Загнітко та ін., 2009).

Важливі дослідження, пов’язані з вивченням включень у мінералах, провадили у Дніпропетровському гірничому інституті (нині Національний гірничий університет) проф. Е. Лазаренко та його учні. Результати цих досліджень наведено в низці статей і захищених дисертацій: кандидатській (1987) і докторській (1995, 2007) П. Баранова, кандидатських Л. Шукайла (1980) та Л. Козловського (1982). Науковці вперше досить детально дослідили тверді й розплавні включення в акцесорних цирконі й апатиті з трьох орогенних магматичних формацій Закарпаття. Ці роботи виконували в тісній співпраці з науковцями відділу глибинних флюїдів ІГГК НАН України. Основну увагу приділяли хімічному складу розплавних включень, термометричним даним і мінеральному складу твердих включень. Результати досліджень використано не тільки для генетичних побудов, а й для стратиграфічного розчленування вулканітів. Цікавими є такі факти: в апатиті розплавні включення гомогенізувалися за 1 250–1 310 °С, причому в деяких з них під час нагрівання до 1 300 °С з’являлися дві незмішувані рідини, тому такі включення зачислено до ліквацийного типу (Калюжний, Шукайло, Жовтуля, 1978); у розплавних включеннях циркону з ріолітів навіть за нагрівання до 1 500 °С повної гомогенізації не відбувалось (Шукайло, Жовтуля, 1978), а в цирконі з порід андезитової формації тільки за 1 350–1 400 °С помітно плавилася рудні частинки (Шукайло, 1982). Визначено температуру кристалізації мінералів магматичної і післямагматичної стадій утворення ріолітових формацій Карпат (Лазаренко, Козлов, Козловський і др., 1978). Досліджено акцесорні мінерали та розплавні включення в них з порід різного складу і різних фаз вулканізму міоценової ріоліт-ігнімбритової формації (Баранов, Козловський, Соколова, 1984). Петро Баранов у докторській дисертації розробив наукові основи геологопромислового поділу гранітоїдів Західного Приазов’я щодо прогнозування літєвих пегматитів, виконав розбраккування геохімічних аномалій та оцінку каменебарвної сировини за даними твердих включень у кварці. На думку дослідника, генезис мінералів та їхню спеціалізацію визначають за включеннями живильного і мінералоутворювального середовища.

Отже, унікальність генетичної інформації, що її отримують за флюїдними включеннями в мінералах, визначає нові ТБГХ-дослідження. У комплексі вони сприяють вирішенню таких важливих завдань, як “вивчення геохімії продуктів глибинної дегазації та флюїдного режиму літосфери (тектоносфери); визначення джерел флюїдів і закономірностей їхньої геохімічної (мінерал(метал)огенічної) спеціалізації у земній корі; відтворення динаміки мінералогенезу та умов просторово-часової локалізації корисних копалин; з’ясування походження природних вуглеводнів” (Наушко, 2006). Тому, за словами О. Пономаренка зі співавт. [40, с. 17], “вчення про включення виходить за рамки мінералофлюїдології, як його пропонував називати В. Калюжний (1982), і перетворюється у загальну флюїдологію (Наушко та ін., 2000)”.

З фундаментального погляду ми впритул підійшли до створення мінералофлюїдологічної (термобарогеохімічної) моделі Землі. Водночас у практичному аспекті, як зазначив В. Соболев [46], потрібно “достигнуть такого уровня работ, когда можно было бы конкретно сказать: это крупное месторождение, или этот пегматитовый шток, или эта жила открыты только благодаря методам термобарогеохимии, а без них они не были бы открыты”.

Життя підтвердило справедливість цих пророчих слів акад. В. Соболева – видатного вченого українського походження. Адже справді є такі рудні тіла і рудні стовпи, які “не

були б відкриті” без ТБГХ-досліджень. Наприклад, науковці Львівського університету на підставі ТБГХ-даних визначили перспективні ділянки на глибоких горизонтах Зуя-Холбінського золоторудного родовища (Східний Саян); після розкриття їх свердловинами перерахували запаси металу на родовищі, і виявилось, що вони зросли з 8 до понад 350 т золота. Нині є всі підстави зачислити до перспективних за ТБГХ-показниками глибокі горизонти українських золоторудних родовищ (Східноюрійське, Клинівське, Майське, Сауляк та ін.) [34].

Викладене засвідчує, що без вивчення флюїдних включень у мінералах у більшості випадків не можна однозначно вирішити таку важливу наукову проблему, як перебіг природних процесів мінералогенезу в земній корі та верхній мантії. Особливо це стосується процесів, пов'язаних з дефлюїдизацією глибинних горизонтів літосфери, мантійним і коровим петрогенезисом, формуванням різноманітних родовищ корисних копалин, а також післяседиментаційним мінералоутворенням в осадовій товщі, яке супроводжує утворення природних вуглеводнів, їхню міграцію й нагромадження з формуванням відповідних покладів, у тім числі так званих нетрадиційних (метан вугільних покладів, “сланцевий” газ, газ ущільнених колекторів тощо). Саме включення – дефекти кристалічної структури мінералу – є важливим джерелом генетичної інформації й водночас реальними свідками процесів, які відбувалися під час формування мінеральних парагенезисів порід, руд, покладів нафти й газу тощо та відповідних геохімічних і термобаричних ореолів у розшуковому просторі.

Важливими є нові, нетрадиційні прецизійні технології, за допомогою яких можна проводити розшуки корисних копалин одночасно зі з'ясуванням генезису й синтезу вуглеводнів на атомно-молекулярному рівні, фіксованому дефектами у кристалах мінералів. Такі технології розробляють у відділі геохімії глибинних флюїдів ІГГК НАН України у рамках наукових геологічних напрямів “Термобарометрія і геохімія флюїдів прожилково-вкрапленої мінералізації у відкладах нафтогазоносних областей і металогенічних провінцій” та “Надра Землі – природний фізико-хімічний реактор” [33]. Це сприятиме розробці комплексу термобаричних і геохімічних критеріїв прогнозування, розшуків та оцінювання родовищ корисних копалин за генетичними показниками.

Внесок українських учених у галузь термобарогеохімічних досліджень цілком підтверджує влучні та змістовно лаконічні слова одного з раних корифеїв вивчення включень у мінералах К. Сорбі: включення, які ми вивчаємо, дуже малі, проте висновки, яких ми внаслідок цього доходимо, великі. За О. Ферсманом, важливість дослідження визначена не тільки тим, що воно через гушавину лісу прорубує зовсім іншу дорогу, а й тим, що воно робить цю просіку проїжджою і змушує всіх рухатися новим шляхом, а термобарогеохімічна школа проф. М. Єрмакова розширює її, охоплюючи дослідженнями щораз нові, часто непередбачувані об'єкти. Саме в цьому полягає світовий науковий феноменальний поступ сучасних термобарогеохімічних досліджень флюїдних включень у мінералах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Возняк Д. К. Розвиток в Україні вчення про флюїдні включення в мінералах / Д. К. Возняк // Записки Укр. мінерал. т-ва. – 2005. – Т. 2. – С. 34–43.
2. Возняк Д. К. Мікровключення та реконструкція умов ендегенного мінералоутворення / Д. К. Возняк. – К. : Наук. думка, 2007. – 280 с.

3. Геолого-генетична типізація золоторудних родовищ України / [О. Б. Бобров, А. О. Сіворонов, Д. С. Гурський та ін.]. – К. : УкрДГРІ, 2004. – 368 с.
4. Геохимия и термобарометрия эндогенных флюидов : [сб. науч. тр.]. – Киев : Наук. думка, 1988. – 152 с.
5. Давиденко Н. Н. Источники золотоносных россыпей криолитозоны северо-востока Азии (по флюидным включениям в минералах) / Н. Н. Давиденко. – Киев : Наук. думка, 1992. – 200 с.
6. Ермаков Н. П. Исследования минералообразующих растворов (температуры и агрегатное состояние) / Н. П. Ермаков. – Харьков : Изд-во Харьков. ун-та, 1950. – 540 с.
7. Ермаков Н. П. Геохимические системы включений в минералах / Н. П. Ермаков. – М. : Недра, 1972. – 375 с.
8. Ермаков Н. П. Термобарогеохимия / Н. П. Ермаков, Ю. А. Долгов. – М. : Недра, 1979. – 271 с.
9. Зинчук И. Н. Флюидный режим гидротермального минералообразования Центрального Донбасса / И. Н. Зинчук, В. А. Калюжный, А. С. Щирица. – Киев : Наук. думка, 1984. – 104 с.
10. Калюжный В. А. Методи вивчення багатозональних включень у мінералах / В. А. Калюжный. – К. : Вид-во АН УРСР, 1960. – 184 с.
11. Калюжный В. А. Основы учения о минералообразующих флюидах / В. А. Калюжный. – Киев : Наук. думка, 1982. – 240 с.
12. Калюжный В. А. Проблемы исследования эндогенных (минералообразующих) флюидов по включениям в минералах / В. А. Калюжный // Геология и геохимия горючих ископаемых. – 1983. – Вып. 61. – С. 73–78.
13. Ковалевич В. М. Физико-химические условия формирования солей Стебнического калийного месторождения / В. М. Ковалевич. – Киев : Наук. думка, 1978. – 99 с.
14. Ковалевич В. М. Галогенез и химическая эволюция океана в фанерозое / В. М. Ковалевич. – Киев : Наук. думка, 1990. – 156 с.
15. Ковалишин З. И. Флюидный режим гидротермальных процессов Закарпатья / З. И. Ковалишин, М. Д. Братусь. – Киев : Наук. думка, 1984. – 100 с.
16. Комплексне освоєння газовугільних родовищ України на основі потокових технологій буріння свердловин / [В. М. Мойсишин, І. М. Наумко, В. І. Пилипець та ін.]. – К. : Наук. думка, 2013. – 308 с.
17. Кульчицька Г. Феномен успіху термобарогеохімії Миколи Єрмакова (до 100-річчя від дня народження) / Г. Кульчицька, Д. Возняк, Д. Черниш // Мінерал. зб. – 2015. – № 64, вип. 2. – С. 214–225.
18. Лазаренко Е. К. К вопросу о современных задачах советской минералогии / Е. К. Лазаренко // Минерал. сб. – 1951. – № 5. – С. 3–12.
19. Лазаренко Е. К. Опыт генетической классификации минералов / Е. К. Лазаренко. – Киев : Наук. думка, 1979. – 316 с.
20. Лазаренко Е. К. О книге Н. П. Ермакова “Исследования минералообразующих растворов (температуры и агрегатное состояние)” / Е. К. Лазаренко, Е. М. Лазько // Минерал. сб. – 1951. – № 5. – С. 359–368.
21. Лазько Е. М. Физико-химические основы прогнозирования постмагматического оруденения (по термобарогеохимическим данным) / Е. М. Лазько, Ю. В. Ляхов, А. В. Пизнюр. – М. : Недра, 1981. – 256 с.

22. Лазько Е. М. Николай Порфирьевич Ермаков – основоположник термобарогеохимии / Е. М. Лазько, О. И. Матковский, А. В. Пизнюр // Минерал. журн. – 1989. – Т. 11, № 4. – С. 97–98.
23. Леммлейн Г. Г. Классификация жидких включений в минералах / Г. Г. Леммлейн // Зап. Всесоюз. минерал. об-ва. – 1959. – Ч. 88, вып. 2. – С. 137–143.
24. Лесняк В. Ф. Основы анализа физико-химических свойств минералообразующих растворов (по включениям в минералах) / В. Ф. Лесняк. – М. : Недра, 1964. – 219 с.
25. Ляхов Ю. Термобарогеохімічна школа професора М. П. Єрмакова (до 90-річчя з дня народження) / Ю. Ляхов, М. Павлунь, Н. М'язь // Мінерал. зб. – 2003. – № 53, вип. 1–2. – С. 171–177.
26. Матковський О. Монографія Д. К. Возняка “Мікрровключення та реконструкція умов ендегенного мінералоутворення” – ще один крок до пізнання мінералоутворювальних процесів у літосфері / О. Матковський, І. Наумко // Мінерал. зб. – 2007. – № 57, вип. 1. – С. 125–129.
27. Мінерали Українських Карпат. Процеси мінералоутворення / [О. Матковський, П. Білоніжка, Д. Возняк та ін.]. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2014. – 584 с.
28. Мінералоутворюючі флюїди постмагматичних утворень гранітоїдів Українського щита / О. М. Винар, В. А. Калюжний, І. М. Наумко, О. Д. Матвієнко. – К. : Наук. думка, 1987. – 172 с.
29. Мінералоутворюючі флюїди та парагенезиси мінералів пегматитів заноришевого типу України (рідкі включення, термобарометрія, геохімія) / [за ред. В. А. Калюжного]. – К. : Наук. думка, 1971. – 216 с.
30. Минералообразующие флюиды и рудогенез : 7 Всесоюз. совещ. по термобарометрии и геохимии рудообразующих флюидов : материалы (Львов, 30 сентября–2 октября 1985 г.). – Киев : Наук. думка, 1988. – 280 с.
31. Наумко І. М. Підсумки та перспективи досліджень термобарометрії і геохімії палеофлюїдів літосфери (за включеннями у мінералах) / І. М. Наумко, В. А. Калюжний // Геологія і геохімія горючих копалин. – 2001. – № 2. – С. 162–175.
32. Наумко І. М. Вагомий внесок у відтворення процесів ендегенного мінералоутворення (рецензія на монографію Д. К. Возняка “Мікрровключення та реконструкція умов ендегенного мінералоутворення”) / І. М. Наумко, І. В. Попівняк // Мінерал. журн. – 2008. – Т. 30, № 4. – С. 104–107.
33. Наумко І. Нові технології пошуків корисних копалин, основані на дослідженнях флюїдних включень у мінералах / І. Наумко, Й. Сворень // Актуальные проблемы поисковой и экологической геохимии : междунар. науч. конф. : сб. тезисов. – Киев : Інтерсервіс, 2014. – С. 23–25.
34. Павлунь М. М. Історія термобарогеохімічних досліджень на геологічному факультеті: етапи становлення і теоретико-прикладні підсумки / М. М. Павлунь // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. геол. – 2012. – Вип. 26. – С. 18–36.
35. Петриченко О. И. Атлас микровключений в минералах галогенных пород / О. И. Петриченко. – Киев : Наук. думка, 1977. – 182 с.
36. Петриченко О. И. Физико-химические условия осадкообразования в древних солеродных бассейнах / О. И. Петриченко. – Киев : Наук. думка, 1988. – 128 с.
37. Петриченко О. И. Эпигенез эвапоритов / О. И. Петриченко. – Киев : Наук. думка, 1989. – 64 с.
38. Петриченко О. Й. Методи дослідження включень у мінералах галогенних порід / О. Й. Петриченко. – К. : Наук. думка, 1973. – 91 с.

39. Пизнюр А. В. Основы термобарогеохимии / А. В. Пизнюр. – Львов : Вища школа, 1986. – 200 с.
40. Пономаренко О. М. Розвиток мінералогічних ідей Володимира Вернадського в Україні / О. М. Пономаренко, Г. О. Кульчицька, Д. С. Черниш // Мінерал. журн. – 2013. – Т. 35, № 1. – С. 14–23.
41. Професор Микола Порфірович Єрмаков – теоретик і засновник нової галузі геологічних знань – термобарогеохімії (до 100-річчя від дня народження) / Ю. Ляхов, О. Матковський, М. Павлунь, А. Сіворонов // Мінерал. зб. – 2013. – № 63, вип. 2. – С. 4–13.
42. Професор Николай Порфирьевич Ермаков – теоретик и основатель нового направления геологической науки – термобарогеохимии (к 100-летию со дня рождения) / Ю. В. Ляхов, О. И. Матковский, Н. Н. Павлунь, А. А. Сиворонов // Смирновский сборник – 2014 (научно-литературный альманах). – М., 2014. – С. 27–37.
43. Реддер Э. Флюидные включения в минералах : в 2 т. / Э. Реддер. – М. : Недра, 1987. – Т. 1. – 560 с. ; Т. 2. – 632 с.
44. Смит Ф. Г. Геологическая термометрия по включениям в минералах / Ф. Г. Смит / [под ред. и с дополнениями Г. Г. Леммлейна]. – М. : Иностран. л-ра, 1956. – 166 с.
45. Соболев В. С. Введение в минералогию силикатов / В. С. Соболев. – Львов : Изд-во Львов. ун-та, 1949. – 332 с.
46. Соболев В. С. О состоянии и задачах термобарогеохимических исследований / В. С. Соболев // Использование методов термобарогеохимии при поисках и изучении рудных месторождений. – М. : Недра, 1982. – С. 4–6.
47. Тезисы докладов регионального совещания по термобарогеохимии процессов минералообразования / [отв. ред. Н. П. Ермаков]. – Ростов-н/Д. : Изд-во Ростов. ун-та, 1973. – 362 с.
48. Термобарогеохимия золота (прогнозирование, поиски и оценка оруденения) / Ю. В. Ляхов, Н. Н. Павлунь, А. В. Пизнюр, И. В. Попивняк. – Львов : Свит, 1995. – 280 с.
49. Термобарометрия и геохимия рудообразующих флюидов (по включениям в минералах) : 7 Всесоюз. совещ. : тез. докл. (Львов, 30 сентября–2 октября 1985 г.). – Львов, 1985. – Ч. 1. – 220 с. ; Ч. 2. – 272 с.
50. Углерод и его соединения в эндогенных процессах минералообразования (по данным изучения флюидных включений в минералах) : республ. совещ. : тез. докл. (Львов, сентябрь 1975 г.). – Львов, 1975. – 116 с.
51. Углерод и его соединения в эндогенных процессах минералообразования (по данным изучения флюидных включений в минералах). – Киев : Наук. думка, 1978. – 172 с.
52. Учення про мінералотворні флюїди : пріоритетні завдання розвитку на сучасному етапі / І. Наумко, В. Калюжний, М. Братусь [та ін.] // Мінерал. зб. – 2000. – № 50, вип. 2. – С. 22–30.
53. Флюїдний режим катагенно-гідротермального процесу періоду формування жильної, прожилкової і прожилково-вкрапленої мінералізації в осадових товщах / І. Наумко, М. Братусь, І. Дудок та ін. // Карпатська нафтогазоносна провінція. – Львів ; К. : ТОВ “Український видавничий центр”, 2004. – С. 308–345.
54. Флюїдний режим мінералоутворення в літосфері (в зв'язку з прогнозуванням корисних копалин) / [М. Д. Братусь, М. М. Давиденко, І. М. Зінчук та ін.]. – К. : Наук. думка, 1994. – 192 с.

55. Roedder E. Fluid inclusions / E. Roedder // Reviews in Mineralogy. – Virginia : Mineral. Soc. of America, 1984. – Vol. 12. – 644 p.
56. Yermakov N. P. Research on the Nature of Mineral-Forming Solutions (With Special Reference to Data from Fluid Inclusions) / N. P. Yermakov / [ed. Edwin Roedder]. – New York : Pergamon, 1965. – 750 p.

*Стаття: надійшла до редакції 09.03.2017
прийнята до друку 26.04.2017*

**PROFESSOR MYKOLA YERMAKOV
THERMOBAROGEOCHEMICAL SCHOOL
AND ITS CONTRIBUTION TO THE DEVELOPMENT
OF GENETIC MINERALOGY AND THE THEORY
OF MINERAL DEPOSITS**

O. Matkovskiy¹, I. Naumko², M. Pavlun¹

¹*Ivan Franko National University of Lviv,
4, Hrushevskiy St., 79005 Lviv, Ukraine
E-mail: mineral@franko.lviv.ua*

²*Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals of NASU,
3a, Naukova St., 79060 Lviv, Ukraine
E-mail: naumko@ukr.net*

The world-famous thermobarogeochemical school of Professor Mykola Yermakov has been originated at the Geological faculty of the Lviv University in the late 1940's–early 1950-ies. Now it is officially approved by the Ministry of Education and Science of Ukraine. Following events played an important role in the origin of the school: (1) creation by M. Yermakov world's first specialized laboratory for the study of inclusions and attraction of the first graduates of Geological faculty to carrying out these studies; (2) the design of new instruments, improvement of equipment to heat the inclusions in air (chamber of M. Yermakov) and in contact with the metal (chamber of V. Kaliuzhnyi), the creation and application of automatic thermoacoustic logger (Yu. Dolhov), development of methods and facilities for submicroscopic definitions of the composition and concentration of solutions in the individual inclusions (V. Kaliuzhnyi); (3) first publication of M. Yermakov research results and in-depth analysis of predecessors researches, etc. Scientific centers for the study of inclusions in minerals appeared in various regions of the former USSR (Kyiv, Moscow, Novosibirsk, Leningrad (now Saint Petersburg), Vladivostok, Ulan-Ude, Almaty, Rostov-on-Don, etc.) and abroad.

The formation of thermobarogeochemistry as a branch of knowledge at the junction of geochemistry and mineralogy falls on the 1960–1970-ies. Thermobarogeochemical studies have been actively conducted not only at the Lviv University, where thermobarogeochemistry has been originated, but in the scientific institutions of the Academy of Sciences – at the Institute of Geology of Useful Minerals (now the Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals of NASU) in Lviv and the Institute of Geochemistry and Physics of Minerals (now M. P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NASU) in Kyiv.

Thermobarogeochemical investigations at the Lviv University had and have today largely applied focus: they are associated with the endogenous ore formation at the different genetic type deposits of nonferrous, rare and noble metals (scientific works of Ye. Lazko, V. Lesniak, Yu. Li-

akhov, M. Pavlun, A. Pizniur, I. Popivniak et al.). Pioneer was the research of A. Yasynska, which was first proposed genetic classification of inclusions in minerals of meteorites and the Moon rocks. Today the teaching discipline “Thermobarogeochemistry” is taught to students of the Geological faculty.

The scientists of the Ukrainian academic institutions deepen and develop thermobarogeochemical direction of the geological science in part of genetic mineralogy, ore formation and metallogenic forecast assessment of mineral deposits and perspective areas. For example, thermobarogeochemical researches at the Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals is concerned with the study of mineral formation in endogenous processes (magmatic, pegmatitic, hydrothermal-metasomatic); they are also used to solve a number of problems of exogenous mineral formation, in particular related to the peculiarities of the salts crystallization in evaporative basins, formation conditions of saline deposits and application of the results in practice (V. Kaliuzhnyi, O. Petrychenko, V. Kovalevych, I. Naumko and other scientists).

At the Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation, the laboratories for the study of inclusions, which are equipped with the most modern equipment, have been established. This allows to obtain objective data regarding the parameters of formation (temperature, pressure, mineral-forming fluids chemical composition) of different objects – Volyn chamber pegmatites, iron-ore deposits of Kryvyi Rih basin, gold-polymetallic mineralization of Donbas, rare-metal mineralization of the Ukrainian shield, geological formations of the Carpathian region etc. (the scientific works of D. Vozniak, H. Kulchytska, V. Pavlyshyn and other researchers).

The article convincingly proved that the study of inclusions in minerals have become a unique source of quantitative genetic information about the parameters of the long and complex process of minerogenesis in different fluid-dynamic situations of the lithosphere. Due to the results of comprehensive precision study of fluid inclusions in minerals the thermobaric and geochemical characteristics of the fluid environment of minerals crystallization have been reconstructed as well as mineral paragenetic assemblages in rocks and ores of magmatic, pegmatitic, hydrothermal and sedimentary origin. The possibility of the application of thermobarogeochemical research in the practice of prospecting, exploration and exploitation has been proven and in many cases has been implemented.

Key words: Mykola Yermakov, thermobarogeochemical school, thermobarogeochemistry, inclusions in minerals, fluid, mineral-forming environment, history of science, Lviv University.

УДК 552.323.6:551.3.053:549.08(673)

ОСОБЛИВОСТІ КОРИ ЗВІТРЮВАННЯ КІМБЕРЛІТОВОЇ ТРУБКИ ОЧИНЖАУ (ПІВДЕННО-ЗАХІДНА АНГОЛА)

Б. Манчур, Н. Білик, С. Бекеша

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

Наведено результати петрографічного, рентгеноструктурного та мікрозондового дослідження порід верхніх горизонтів кімберлітової трубки Очинжау (Ангола). Матрикс породи складений дрібним карбонат-смектитовим агрегатом, у якому діагностовано моноклінні піроксени, калієвий польовий шпат, перовськіт, ільменіт, шпінеліди, магнетит, циркон, апатит. Смектит представлений триоктаедричним різновидом – сапонітом. Особливості хімічного складу породи засвідчують характер накладених низькотемпературних мінеральних перетворень і наявність ксеногенного матеріалу. Вміст перовськіту високий. За сингенними зростками ільменіту й магнетиту та зернами зі структурою розпаду твердого розчину магнетит–ільменіт обчислено температуру мінералоутворення за відповідними геотермометрами.

Ключові слова: кімберлітова трубка, кора звітрювання, перовськіт, сапоніт, шпінеліди, ільменіт, геотермометр, Ангола.

Республіка Ангола унікальна щодо запасів природних діамантів, оскільки на її території розташована п'ята частина всіх корінних африканських родовищ діаманту. Головні промислові кімберлітові тіла сконцентровані на північному сході країни – у провінціях Лунда-Норте і Лунда-Сул. Виділено чотири кімберлітові поля – Катока, Камачія, Камафука-Камазамбо і Каматуе. Кімберлітові трубки, яких нині налічують близько 80, тягнуться до зони розломів Лукапа в межах південно-західного схилу щита Кассаї; вік кристалічної основи перевищує 2,5 млрд років.

Протягом останніх 15–20 років провадять інтенсивні розшукові роботи на діамант у південно-західній частині Анголи – у межах Ангольського щита, у зоні його зчленування з плитою Окаванго, розташованою до півдня. Дослідження ведуть, головню, за контуром накладеної западини Кунене, яка почала формуватися всередині кратону в палеогеновий час, і цей процес триває досі. Потужність осадових утворень тут сягає 300 м. За межами западини (на захід, північ і північний схід) розвинені докембрійські породи фундаменту – переважно плагіогнейси, зрідка амфіболіти і кварцити. У зонах ультраметаморфізму наявні еклогіти і плагіомігматити. Загалом у цьому регіоні Анголи поширені різні за складом і генезисом стратифіковані утворення архею, протерозою і фанерозою [6].

Наразі на описуваній території дослідники виявили дев'ять кімберлітових трубок (рис. 1): на крайньому півдні площі (поблизу кордону з Намібією) – куц трубок Галанже (чотири тіла – Галанже-I-IV), у північній частині – трубки Чихолонго і Шікуатите, а

також Очинжау й Палуе, які розташовані між ними; на схід від зазначених трубок, у басейні р. Кувелаї, відшукали трубку Віньяті. Абсолютні позначки виявлених діатрем змінюються від 950 м (Галанже-II і -III) до 1 420 м (Чихолонго).



Рис. 1. Схема розміщення кімберлітових тіл Південно-Західної Анголи.

Групи трубок: 1 – північна; 2, 3 – проміжна (2 – трубка Очинжау); 4 – південна.

Діатреми мають витягнуту, ізометричну і складну форму, їхній розмір змінюється від кількох десятків до кількох сотень метрів.

Вмісним для кімберлітових трубок поля Галанже є архейський комплекс фундаменту. Решта діатрем проривають нижньопротерозойські утворення: Чихолонго й Шікуатите – анортозити плутону Кунене, а Очинжау, Палуе і Віньяті – інтрузивні сієніти і граніти.

Вік зазначених кімберлітових тіл, як і інших кімберлітів Анголи, крейдовий. За цирконом з порід трубки Галанже-II (уран-свинцевий метод, лабораторія проф. У. Л. Гріффіна, австралійський університет Макуарі) визначено вік $102,9 \pm 1,7$ млн років; за флогопітом з основної маси кімберліту трубки Шікуатите (калій-аргоновий метод, лабораторія ізотопної геології і геохронології ІГЕМ РАН, Росія) – 372 ± 8 млн років [8].

Кімберлітову трубку Очинжау, площа якої становить 0,7 га (належить до дрібних), розкрито 14 гірськими виробками. За відібраним у них геологічним матеріалом виділено кімберлітові брекчії темно-сірого кольору з автолитою структурою основної маси і три різновиди туфобрекчій: з нерівномірною горизонтально-смугастою текстурою, породи сіро-зеленого кольору з дрібноуламковою структурою і плямистою текстурою, а

також породи голубувато-сірого кольору з дрібно-середньоуламковою структурою. Таку чотирифазову будову трубки дослідники пов'язують з багатостадійністю процесу її формування [6]. Верхня частина тіла складена голубувато-сірою дрібноуламковою брекчією з уламками анортозитів і пісковиків (до 10–15 %); з глибиною переважає автолітова брекчія, яка містить до 30 % ізометричних автолітових виділень розміром 0,5–3,0 см.

У породах зафіксовано типові мінерали-супутники діаманту: пікроільменіт (суттєво домінує), піроп, хромшпінеліди і хромдіюксид.

Наші дослідження присвячені вивченню кори звітрювання трубки Очинжау за допомогою петрографічного, хімічного, рентгеноструктурного і мікрозондового аналізів. Хімічний аналіз порід виконано в лабораторії Інституту геології і геохімії горючих копалин НАН України (аналітик Л. Білик), рентгеноструктурний аналіз – у рентгенівській лабораторії геологічного факультету Львівського національного університету імені Івана Франка (аналітик А. Дворянський). Склад головних мінералів визначали енергодисперсійним методом на растровому електронному мікроскопі-мікроаналізаторі РЕММА-102-02 (лабораторія науково-технічного і навчального центру низькотемпературних досліджень Львівського національного університету імені Івана Франка, аналітик Р. Серкіз).

Породи кори звітрювання трубки Очинжау представлені, головню, зміненими масивними кімберлітовими брекчіями, які мають буро-сірий колір і порфірову структуру (рис. 2).



Рис. 2. Змінена кімберлітова брекчія з кори звітрювання трубки Очинжау.

Петрографічні й мікрозондові дослідження засвідчили, що магматична складова брекчій інтенсивно змінена. Матрикс породи складений дрібним карбонат-сметкитовим агрегатом, у якому мікрозондовим аналізом діагностовано моноклінні піроксени, калієвий польовий шпат, перовськіт, ільменіт, шпінеліди, магнетит, циркон, апатит. Розмір зерен – від 0,01 до 0,60 мм.

Особливості хімічного складу породи свідчать про характер накладених низькотемпературних мінеральних перетворень і наявність ксеногенного матеріалу, мас. %: SiO₂ – 31,10; TiO₂ – 3,40; Al₂O₃ – 6,46; Fe₂O₃ – 10,20; Cr₂O₃ – 0,053; MnO – 0,15; MgO – 10,86; CaO – 17,78; Na₂O – 0,54; K₂O – 1,65; P₂O₅ – 0,70; H₂O – 5,14; в. п. п. – 11,59. Підвищений вміст CaO зумовлений наявністю в цементі кальциту й насиченням цементу уламками польових шпатів, а підвищена кількість заліза й титану – наявністю в породі перовськіту й ільменіту. Вміст головних петрогенних компонентів (TiO₂, Fe₂O₃, K₂O) загалом відповідає класичним кімберлітам, незважаючи на велику кількість ксеногенного матеріалу [8]. За хімічним складом брекчії кори звітрювання трубки Очинжау найбільше подібні до аналогічних порід кімберлітових трубок Архангельської діамантоносною провінції [1].

Моноклінні піроксени наявні в основній масі породи у вигляді блідо-зелених зерен неправильної, частково ізометричної чи видовженої форми (рис. 3, а). Трапляються облямівки піроксену навколо ільменіту (див. рис. 3, б). У табл. 1 наведені результати мікрозондового аналізу клінопіроксенів, які свідчать про те, що досліджувані мінерали належать до субкальцієвих клінопіроксенів шпінель-піроксенової фації глибинності [7].

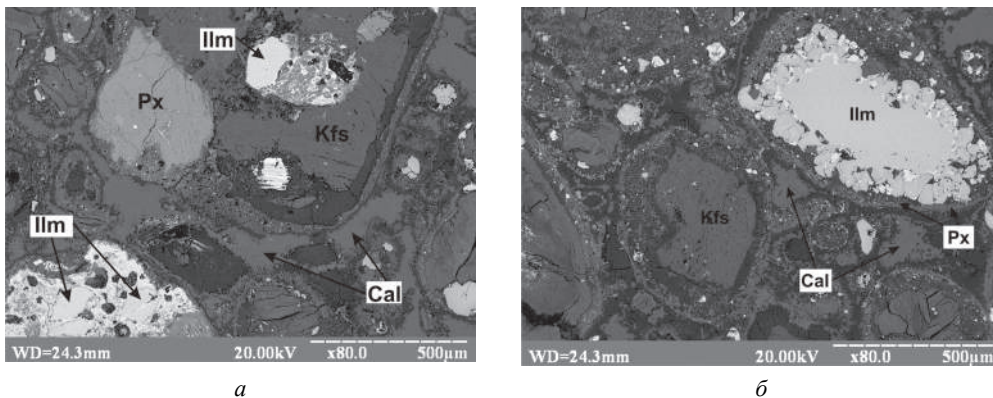
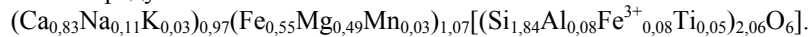


Рис. 3. Зерно піроксену (Px) неправильної форми (а) та розвиток піроксену у вигляді облямівки навколо зерна ільменіту (б) у кімберлітовій брекчії з кори звітрювання. BSE-зображення. Мінерали: Ilm – ільменіт, Kfs – калієвий польовий шпат, Cal – кальцит.

Кристалохімічна формула мінералу засвідчує належність його до піроксену діопсид-геденбергітового ряду:



Перовськіт – один із найпоширеніших первинних мінералів основної маси кімберлітів. Він є майже в усіх діатремах відомих діамантоносних провінцій як акцесорний мінерал, а в окремих трубках – і як породоутворювальний. Звичайно в кімберлітах відшукують дві морфологічні відміни перовськіту. Найбільше поширені виділення округло-неправильної форми, які рівномірно розсіяні в матриксі породи, проте їх ніколи не фіксували у вигляді сингенетичних включень у протомінералах, а це підтверджує їхню

субвулканічне походження. Інша морфологічна відміна перовськіту в кімберлітах представлена дрібнозернистими виділеннями в реакційних облямівках по периферії зерен пікроільменіту [2].

Таблиця 1

Хімічний склад та формульні коефіцієнти піроксенів з кімберлітової трубки Очинжау за результатами мікрозондового аналізу, мас. %

Компонент	Номер проби				
	6	7	24	28	31
SiO ₂	42,65	42,45	49,46	49,86	45,58
TiO ₂	2,05	2,06	1,51	2,35	0,69
Al ₂ O ₃	2,25	2,04	1,97	1,65	0,97
Cr ₂ O ₃	0	0	0,14	0,35	0,00
Fe ₂ O ₃	4,78	4,10	0	0	3,98
FeO	20,26	21,22	6,64	7,77	24,68
MnO	1,63	1,57	0	0	0,88
MgO	3,66	4,10	16,00	15,38	2,98
CaO	20,31	20,40	17,42	18,76	19,70
Na ₂ O	1,23	1,11	1,99	2,34	0,45
K ₂ O	1,20	0,95	0,16	0,25	0,10
Сума	100,00	100,00	95,29	98,71	100,00
Формульні коефіцієнти					
Si	1,76	1,76	1,92	1,89	1,88
Ti	0,06	0,06	0,04	0,07	0,02
Al	0,11	0,10	0,09	0,07	0,05
Fe ³⁺	0,15	0,13	0,00	0,00	0,12
Сума	2,08	2,05	2,05	2,03	2,07
Fe ²⁺	0,70	0,73	0,22	0,25	0,85
Mn	0,06	0,06	0,00	0,00	0,03
Mg	0,23	0,25	0,92	0,87	0,18
Сума	0,98	1,04	1,14	1,11	1,06
Ca	0,90	0,90	0,72	0,76	0,87
Na	0,10	0,09	0,15	0,17	0,04
K	0,06	0,05	0,01	0,01	0,01
Сума	1,06	1,04	0,88	0,94	0,91

У кімберлітовій брекчії зони звітрювання трубки Очинжау перовськіт утворює дрібні зерна ізометричної форми в карбонат-сметитовому агрегаті, а також є у зростках з ільменітом і шпінелідами (рис. 4). Отже, чітко розрізняють дві зазначені морфологічні відміни цього мінералу.

Згідно з результатами мікрозондового аналізу (табл. 2), кристалохімічна формула перовськіту така: Ca_{0,88}(Ti_{1,03}Al_{0,01})_{1,04}O₃.

Ільменіт переважає серед мінералів-супутників діаманту в брекчіях кори звітрювання трубки. Він утворює або окремі зерна неправильної форми, або зростки з перовськітом, шпінелідами й магнетитом (рис. 5). Зафіксовано виділення ільменіту монолітної й агрегатної (гранульованої) будови. Практично всі зерна вкриті реакційною облямівкою, у складі якої чітко виділяється перовськіт. Одна з особливостей досліджуваного ільменіту – у ньому низька концентрація магнію і немає хрому (табл. 3). Зазначимо, що низькохромистий ільменіт відомий у включеннях у діаманті, а також у недіамантоносних еклогітах і вебстеритах у флогопіт-піроксен-ільменітовій асоціації [7].

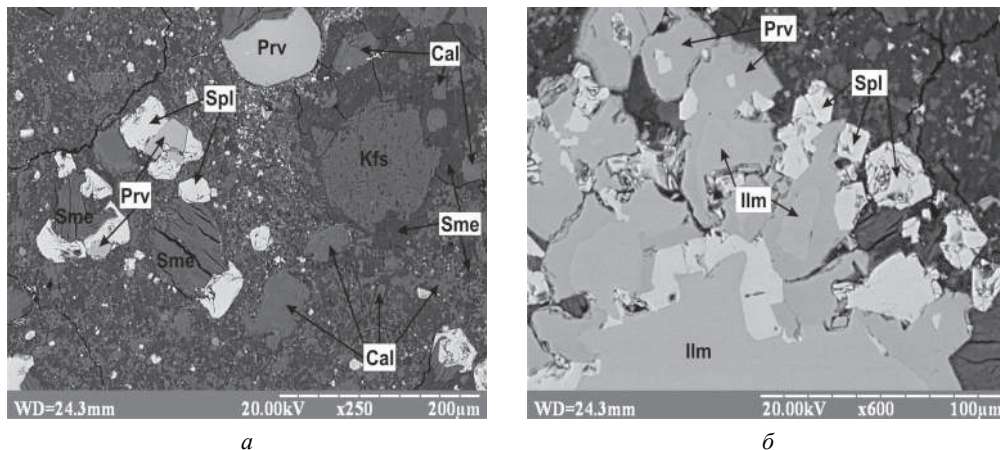


Рис. 4. Ізометричні зерна перовськіту (Prv) у карбонат-сметитовому агрегаті (а) та зростки перовськіту зі шпінелідами й ільменітом (б). BSE-зображення. Мінерали: Cal – кальцит, Sme – сметит, Spl – шпінель, Ilm – ільменіт.

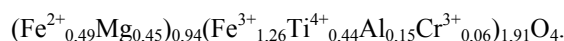
Таблиця 2

Хімічний склад і формульні коефіцієнти перовськіту з трубки Очинжау за результатами мікрозондового аналізу, мас. %

Компонент	Номер проби				
	2	9	10	15	17
SiO ₂	0,51	0,52	0,46	0,25	0,46
TiO ₂	58,31	61,49	61,49	61,94	61,31
Al ₂ O ₃	0,89	0,41	0,17	0,28	0,28
Fe ₂ O ₃	0,96	0	0	0	0
FeO	0	1,42	1,33	0,97	1,04
CaO	39,8	35,63	34,54	35,07	36,53
Na ₂ O	0	0,31	0,02	0,31	0
Сума	100,47	99,78	98,01	98,82	99,62
Формульні коефіцієнти					
Ca	0,95	0,86	0,84	0,85	0,88
Na	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Сума	0,95	0,86	0,84	0,86	0,88
Ti	0,98	1,04	1,05	1,05	1,04
Al	0,02	0,01	0,00	0,01	0,01
Fe ³⁺	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
Сума	1,02	1,05	1,05	1,06	1,04

Обчислена за результатами мікрозондового аналізу кристалохімічна формула ільменіту засвідчує високий вміст у ньому гематитового компонента, тому мінерал можна зачислити до феромагнітного різновиду: $(\text{Fe}^{2+}_{0,90}\text{Mn}_{0,07})_{0,97}\text{Ti}_{1,02}\text{O}_3$.

Шпінеліди наявні, головнo, у вигляді дуже дрібних (близько 100 мкм) зерен у зростках з перовськітом та ільменітом (див. рис. 4, б); ідіоморфних виділень не зафіксовано. Кристалохімічна формула шпінелідів за результатами мікрозондового аналізу (табл. 4) така:



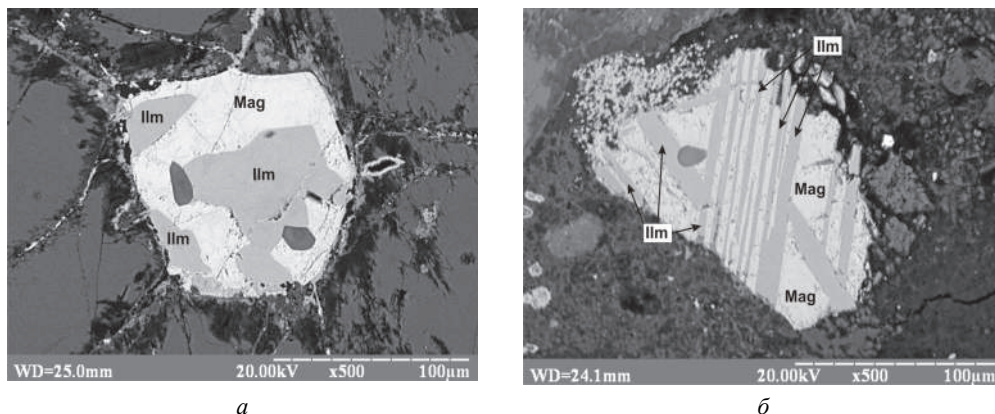


Рис. 5. Зросток ільменіту (Ilm) з магнетитом (Mag) (а) та структури розпаду твердих розчинів ільменіту й магнетиту (б). BSE-зображення.

Таблиця 3

Хімічний склад та формульні коефіцієнти ільменіту
за результатами мікрозондового аналізу, мас. %

Компонент	Номер проби				Компонент	Номер проби			
	1	3	5	7		1	3	5	7
TiO ₂	53,33	53,59	54,50	54,37	Ti	1,01	1,01	1,02	1,02
FeO	43,52	43,67	41,49	42,94	Fe ²⁺	0,92	0,92	0,87	0,90
MnO	3,14	2,75	4,02	2,70	Mn	0,07	0,06	0,09	0,06
Сума	100,00	100,00	100,00	100,00	Сума	0,98	0,98	0,95	0,96

Таблиця 4

Хімічний склад та формульні коефіцієнти шпінелідів
за результатами мікрозондового аналізу, мас. %

Компонент	Номер проби						
	8	16	18	19	22	26	27
TiO ₂	19,59	17,32	19,13	18,79	15,27	11,96	19,69
Al ₂ O ₃	2,50	3,65	3,29	3,36	4,57	5,43	3,22
Cr ₂ O ₃	4,17	1,71	4,09	4,01	0,40	0,17	1,81
Fe ₂ O ₃	46,79	49,22	47,99	47,54	52,99	55,11	45,78
FeO	17,22	18,68	14,41	16,69	18,69	16,60	18,35
MgO	9,72	9,41	9,94	8,56	7,87	8,76	8,58
Сума	100,00	100,00	98,85	98,95	99,78	98,02	97,43
Формульні коефіцієнти							
Ti	0,49	0,49	0,47	0,47	0,39	0,30	0,49
Al	0,10	0,16	0,13	0,13	0,18	0,21	0,13
Cr	0,11	0,05	0,11	0,11	0,01	0,00	0,05
Fe ³⁺	1,17	1,39	1,19	1,19	1,34	1,39	1,15
Сума	1,86	2,10	1,89	1,89	1,92	1,92	1,82
Fe ²⁺	0,48	0,59	0,40	0,46	0,53	0,47	0,51
Mg	0,48	0,53	0,49	0,42	0,39	0,44	0,43
Сума	0,96	1,12	0,88	0,89	0,92	0,91	0,94

Смектити цілком замістили релікти первинних мінералів, містяться в цементувальній масі, утворюють облямівки різної товщини навколо польових шпатів і піроксенів (рис. 6).

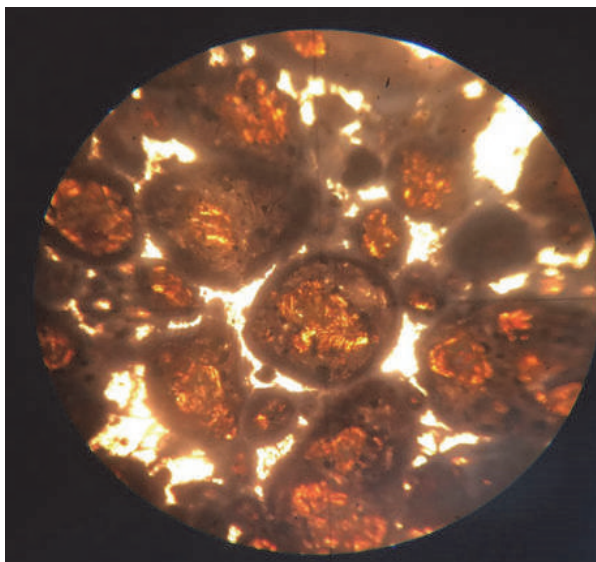
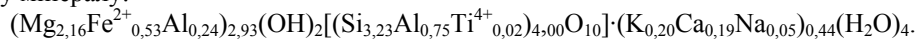


Рис. 6. Розвиток сапоніту по реліктах первинних мінералів. З аналізатором; $\times 64$.

За результатами мікрозондового аналізу (табл. 5) обчислено кристалохімічну формулу мінералу:



З формули випливає, що мінерал відповідає сапоніту – магнезійальному триоктаедричному смектиту [3]; це підтверджено рентгеноструктурним аналізом (чітка лінія 060 на дифрактограмі мінералу, $d = 0,153$ нм).

Наявність сингенних зростків ільменіту й магнетиту (див. рис. 5, а) та зерна зі структурою розпаду твердого розчину магнетит–ільменіт (див. рис. 5, б) дала змогу обчислити температуру мінералоутворення. Зокрема, за хімічним складом ільменіту й магнетиту в сингенному зростку (за ільменіт-магнетитовим геотермометром) визначено температуру мінералоутворення, яка коливається від 484 до 531 °С (табл. 6). Значення температури мінералоутворення, обчислені за хімічним складом ільменіту й магнетиту в зерні зі структурою розпаду твердого розчину, коливаються від 593 до 610 °С (табл. 7).

Отже, кімберлітам трубки Очинжау притаманна така особливість: замість серпентинізації, яка виявлена в кімберлітах багатьох провінцій Світу, простежуються сапонітизація й карбонатизація. Загалом це характерно для діатрем, що оточені порівняно пухкими кварц-польовошпатовими пісковиками, алевролітами й аргілітами.

Аналогом можуть слугувати діамантоносні породи півночі Східноєвропейської платформи, зокрема, Золотицьке кімберлітове поле в Архангельській обл. [1, 4].

Найпоширенішими мінералами сапонітизованих брекчій, крім власне сапоніту, є серпентин, тальк і кальцит. Сапоніт може бути в породах у значному глибинному інтервалі – від поверхні до глибше 700 м. Відомо [8, 9], що в корах звітрювання кімберлітів цього мінералу нема в асоціації з власне монтморилонітом, а також іншими гіпергенними мінералами. Це унеможлиблює формування сапоніту під час гіпергенної стадії.

Таблиця 5

Хімічний склад та формульні коефіцієнти смектитів
за результатами мікрозондового аналізу, мас. %

Компонент	Номер проби						
	3	4	11	13	14	23	25
SiO ₂	39,47	41,21	45,94	41,55	43,76	40,49	45,61
TiO ₂	0,28	0,48	0,40	0,36	0,66	0,58	0,15
Al ₂ O ₃	15,05	13,72	9,87	10,66	9,02	10,03	8,53
Cr ₂ O ₃	0	0	0	0,09	0,20	0,17	0
FeO	12,02	2,02	3,33	16,48	6,04	15,76	2,09
MnO	0	0,29	0	0	0	0	0
MgO	14,07	20,48	23,48	14,83	21,51	16,01	23,76
CaO	1,31	3,14	3,24	1,73	3,20	1,28	2,62
Na ₂ O	0	0	0	0	0,91	0,66	0,44
K ₂ O	3,76	0,20	0,39	4,88	0,62	4,50	0
Сума	85,96	81,54	86,65	90,58	85,92	89,48	83,20
Формульні коефіцієнти							
Si	3,08	3,16	3,34	3,19	3,29	3,14	3,41
Ti	0,02	0,03	0,02	0,02	0,04	0,03	0,01
Al	0,90	0,81	0,64	0,79	0,68	0,83	0,57
Сума	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Al	0,49	0,43	0,20	0,17	0,12	0,09	0,18
Fe ²⁺	0,79	0,13	0,20	1,06	0,38	1,02	0,13
Mn	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	1,64	2,34	2,54	1,70	2,41	1,85	2,65
Сума	2,91	2,92	2,94	2,92	2,91	2,97	2,96
Ca	0,11	0,26	0,25	0,14	0,26	0,11	0,21
Na	0,00	0,02	0,00	0,00	0,13	0,10	0,06
K	0,37	0,00	0,04	0,48	0,06	0,45	0,00
Сума	0,48	0,28	0,29	0,62	0,45	0,65	0,27

Таблиця 6

Температура мінералоутворення, визначена за ільменіт-магнетитовим геотермометром
(у сингенному зростку), за [13], °C

Літературне джерело	Аналіз 2-1	Аналіз 4-3	Аналіз 2-3
A. T. Anderson [11]	485	531	511
I. S. E. Carmichael [12]	484	524	513
D. H. Lindsley, K. J. Spencer [14]	491	531	519
Jr. J. C. Stormer [15]	487	527	515

Таблиця 7

Температура мінералоутворення за ільменіт-магнетитовим геотермометром
(у зерні зі структурою розпаду твердого розчину), за [13], °C

Літературне джерело	Аналіз 6-7	Аналіз 8-7
A. T. Anderson [11]	600	605
I. S. E. Carmichael [12]	593	600
D. H. Lindsley, K. J. Spencer [14]	600	608
Jr. J. C. Stormer [15]	597	603

Дослідники виділяють дві асоціації сапоніту: з підпорядкованим вмістом тальку та з серпентином. Перша асоціація приурочена, головню, до верхніх горизонтів кімберлітових тіл, друга – до глибоких. Що ж до кори звітрювання трубки Очинжау, то ні тальку, ні серпентину в ній нема, а сапоніт тісно асоціює з кальцитом.

За вмістом SiO_2 (40–46 мас. %) сапоніт є більш кислим мінералом, ніж серпентин, тому для його утворення потрібне кисліше середовище. Подібна ситуація може статися або під час винесення з системи MgO , або в разі привнесення до неї SiO_2 . Найімовірніше, що реалізований другий варіант, коли відбувалися взаємодія післямагматичних розчинів з ксеногенним матеріалом та їхнє збагачення кремнеземом; такі розчини впливали на олівін або продукти його заміщення, що і приводило до формування сапоніту.

Привертає увагу хімічний склад шпінелідів із брекчій кори звітрювання трубки. Ми не зафіксували класичних хромшпінелідів, притаманних кімберлітам, – з умістом Cr_2O_3 понад 50 % і помірною концентрацією TiO_2 (3–6 %). Водночас простежується чітка аналогія зі шпінелідами з лампроїтів Західного Кімберлі (Австралія) [4], де визначено достатньо складний еволюційний тренд мінералів цієї групи: спочатку зменшується вміст Al і Mg за сталої концентрації Ti та щораз вищого вмісту Cr й Fe (тобто відбувається заміщення титанистого магнезійного алюмохроміту титанистим магнезійним хромітом); згодом вміст Mg зменшується, а концентрація Fe^{2+} збільшується за сталою вмісту Cr й Ti (від титанистого магнезійного хроміту до титанистого хроміту); нарешті зростає концентрація Ti , Fe^{2+} і Fe^{3+} , а вміст Cr і Mg зменшується (титанистий хроміт зазнає заміщення титанистим хромовим магнетитом). На відміну від еволюційного тренда в кімберлітах, у лампроїтових шпінелідах простежують обмежену зміну складу твердого розчину в бік MgAl_2O_4 . Шпінеліди з лампроїтів, порівняно з кімберлітовими, більш титанисті, і їхній тренд більше спрямований у бік ульвошпінелі $\text{Fe}^{2+}\text{TiO}_4$ –магнетиту FeFe_2O_4 , ніж до магнезійної ульвошпінелі–ульвошпінелевого магнетиту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Архангельская алмазоносная провинция (геология, петрография, геохимия и минералогия) / [под ред. акад. О. А. Богатикова]. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1999. – 524 с.
2. Геология и генезис алмазных месторождений. Книга 1 / [Б. М. Владимиров, Ю. М. Дауев, Б. М. Зубарев и др.]. – М. : ЦНИГРИ, 1989. – 242 с.
3. Годовиков А. А. Структурно-химическая систематика минералов / А. А. Годовиков. – М. : РАН, Минерал. музей им. А. Е. Ферсмана, 1997. – 247 с.
4. Джейкс А. Кимберлиты и лампроиты Западной Австралии / А. Джейкс, Дж. Луис, К. Смит. – М. : Мир, 1989. – 430 с.
5. Зинчук Н. Н. Особенности постмагматического изменения кимберлитов Восточно-Европейской платформы / Н. Н. Зинчук // Зб. наук. праць УкрДГРІ. – 2014. – № 1. – С. 58–67.
6. Кимберлиты Юго-Западной Анголы / Е. Ф. Романько, В. Т. Подвысоцкий, К. Н. Егоров, Д. Б. Дьяконов. – М. : ЗАО “Геоинфоммарк”, 2005. – 118 с.
7. Новые данные о кимберлитовом магматизме юго-запада Анголы / К. Н. Егоров, Е. Ф. Романько, В. Т. Подвысоцкий [и др.] // Геология и геофизика. – 2007. – Т. 48, № 4. – С. 414–430.

8. Первые данные о кимберлитах Юго-Западной Анголы / Е. Ф. Романько, В. Т. Подвысоцкий, К. Н. Егоров, Д. Б. Дьяконов // Изв. вузов. Геология и разведка. – 2006. – № 4. – С. 29–34.
9. Петрохимия кимберлитов / [А. Д. Харьков, В. В. Зуенко, Н. Н. Зинчук и др.]. – М. : Недра, 1991. – 304 с.
10. Шамшина Э. М. Коры выветривания кимберлитовых пород Якутии / Э. М. Шамшина. – Новосибирск : Наука, 1979. – 152 с.
11. Anderson A. T. Oxidation of the La Blanche Lake titaniferous magnetite deposit / A. T. Anderson // Quebec Journal of Geology. – 1968. – Vol. 76, N 4. – P. 528–547.
12. Carmichael I. S. E. The iron-titanium oxides of salic volcanic rocks and their associated ferromagnesian silicates / I. S. E. Carmichael // Contrib. Mineral. Petrol. – 1967. – Vol. 14, N 1. – P. 36–64.
13. Lepage Luc D. ILMAT: an Excel worksheet for ilmenite–magnetite geothermometry and geobarometry / Luc D. Lepage // Computers & Geosciences. – 2003. – Vol. 29. – P. 673–678.
14. Lindsley D. H. Fe–Ti oxide geothermometry: Reducing analyses of coexisting Ti-magnetite (Mt) and ilmenite (Ilm) / D. H. Lindsley, K. J. Spencer // Abstract AGU Spring Meeting Eos Transactions. American Geophysical Union. – 1982. – Vol. 63, N 18. – 471 p.
15. Stormer Jr. J. C. The effects of recalculation on estimates of temperature and oxygen fugacity from analyses of multicomponent iron-titanium oxides / Jr. J. C. Stormer // Amer. Mineral. – 1983. – Vol. 68, N 5–6. – P. 586–594.

*Стаття: надійшла до редакції 30.03.2017
прийнята до друку 26.04.2017*

FEATURES OF THE CRUST OF WEATHERING ON THE KIMBERLITE PIPE OTHINGAU (SOUTHWEST ANGOLA)

B. Manchur, N. Bilyk, S. Bekesha

*Ivan Franko National University of Lviv,
4, Hrushevskiyi St., 79005 Lviv, Ukraine
E-mail: mineral@franko.lviv.ua*

The results of petrographic, X-ray diffraction and microprobe studies of the rocks of the upper horizons of the Othingau kimberlite pipe (Southwest Angola) are presented. The rocks of the crust of weathering are predominantly represented by altered massive kimberlite breccias of the brownish gray colour and porphyry structure. The matrix of the rock is composed of a small carbonate-smectite aggregate, in which monoclinic pyroxenes, potassium feldspar, perovskite, ilmenite, spinellids, magnetite, zircon, apatite have been diagnosed. There is a high content of perovskite, which indicates a specific mineral composition of the kimberlite pipe. Smectite is represented by a trioctahedral species – saponite, which is a more acidic mineral than serpentine, so a more acidic medium is needed for its formation. It is possible that postmagmatic solutions, when interacting with xenogenic material, were enriched with silica and, with their further exposure to olivine or its substitution products, saponite was formed.

The chemical composition of the rock reflects the nature of superimposed mineral low-temperature transformations and the presence of xenogenic material. There is an increased content of CaO due to the presence of calcite in cement and saturation of feldspars with fragments thereof.

The presence of syngenetic intergrowths of ilmenite and magnetite, as well as grains with the structure of the solid solution magnetite-ilmenite decomposition, made it possible to calculate the temperature of mineral formation by the Donald Lindsley geothermometer, which is 484–546 °C in the first case and 593–637 °C – in the second.

Key words: kimberlite pipe, crust of weathering, perovskite, saponite, spinellids, ilmenite, geothermometer, Angola.

УДК 552.326.6:553.81

ВЕЩЕСТВЕННЫЕ КРИТЕРИИ АЛМАЗОНОСНОСТИ КИМБЕРЛИТОВ

Н. Зинчук

*Западно-Якутский научный центр Академии наук РС(Я),
ул. Ленина, 4/1, 678170 г. Мирный, РФ
E-mail: nnzinchuk@rambler.ru*

Большинство изученных кимберлитовых диатрем – это многофазовые трубки. Каждая магматическая фаза внедрения, сформированная внутри диатремы, сложена кимберлитом характерного петрографического и петрохимического типа, который имеет ряд устойчивых, слабо изменяющихся с глубиной типоморфных признаков. Кимберлиты разных фаз внедрения в одной и той же диатреме различаются между собой как соотношением порфировых и кластических структурных элементов, так и содержанием индикаторных минералов. Проведенные исследования дали возможность выявить существенные различия в алмазности разных фаз внедрения кимберлитов, что обусловлено разным уровнем заложения и длительности функционирования образующих их магматических очагов, физико-химическими свойствами исходных составляющих, а также скоростью подъема и характером продвижения кимберлитовой магмы в процессе разных этапов кимберлитобразования. Кимберлитовые брекчии завершающих этапов формирования трубок являются более продуктивными по сравнению с порфировыми кимберлитами ранних интрузивных фаз внедрения. Особенности происхождения и извержений кимберлитовых расплавов могли существенно влиять на преобразование первоначальной формы кристаллов алмаза, что приводило к их растворению (иногда до полного уничтожения) и коррозии. При оценке продуктивности кимберлитовых трубок необходимо учитывать реальные соотношения в диатремах интрузивных и взрывных процессов кимберлитобразования, которые обычно меняются во времени.

Ключевые слова: кимберлитовая трубка, алмаз, фазы внедрения, интрузивный процесс, эффузивный процесс, кимберлитобразование, типоморфизм минералов.

Неравномерное распределение алмазов в кимберлитовых диатремах [1, 3–9, 11, 18] существенно осложняет плановую отработку коренных месторождений. Выявление особенностей вертикальной изменчивости алмазности кимберлитовых пород до глубины их рентабельной отработки – одна из главнейших задач и проблем разработки таких месторождений. Несмотря на значительную в целом изученность кимберлитовых диатрем Сибирской платформы (СП), их алмазность во многих аспектах остаётся дискуссионной, что обусловлено такими причинами: данные опробования по многим месторождениям закрыты; данные по эксплуатационно-разведочным и эксплуатационным пробам несопоставимы; не всегда отдельно опробуют различные конкретные типы кимберлитов. Кроме того, существуют определенные элементы субъективизма при определении петрографических типов кимберлитов различными исследователями [2, 3, 10, 12–17, 19, 20].

Наиболее детально вопросы изменения алмазоносности различных типов кимберлитов изучено на примере *трубки Мир*. Исследователи выделяют в ней от трёх до шести и более петрографических типов кимберлитов, которые по-разному распространены и в плане, и на разведанную (до 1 200 м) глубину. Кимберлитовая трубка Мир на поверхности имеет форму овала; его размер по длинной оси составляет 490 м, по короткой – 320 м, в средней части фиксируют слабый пережим (рис. 1).

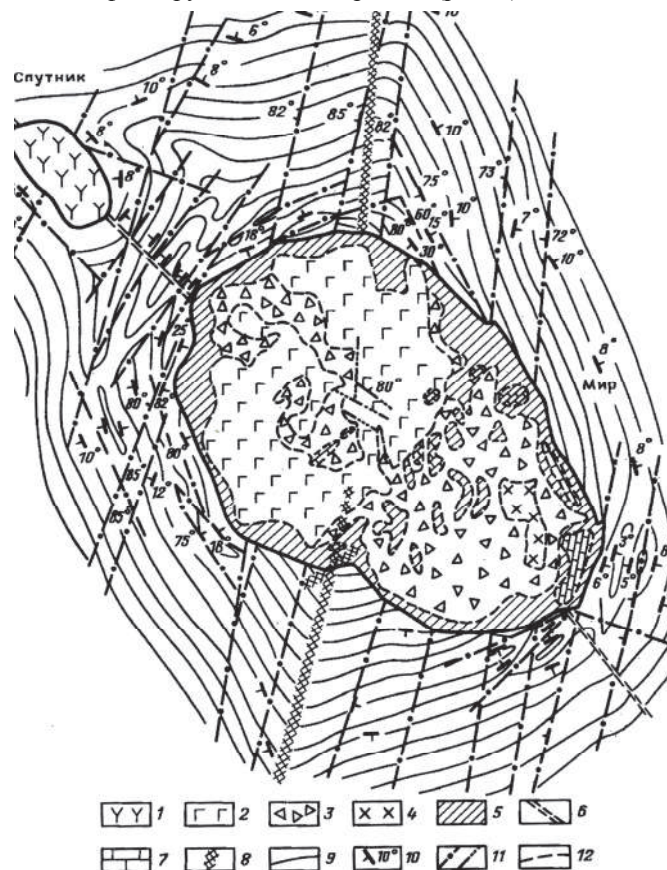


Рис. 1. Геолого-структурная схема кимберлитовых трубок Мир и Спутник:

1 – трубка Спутник; 2–4 – трубка Мир с кимберлитами, соответственно, первой–третьей фаз внедрения; 5 – зоны эндоконтакта; 6 – кимберлитовая дайка; 7 – ксенолиты осадочных пород; 8 – зона дробления с галенитовой и сфалеритовой минерализацией; 9 – вскрытые карьером пласты вмещающих карбонатных пород; 10 – элементы залегания осадочных пород и разрывных нарушений; 11 – разрывные нарушения; 12 – границы разновидностей кимберлитовых пород.

До глубины 200 м это типичная воронка, глубже (примерно до 900 м) – цилиндрическое тело с незначительным сужением книзу, а на глубине около 1 000 м от поверхности оно переходит в серию подводных даек. Верхние горизонты трубки Мир формировались вследствие трехфазового внедрения кимберлитового расплава [3, 5, 17]. Большая часть северо-западной половины трубки сложена кимберлитовыми брекчиями (КБ) первой фазы; КБ второй фазы на уровне современного эрозионного среза локализованы

в юго-восточной части трубки, они инъецируют брекчии северо-западной половины диатремы. Кимберлитовыми породами третьей фазы сложено вытянутое в северо-западном направлении дайковое тело размером 120×30 м на юго-востоке трубки. Контакты этого тела с вмещающими КБ секущие, в зоне контакта широко развита сульфидная минерализация. Трёхфазовое строение нижних горизонтов диатремы определено также по данным изучения керна глубоких скважин, пробуренных для оценки продуктивности этой части месторождения [4, 10, 12, 15]. Между кимберлитами первой и второй фаз внедрения (на глубину около 1 км) прослеживается зона сочленения (“шовная зона”) подводящих каналов, обогащённая ксенолитами вмещающих пород (“ксенолитовый пояс”).

Обнаружено [2, 3, 5, 17], что алмазосность пород трубки Мир в плане и по вертикали зависит от закономерностей распределения кимберлитов разных фаз внедрения в объёме рудного тела. Минимальная алмазосность присуща атакситовой и крупнопорфировой (ПК – порфиновый кимберлит) разновидностям пород, а автолитовые кимберлитовые брекчии (АКБ) максимально алмазосны. Важен размер кристаллов алмаза (рис. 2), в частности, наличие кристаллов средних и крупных классов [5].



Рис. 2. Алмазы из кимберлитов трубки Мир (Малоботуобинский алмазосный район).

По гранулометрическому составу и морфологическим особенностям алмаза, окраске и степени дефектности кристаллов на глубоких горизонтах месторождения выделено [8] два участка – на северо-западе и юго-востоке трубки. Тут зафиксировано различия в алмазосности магматических фаз внедрения, содержания в них разных классов крупности кристаллов и их оптических свойствах. В кимберлитах раннего этапа консолидации алмазосность снижается, как и качество самих алмазов; для КБ определены более высокие экономические показатели.

Кроме упомянутых трёх фаз КБ, формирование которых происходило вследствие последовательного внедрения самостоятельных порций кимберлитового расплава из эволюционирующего магматического очага [3, 5, 17, 19, 20], вдоль контакта с вмещаю-

щими породами повсеместно фиксируют своеобразные кимберлитовые брекчии (5–50 м), которые назвали эндоконтактовыми. Это своеобразные фациальные разновидности упомянутых КБ, не связанные с самостоятельной фазой формирования диатремы. Их появление обусловлено повышенным содержанием ксеногенного материала (вмещающих трубки терригенно-карбонатных пород) и влиянием на кимберлиты пневматолитово-гидротермальных растворов [5–7]. Породы этой зоны в диатремах наиболее интенсивно карбонатизированы и насыщены (до 60 % объёма) ксенолитами терригенно-карбонатных пород.

Довольно интересной является также зона кимберлитовых пород, которая разделяет породы первой и второй фаз внедрения и имеет ширину до нескольких десятков метров. В ней обнаружено высокие концентрации рифов вмещающих пород, размеры которых иногда достигают нескольких десятков метров; они совпадают с пережимом диатремы и пересекают её в почти меридиональном направлении на две части (см. рис. 1). Благодаря геологоразведочным работам с подсчётом полезного компонента выявлено продолжение “ксенолитового пояса” и на глубоких (до 1 км) горизонтах, где сформировалась своеобразная шовная зона, по которой сочленены два самостоятельных тела, имеющих на глубине изолированные подводящие каналы [5, 14, 20].

Слабоизмененные кимберлиты трубки Мир отличаются высокой магнезиальностью, иногда – повышенным содержанием K_2O . Слабо или практически не изменённые кимберлиты среди сильно переработанных вторичными процессами магматических образований имеют низкое содержание карбонатной составляющей и повышенное – флогопита. На глубоких горизонтах трубки выявлено небольшие участки, сложенные атакситовым кимберлитом. Это песчаникоподобные породы нередко слоистой текстуры. По внешнему виду они напоминают осадочно-вулканогенные образования, характерные для верхних горизонтов некоторых слабо эродированных диатрем, однако отличаются от них преобладанием кимберлитового материала.

В целом КБ описываемой диатремы содержат переменное количество обломочного материала терригенно-карбонатных пород чехла платформы, траппов и ксенолитов пород верхней мантии [20].

Внутритрубочные дайки вскрыты разведочными скважинами на глубине 1 004,7–1 005,2 и 1 258 м [8, 20]; ширина их достигает несколько десятков сантиметров. Дайки сложены в разной степени серпентинизированным мелкопорфировым кимберлитом тёмно-серого до чёрного цвета. Структура породы порфировая, текстура ориентированная, что обусловлено субпараллельным расположением порфировых выделений оливина. Основная масса породы состоит из агрегатов серпентина с примесью кальцита. Карбонат-серпентиновая основная масса обогащена чешуйками и пластинчатыми кристаллами флогопита светло-коричневого цвета. В кимберлитовых породах дайкового комплекса, в отличие от вмещающих их КБ, нет ксенолитов осадочных пород, конвергентных включений, а также крупных выделений первичных минералов.

Помимо внутритрубочных даек, при разведке вскрыты и другие дайковые тела кимберлитов, которые представлены тёмно-серыми плотными породами с афировой структурой, практически без порфировых выделений оливина или псевдоморфоз по нему.

В 131 м на северо-восток от трубки Мир расположена *кимберлитовая трубка Спутник* (см. рис. 1), имеющая в плане размер 140 × 90 м. Форма трубки овальная, длинная ось вытянута в северо-западном направлении. Вмещающими породами диатремы на уровне современного среза являются отложения O_1 мощностью до 280 м. Глубже трубку окружают кембрийские породы. В вертикальном разрезе трубка быстро выклини-

вается, переходя на глубине 330 м в подводящую дайку мощностью 15 м, а на глубине 375 м – в систему даек мощностью 2–3 м. Эти дайки под трапповым силлом объединены в более мощную дайку – подводящий канал северо-западной ориентировки. Для трубки характерно повышенное содержание ксенолитов вмещающих пород и траппов.

Среди магматических пород трубки по степени выветрелости и изменений выделено несколько разновидностей. Наиболее изменены кимберлитовые породы верхних горизонтов диатремы (до 25 м) и на контакте с вмещающими породами, где они превращены в буровато-желтоватую глинисто-карбонатную массу. Глубже (ниже зоны гипергенного преобразования пород) залегают КБ серого, грязно-серого цвета.

Около трубок Мир и Спутник во вмещающих породах карьером вскрыто три *кимберлитовые дайки*. Одну из них, Южную, прослежено до 200 м на юго-восток от трубки Мир. Вторая, Центральная, вскрытая между обеими трубками, как бы соединяет их. К северо-западу от трубки Спутник на расстоянии 300 м от контакта простирается дайка Северная. Мощность этих даек колеблется от 10 до 30 см. Основное тело каждой дайки часто расщеплено на несколько более тонких прожилков мощностью от 1 до 10 см. Во вмещающих породах прожилки либо выклиниваются, либо снова соединяются с главным телом. Характер взаимоотношения даек с трубками даёт основания считать их дотрубочными образованиями, сформировавшимися в начальную стадию развития диатрем [7, 19, 20]. Кимберлитовые породы даек отличаются от кимберлитов трубок Мир и Спутник высоким содержанием карбонатного материала, повышенным – пиропы и пикроильменита, а также титана и фосфора. Несколько дайковых тел кимберлитов сложной морфологии отмечено под пластовым телом долеритов на глубине около 500 м. Дайковые кимберлиты верхних и глубоких горизонтов существенно различаются, что выражено, прежде всего, в увеличении степени карбонатизации более нижних их частей.

Существенно отличается по составу от всех отмеченных выше структур пластовое кимберлитовое тело (*силл*), которое вскрыто карьером и буровыми скважинами около трубок Мир и Спутник. Силл прорывает дайку долеритов, а также корневую зону трубки Спутник и тянется на десятки метров севернее её.

Содержание алмазов в трубке Мир значительно выше, чем на многих высокоалмазных месторождениях Мира [1, 8]. Алмазы представлены октаэдрами (до 61 %), ромбододекаэдрами (до 10), комбинированными кристаллами (до 29) и кубами (< 1 %). Характерной особенностью алмазов из трубки Мир (см. рис. 2), как и из других промышленно алмазоносных кимберлитовых тел Малоботуобинского алмазоносного района (МБАР), является резкое преобладание кристаллов октаэдрического габитуса (рис. 3) при сравнительно невысоком содержании ламинарных кристаллов переходного от октаэдрического к ромбододекаэдрическому габитуса и ламинарных ромбододекаэдров. Преобладают бесцветные индивиды (до 75 %), но встречаются также дымчато-серые (до 14), буровато-красные (до 7), лиловые (2), голубовато-зелёные (до 1) и жёлтые (до 1 %). Общая доля сростков нередко достигает 18 %, а шпинелевых двойников – 10 %. Характерны в той или иной степени трещиноватые кристаллы, причем типоморфными для месторождения являются секущие трещины, не свойственные алмазам кимберлитовых диатрем других алмазоносных районов СП. Одна из причин этого – высокое содержание примесного азота в форме А-центра и неоднократное распределение центров фотолюминесценции, приводящее к дополнительным напряжениям в структуре алмаза при технологических процессах добычи и обогащения полезного компонента. А-центр является основным оптико-активным дефектом в алмазе, на его долю приходится около 75 % общего содержания А- и В1-дефектов (рис. 4).

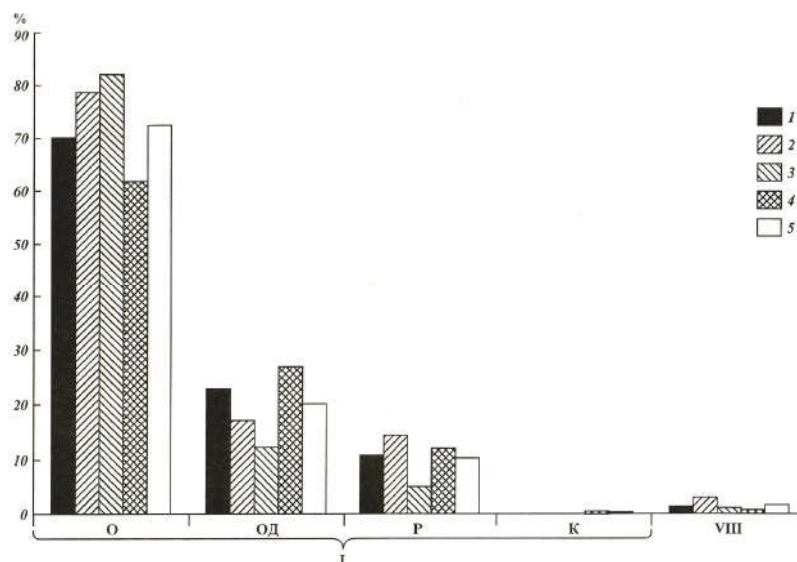


Рис. 3. Типоморфные особенности алмазов из кимберлитовых диатрем Мирнинского поля [8]:

I, VIII – разновидности алмазов по классификации Ю. Орлова (О – октаэдры, OD – переходные формы, P – ламинарные ромбододекаэдры, К – кубы); *1–4* – трубки: *1* – Интернациональная, *2* – Дачная, *3* – имени XXIII съезда КПСС, *4* – Мир; *5* – среднее по полю.

Поскольку трубки Мир и Спутник, дайки и силлоподобное тело – это единая взаимосвязанная рудная система, то мы предприняли первую попытку провести сравнительное изучение особенностей алмаза из различных типов пород на всю глубину пробуренных при разведке диатремы (нижние части) колонковых скважин и их производственной отработки (верхние горизонты) [1, 8]. Основное внимание уделяли морфологическим, оптическим и другим свойствам кристаллов; в первую очередь изучали кристаллы октаэдрического габитуса, их сростки, двойники и агрегаты, поскольку кубические и ромбододекаэдрические индивиды редки и не отражают специфики выделяемых разновидностей КБ. Учитывали также признаки алмазов, приобретённые ими в процессе транспортировки кимберлитовой магмой, её дифференциации и раскристаллизации, – так называемые дефектные: появление коричневой окраски, дымчатость, коррозионная скульптура, включения графита, жёлто-оранжевая фотолюминесценция и др.

На глубоких горизонтах трубки Мир КБ второй фазы внедрения составляют более 80 % объёма тела, тогда как аналогичные породы начальной фазы есть только на отдельных участках [20]. Различие в алмазоносности КБ двух фаз внедрения можно объяснить разубоживанием кимберлитов первой фазы вследствие насыщения их ксенолитами пород осадочного чехла и меньшей скоростью подъёма и глубиной зарождения первых порций кимберлитовой магмы.

Обычно алмазоносность каждого конкретного типа кимберлитовых пород колеблется в широких пределах [8, 20]. Распределение алмазов по классам крупности в целом почти равномерное, однако, если не учитывать конкретных разновидностей пород, в образованиях различных фаз есть определенные различия: КБ первой фазы содержат максимальное количество как мелких, так и крупных кристаллов; в КБ второй фазы возрастает содержание крупных кристаллов и уменьшается – мелких.

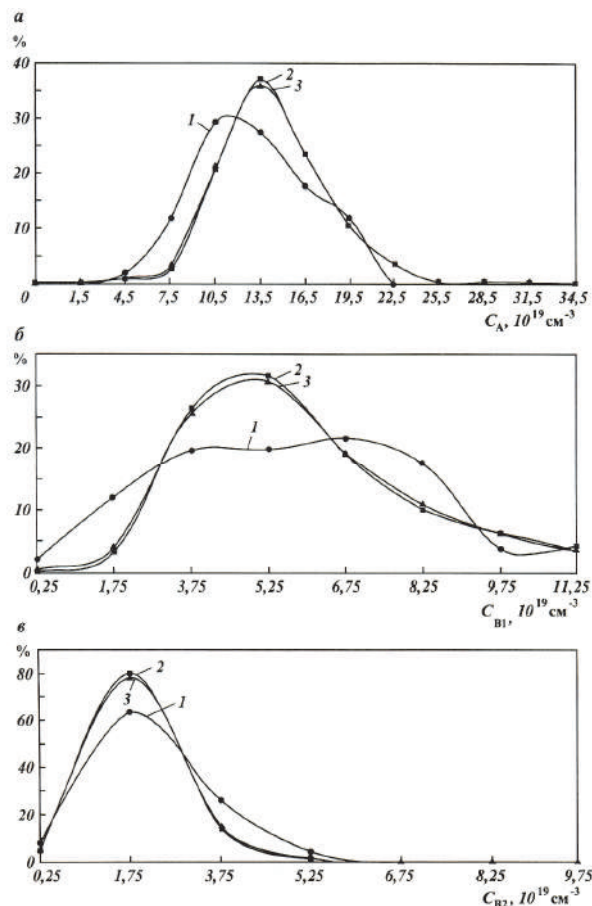


Рис. 4. Распределение алмазов трубки Мир по концентрации примесей, C [8]:
 а – А-центра; б – В1-дефекта; в – В2-дефекта; 1 – алмазы класса –8+4 мм; 2 – алмазы класса –4+2 мм; 3 – среднее.

Эта закономерность существенно влияет на колебания средней массы кристаллов, минимум и максимум которой зафиксированы для отдельных разновидностей первой и второй фаз формирования кимберлитовой трубки Мир. В приконтактных (с вмещающими породами) зонах кимберлитов увеличивается количество мелких кристаллов, а по мере приближения к центру диатремы – крупных. Причём содержание алмазов в КБ приконтактных зон зависит лишь от того, какой разновидностью – первой или второй – сложены эти участки. В КБ начальной фазы внедрения доминируют дымчатые и коричневые алмазы и их осколки; в КБ второй фазы (автолитовой и микролитовой) их намного меньше. Степень сохранности кристаллов алмаза, их средняя масса и алмазность пород второй разновидности глубоких горизонтов трубки Мир значительно выше, чем в этих же породах верхних горизонтов, что связано с динамикой заполнения диатремы и скоростью кристаллизации кимберлитового субстрата.

В кимберлитовых породах трубки Мир преобладают бесцветные, реже эпигенетически окрашенные в дымчато-коричневый цвет (из-за пластической деформации) алмазы

разновидности I, по Ю. Орлову [16] (см. рис. 2). До 2 % составляют серые поликристаллические агрегаты разновидности VIII; единичные находки – желтовато-зелёные и молочно-серые алмазы с оболочкой октаэдрического габитуса, реже – комбинационного ряда октаэдр–ромбододекаэдр–куб (разновидность IV). Характерная типоморфная особенность алмазов трубки Мир – это наличие бесцветных плоскогранных октаэдров с острыми, иногда слегка округленными ребрами (так называемых кристаллов мирнинского типа), количество которых одно из максимальных среди алмазных месторождений мира. Среди морфологических типов кристаллов преобладают [8] тонколаминарные октаэдры со сноповидной или занозистой штриховкой, гораздо меньше груболаминарных индивидов с полицентрически растущими гранями, сложенными тригональными и дитригональными слоями роста. Основная масса алмазов представлена монокристаллами; на долю двойников и сростков приходится не более 20 % от общего количества кристаллов. Много по-разному трещиноватых алмазов, причем типоморфными, как отмечено выше, являются секущие трещины, не характерные для кимберлитовых месторождений алмазоносных полей СП.

Алмазоносность кимберлитов трубки Спутник в четыре раза ниже, чем в трубке Мир. Тут преобладают (до 70 %) мелкие кристаллы, содержание индивидов средних размеров – до 7 %. В основном это алмазы октаэдрического габитуса и их осколки, есть также ромбододекаэдры и кристаллы переходной формы. Характерно повышенное (до 19 %) содержание твердых включений эклогитовой ассоциации, что обычно свойственно более ранней и менее глубинной фазе кимберлитового магматизма [8, 15, 20].

В кимберлитовых жилах района трубки Мир доля мелких алмазов достигает 80 %, а среднего класса – до 19 %. Преобладают индивиды ромбододекаэдрического габитуса [1, 8], обычно сложно деформированные, трещиноватые, коричневой окраски, с полосами пластической деформации. Наличие в кимберлитовых жилах мелких коричнево-дымчатых алмазов и их осколков, часто графитизированных и корродированных, свидетельствует о сложных термодинамических условиях их образования (перепады давления, температуры и газового режима).

На основании сравнения геологического строения территории и минералого-петрографического состава пород многие исследователи кимберлитового магматизма древних платформ пришли к выводу, что в каждом алмазоносном районе обычно есть одно крупное многофазовое месторождение и намного больше более простых по строению диатрем. В пределах Мирнинского кимберлитового поля, наряду с многофазовой трубкой Мир, выявлено более простые по строению диатремы (Интернациональная, имени XXIII съезда КПСС, Дачная, Таёжная, Амакинская) и ряд жил, наиболее изученной среди которых является самостоятельная кимберлитовая жила А-21. Наиболее промышленно ценная *кимберлитовая трубка Интернациональная*, расположенная в 16 км к юго-западу от диатремы Мир – на правом берегу р. Ирелях, в верхнем течении её правых притоков Маччоба-Салаа и Улаах-Юрях. Трубка тяготеет к зоне Западного разлома – находится на расстоянии 3 км от его осевой линии. Диатрему сопровождает система даек, ориентированных в северо-восточном, северо-западном или почти меридиональном направлении. На поверхности трубка имеет форму неправильного овала, вытянутого на северо-запад. В среднепалеозойское и мезозойское время около 470 м верхней части диатремы было уничтожено длительной эрозией [5–7, 13–15, 18]. От раструба сохранилась только нижняя 120-метровая часть. Далее на глубину остатки раструба переходят в цилиндрический канал с почти вертикальными контактами. До глубины примерно 1 000 м размер трубки существенно не уменьшается, однако тело её в целом

наклонено в северо-восточном направлении. Трубка прорывает горизонтально залегающие терригенно-карбонатные породы PZ_1 , а перекрывают её отложения J_1 мощностью от 2,1 до 9,2 м. В раннетриасовое время диатрема была перекрыта пластовым телом долеритов. В верхней части трубки слабо выражена элювиальная кора выветривания (КВ), в глинистой массе которой содержатся обломки обохренных пород, что свидетельствует об избирательном характере гипергенных изменений элювиальных образований диатремы [5–7]. В таких профилях псевдоморфозы серпентина и кальцита по оливину, редкие зерна индикаторных минералов кимберлитов сцементированы карбонат-серпентиновым агрегатом. Из ксенолитов наиболее распространены (5–30 %) обломки терригенно-карбонатных пород PZ_1 . В небольшом количестве встречаются включения траппов, есть единичные обломки кристаллических сланцев фундамента платформы. Повышенное (40–60 %) количество ксенолитов карбонатных пород зафиксировано в приконтактной зоне, особенно на участках пологого залегания контактов.

Характерной особенностью верхних горизонтов диатремы (до глубины примерно 370 м) является относительно высокое содержание примеси терригенного материала вмещающих пород. Этот материал представлен песчанистой, алевритовой и глинистой фракциями, в которых доминируют тонкозернистые выделения кварца, полевых шпатов, турмалина, титанита, ставролита и глинистых минералов. Ниже количество этих минералов постепенно уменьшается, и на глубине ниже 500 м их нет совсем.

С глубиной строение кимберлитового тела усложняется, тут уже можно выделить кимберлиты трёх фаз внедрения, которые, правда, слабо различаются между собой по строению, составу и алмазности [8, 20]. Преобладают КБ, сложенные округлыми и овальными обособлениями пород ранней генерации. Автолиты обычно имеют более мелкопорфировую структуру, чем выполняющие кимберлиты.

По содержанию и составу индикаторных минералов кимберлитов породы трубки Интернациональная отличаются от подавляющего большинства кимберлитовых тел не только Мирнинского поля, но и всей СП. Характерным является низкое содержание минералов титанистой ассоциации (пикроильменит и оранжевый пироп) и повышенное – хромистой (хромшпинелид, хромдиопсид и хромистый пироп). Интенсивно серпентинизированные ксенолиты мантийных пород очень редки.

Трубку Интернациональная сопровождает десяток дайковых тел мощностью от нескольких сантиметров до 1 м; некоторые из них алмазносны.

Типоморфные особенности алмазов трубки Интернациональная (рис. 5) дают возможность сделать вывод, что в целом они характерны для группы коренных месторождений с промышленной алмазностью Малоботубинского алмазносного района и близки к алмазам трубки Мир (см. рис. 2). Среди них резко преобладают (до 71 %) кристаллы октаэдрического габитуса разновидности I, по Ю. Орлову [16]; реже отмечают индивиды переходного от октаэдрического габитуса к ромбододекаэдрическому (23 %), а содержание ламинарных ромбододекаэдров ничтожно (< 1 %), однако оно увеличивается по мере уменьшения крупности кристаллов и в классе $-1,0+0,5$ мм достигает 10 % от их общего количества, что сопоставимо с трубкой Мир [8]. Типичные округлые алмазы уральского (бразильского) типа (отрицательный фактор алмазности кимберлитов) обнаружено в небольшом количестве только в мелких классах ($-2,0+0,5$ мм).

Типоморфной особенностью алмазов трубки Интернациональная является сравнительно высокое (до 16 %) содержание плоскогранных октаэдров с острыми ребрами (так называемых кристаллов мирнинского типа), а это лучшая часть алмазного сырья. Среди морфологических типов преобладают тонколаминарные кристаллы преимущественно

октаэдрического габитуса со сноповидной и занозистой штриховкой, встречаются также грубослоистые индивиды с полицентрически растущими гранями и плоскогранные. Общее содержание алмазов с твердыми включениями сравнительно невысокое – до 21 %. Резко преобладают эпигенетические включения графита, часто в ассоциации с сульфидами. На долю сингенетических включений приходится около 5 % от общего количества алмазов, причем среди них резко доминируют (99 %) включения ультраосновной ассоциации, что сближает эти кристаллы с кристаллами большинства эксплуатируемых месторождений СП [8, 20].



Рис. 5. Алмазы из кимберлитов трубки Интернациональная (Малоботуобинский алмазоносный район).

Концентрация в алмазах примесного азота в форме А-центра высокая (78 % от общей концентрации А- и В₁-дефектов), его распределение характеризует (рис. 6) одномодальная кривая с максимумом в области $(15-18) \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$. Содержание “пластинчатых” дефектов (Р и В₂) низкое – $3,4 \text{ см}^{-1}$. Зафиксировано связь между концентрацией азота и крупностью кристаллов.

В целом типоморфные особенности алмазов трубки Интернациональная таковы: резкое преобладание кристаллов октаэдрического габитуса разновидности I при высоком содержании плоскогранных острорёберных октаэдров; невысокая ламинарность; низкое содержание двойников (в основном по шпинелевому закону) и сростков; низкое содержание алмазов с признаками природного травления. Характерны также повышенная степень прозрачности, невысокое содержание окрашенных индивидов и кристаллов с твёрдыми включениями, высокое содержание примесного азота в форме А-центра. Постоянно встречаются октаэдры грязно-фиолетовой окраски. Преобладает розово-сиреневая фотолюминесценция кристаллов.

Мы сопоставили имеющиеся материалы относительно алмазоносности и её связи со структурно-текстурными особенностями кимберлитов по трубкам Ботуобинская Среднемархинского алмазоносного района, Удачная и Айхал Далдыно-Алакитского алмазоносного района (ДААР), а также по керну разведочного материала с привязкой к петрографическим типам пород.

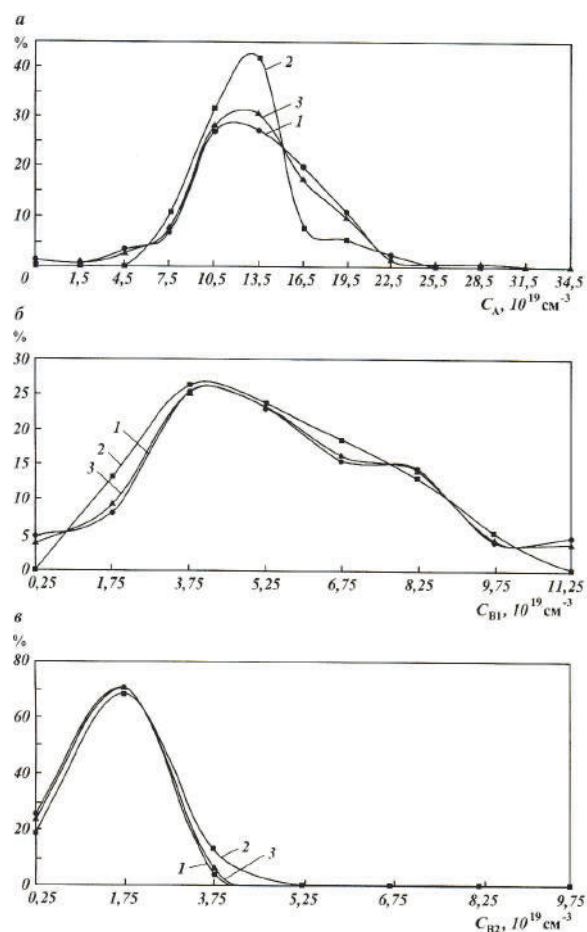


Рис. 6. Распределение алмазов трубки Интернациональная по концентрации примесей C [8]:
 a – А-центра; b – V1-дефекта; v – V2-дефекта; 1 – алмазы класса –4+2 мм; 2 – алмазы класса –8+4 мм; 3 – среднее.

Эти трубки сформированы [8, 20] вследствие нескольких (не менее двух) фаз внедрения кимберлитового расплава, каждой из которых соответствует собственный петрографический тип породы. Последовательность магматических фаз внедрения определена по резким геологическим контактам и включениям ксеноавтолитов, которые отражают временные границы этапов консолидации разных петрографических типов. Автолитовым КБ завершающих эксплозивных фаз внедрения в целом присуща повышенная алмазность, по сравнению с предшествующими интрузивными ПК. Это соотношение для восточного тела трубки Удачная составляет 1,3:1,0, для западного – 1,5:1,0, трубок Айхал и Ботуобинская – 1,0:1,5. Примерно такое же соотношение зафиксировано и для трубки Нюрбинская.

Превалирует мнение, что последние фазы внедрения кимберлитов в многофазовых трубках более алмазны. С использованием методов математической статистики определено [10, 12, 13], что участки с различной алмазностью располагаются в

трубках соответственно распространению кимберлитов разных фаз внедрения, причём породы завершающих этапов формирования отличаются повышенной продуктивностью. Границы кимберлитовых пород разных фаз внедрения обычно нечёткие, картировать их трудно, а критерии определения фаз и последовательности их формирования в ряде случаев весьма условны.

В трубках сложного внутреннего строения алмазы имеют различные крупность, габитус и свойства [17, 18]. В частности, ранние фазы внедрения кимберлитов трубки Мир обычно менее алмазоносны, количество октаэдров в них, по сравнению с более поздними фазами внедрения, минимально. Большинство алмазов из кимберлитовых жил имеет ромбододекаэдрический габитус; кристаллы сильно деформированы, трещиноваты, с дефектной окраской, часто содержат включения эпигенетического графита. Поверхность граней ромбододекаэдра имеет шагреньевый рельеф, что свидетельствует о пластической деформации алмаза.

При исследовании типоморфных особенностей алмазов из промышленно алмазоносных трубок (Удачная, Сытыканская, Юбилейная, Комсомольская и др.) выявлено [8, 9, 18, 20], что наиболее высокопродуктивными являются рудные столбы, сложенные автолитовыми КБ. В них повышено содержание кристаллов октаэдрического габитуса в крупных классах, одновременно снижается количество ромбододекаэдров. Менее алмазоносными считают рудные столбы, выполненные ПК, в которых количество октаэдрических кристаллов уменьшается, а ромбододекаэдров – возрастает; одновременно возрастает роль округлых алмазов. Образование додекаэдрических поверхностей исследователи связывают с условиями растворения индивидов при повышенной температуре. Результаты экспериментов по искусственному получению алмаза [8] свидетельствуют о том, что габитус кристалла варьирует в зависимости от температуры. По мере повышения температуры появляются куб–октаэдр–додекаэдры, что даёт основания предполагать более высокое содержание крупных фенокристов оливина в ПК. В этих разновидностях пород из всех изученных трубок зафиксировано более мощные келифитовые каймы на гранатах ультраосновной ассоциации. Это свидетельствует о более длительной их реакции с кимберлитовым расплавом, то есть меньшей скорости внедрения транспортируемого флюида, что могло приводить и к растворению алмазов. Завершающим вулканическим фазам внедрения кимберлитовой магмы присуща значительная скорость подъёма, что могло положительно отразиться на сохранности алмазов и их соотношениях в настоящее время. Однако такая закономерность характерна не для всех диатрем. Например, в трубке Дальняя (ДААР) более алмазоносными оказались ПК. Обнаружены также различия [18] в распространении кристаллов с разным типом внутреннего строения в кимберлитах разных фаз внедрения Накынского поля (трубки Ботубинская и Нюрбинская). Определено, что среди алмазов из АКБ повышено содержание кристаллов с жёлтым и жёлто-зелёным свечением и низкое – с розовым, розово-сиреневым и оранжевым, что существенно отличается от аналогичных свойств минерала из ПК. Обнаружено различия в интенсивности образования продуктивных зародышей кристаллов алмаза из разных типов кимберлитов.

Изучено также взаимосвязь между химическим составом кимберлитов и их алмазоносностью [3, 20]. Исследования базировались на результатах химического анализа более 3 000 образцов кимберлитов различных структурно-петрографических разновидностей из всех изученных коренных месторождений алмазов Якутии. С помощью линейного корреляционного анализа выяснено, что между содержанием алмазов и доминирующих оксидов кимберлитов из трубок Мир и Интернациональная (МБАР), Сыты-

канская, Юбилейная и Удачная (ДААР) нет надёжных, устойчивых зависимостей. Вероятно, это обусловлено тем, что имеющиеся данные по алмазности десятиметровых разведочных интервалов охватывают несколько структурно-текстурных разновидностей пород.

Однако множественный регрессионный анализ подтвердил гипотезу о наличии связи между химизмом кимберлитов разрабатываемых месторождений СП и их алмазностью [3]. Имеющиеся в базе данных химические анализы разделили по уровням алмазности для отдельных диатрем на 50 групп; для каждой группы подсчитывали средние значения, которые затем использовали в уравнениях множественной регрессии. Как результат – в каждой кимберлитовой трубке обнаружено по две основные популяции (подгруппы), которые различаются содержанием отдельных петрогенных компонентов. В частности, ПК ранних фаз внедрения, которым присуща повышенная магниальность, титанистость и железистость, менее продуктивны по сравнению с КБ завершающих стадий формирования диатрем. Чем меньше в популяции TiO_2 , Fe_2O_3 , больше K_2O и Al_2O_3 , тем выше её алмазность.

Изложенное позволяет сделать такие выводы. На основании изучения геологического строения и вещественного состава трубок и жил, исследования алмазности кимберлитов, морфологии, гранулометрии и окраски алмазов детализировано модель пространственного размещения жильных тел, трубок Мир, Спутник, Интернациональная и др. Эти тела и трубки отличаются по алмазности, гранулометрическому составу и качеству алмазов. Наиболее обогащены мелкими и низкосортными алмазами жильные тела и рудные столбы, отвечающие первым фазам внедрения. Обилие мелких, окрашенных и низкосортных алмазов, например, в трубке Спутник, обусловлено тем, что кимберлитовый расплав при её становлении прошёл достаточно длинную историю развития. Поэтому термодинамические условия для сохранности алмазов были неблагоприятными; как следствие – появились дефектные алмазы. Различия в алмазности, гранулометрическом составе, количестве окрашенных алмазов, кристаллов с включениями графита, трещиноватых и поврежденных камней – это индикаторы различных термодинамических условий формирования описываемой природной рудной системы (вариации вещественного и газового состава, перепады *PT*-условий и т. д.).

Выявленные различия в алмазности отдельных конкретных фаз внедрения кимберлитов обусловлены, во-первых, разным уровнем заложения и разной длительностью функционирования образующих их магматических очагов, во-вторых, физико-химическими свойствами исходных составляющих, в-третьих, скоростью подъёма и характером продвижения кимберлитовой магмы на разных этапах кимберлитообразования.

Все основные разновидности кимберлитов и включения в них, обнаруженные в верхних частях диатрем, встречаются и на глубине, причём в распределении ксенолитов не выявлено никакой зональности. Интенсивность замещения ксенолитов вторичными минералами зависит от степени изменения содержащих их кимберлитов. Нередко бывает, что ксенолиты на глубине переработаны интенсивнее, чем в верхних горизонтах. Это связано с тем, что на кимберлиты и содержащиеся в них ксенолиты воздействуют высокоминерализованные воды, которые локализованы в мощных залежах соленосных толщ среди вмещающих кимберлиты СП кембрийских отложений.

Сравнительные исследования размера, морфологии, оптических свойств кристаллов и алмазности пород диатрем подтверждают различия между выделенными разновидностями КБ различных фаз внедрения. Особенности происхождения и извержений кимберлитовых расплавов могли влиять на преобразование первоначальной формы

кристаллов алмаза, что приводило к их растворению (иногда до полного уничтожения) и коррозии.

При оценке продуктивности кимберлитовых трубок необходимо учитывать реальные соотношения в диатремах интрузивных и эксплозивных процессов кимберлитобразования, которые меняются во времени. На основании изложенных материалов можно с уверенностью предположить: чем больший объем в трубке занимают ПК интрузивных фаз внедрения, тем ниже будет алмазосность. Это подтверждено результатами опробования многих диатрем на СП. Во всех разрабатываемых кимберлитовых трубках региона с глубиной увеличивается объем КБ, что подтверждает их рентабельность.

Различная продуктивность выделенных типов кимберлитовых пород имеет важное практическое значение для выбора оптимального режима обогащения пород. Для повышения эффективности процесса обогащения отдельных разновидностей КБ нужно учитывать различия в соотношениях ксенолитов, в петрофизических свойствах, распределении породообразующих минералов, характере вторичной минерализации и насыщенности алмазами.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Афанасьев В. П. Поисковая минералогия алмаза / В. П. Афанасьев, Н. Н. Зинчук, Н. П. Похиленко. – Новосибирск : Гео, 2010. – 650 с.
2. Бартошинский З. В. Сравнительная характеристика алмазов из различных алмазосных районов Западной Якутии / З. В. Бартошинский // Геология и геофизика. – 1961. – № 6. – С. 40–50.
3. Василенко В. Б. Петрохимические модели алмазных месторождений Якутии / В. Б. Василенко, Н. Н. Зинчук, Л. Г. Кузнецова. – Новосибирск : Наука, 1997. – 557 с.
4. Вторичные минералы кимберлитов / Н. Н. Зинчук, А. Д. Харьков, Ю. М. Мельник, Н. П. Мовчан. – Киев : Наук. думка, 1987. – 282 с.
5. Зинчук Н. Н. Сравнительная характеристика вещественного состава коры выветривания кимберлитовых пород Сибирской и Восточно-Европейской платформ / Н. Н. Зинчук // Геология и геофизика. – 1992. – № 7. – С. 99–109.
6. Зинчук Н. Н. Кобы выветривания и вторичные изменения кимберлитов Сибирской платформы (в связи с проблемой поисков и отработки алмазных месторождений) / Н. Н. Зинчук. – Новосибирск : НГУ, 1994. – 240 с.
7. Зинчук Н. Н. Постмагматические минералы кимберлитов / Н. Н. Зинчук. – М. : Недра, 2000. – 538 с.
8. Зинчук Н. Н. Типоморфизм алмазов Сибирской платформы / Н. Н. Зинчук, В. И. Коптиль. – М. : Недра, 2003. – 607 с.
9. Зинчук Н. Н. Кимберлиты в истории Земли / Н. Н. Зинчук, А. Д. Савко, А. В. Крайнов // Тр. НИИ геологии Воронеж. ун-та. – 2013. – Вып. 68. – 100 с.
10. Каминский Ф. В. Закономерности размещения кимберлитовых (разнофациальных) и родственных им пород на Сибирской платформе / Ф. В. Каминский // Докл. АН СССР. – 1972. – Т. 204, № 5. – С. 1187–1190.
11. Кимберлитовая трубка Удачная (вещественный состав и условия формирования) / Н. Н. Зинчук, З. В. Специус, В. В. Зуенко, В. М. Зувев. – Новосибирск : НГУ, 1993. – 147 с.

12. Крючков А. И. Идентификация кимберлитовых тел, подвергнутых динамическому воздействию траппов (на примере системы тел в районе трубки Юбилейная, Якутия) / А. И. Крючков, А. Д. Харьков, Н. П. Похиленко // Геология и геофизика. – 1994. – № 3. – С. 12–15.
13. Малич Н. С. Сибирская платформа / Н. С. Малич, В. Л. Масайтис, В. С. Сурков. – Л. : Недра, 1987. – 431 с.
14. Милашев В. А. Кимберлитовые провинции / В. А. Милашев. – Л. : Недра, 1974. – 224 с.
15. Милашев В. А. Кимберлиты и глубинная геология / В. А. Милашев. – Л. : Недра, 1990. – 167 с.
16. Орлов Ю. Л. Минералогия алмаза / Ю. Л. Орлов. – М. : Наука, 1984. – 264 с.
17. Петрография и минералогия кимберлитовых пород Якутии / [А. П. Бобриевич, И. П. Илупин, И. Т. Козлов и др.]. – М. : Недра, 1964. – 190 с.
18. Стратегия ведения и результаты алмазопроисловых работ / Н. Н. Зинчук, В. М. Зуев, В. И. Коптиль, С. Д. Черный // Горный вестник. – 1997. – № 3. – С. 53–57.
19. Харьков А. Д. Геолого-генетические основы шлихоминералогического метода поисков алмазных месторождений / А. Д. Харьков, Н. Н. Зинчук, А. И. Крючков. – М. : Недра, 1995. – 348 с.
20. Харьков А. Д. Коренные месторождения алмазов Мира / А. Д. Харьков, Н. Н. Зинчук, А. И. Крючков. – М. : Недра, 1998. – 555 с.

*Стаття: надійшла до редакції 05.01.2017
прийнята до друку 26.04.2017*

РЕЧОВИННІ КРИТЕРІЇ АЛМАЗОНОСНОСТІ КІМБЕРЛІТІВ

М. Зінчук

*Західноякутський науковий центр Академії наук РС(Я),
вул. Леніна, 4/1, 678170 м. Мирний, РФ
E-mail: nnzinchuk@rambler.ru*

Більшість вивчених кимберлітових діатрем – це багатофазові трубки. Кожна магматична фаза вкорінення, сформована всередині діатреми, складена кимберлітом характерного петрографічного й петрохімічного типу, який має низку стійких, слабо змінних з глибиною типоморфних ознак. Кимберліти різних фаз укорінення в одній діатремі відрізняються між собою за співвідношенням порфірових і кластичних структурних елементів та за вмістом індикаторних мінералів. Виконані дослідження дали змогу виявити суттєві відмінності в алмазонасності різних фаз укорінення кимберлітів. Це зумовлено різним рівнем формування магматичних джерел, неоднаковою тривалістю їхнього функціонування, фізико-хімічними особливостями вихідних складових, швидкістю піднімання й характером просування кимберлітової магми на різних етапах кимберлітоутворення. Кимберлітові брекчії завершальних етапів формування трубок продуктивніші порівняно з порфіровими кимберлітами ранніх інтрузивних фаз укорінення.

Особливості походження й виверження кимберлітових розплавів могли суттєво впливати на перетворення первинної форми кристалів алмазу, що приводило до їхнього розчинення (іноді до цілковитого руйнування) та корозії. У разі оцінювання продуктивності

кімберлітових трубок треба брати до уваги реальні співвідношення в діатремах інтрузивних і експлозивних процесів кімберлітоутворення, які, зазвичай, змінюються з часом.

Ключові слова: кімберлітова трубка, алмаз, фази вкорінення, інтрузивний процес, ефузивний процес, кімберлітоутворення, типоморфізм мінералів.

MATTER CRITERIA OF DIAMOND-BEARING KIMBERLITES

N. Zinchuk

*West-Yakut Scientific Centre of the Sakha (Yakutia) Republic Academy of Sciences,
4/1, Lenin St., 678170 Mirnyi, Russia
E-mail: nnzinchuk@rambler.ru*

Based on the study of the geological structure and material composition of kimberlite pipes and veins, diamond potential of kimberlites, morphology, grain sizing and colour of diamonds, we have detailed the model of the spatial distribution of veined bodies, pipes Mir, Sputnik, Internationalnaya, etc. They differ in the number of diamonds, their grading and quality. The most enriched in small and low-grade diamonds the veined bodies and ore columns, corresponding to the first phase of injection. The plenty of small, painted and low-grade diamonds, for example, in Sputnik-pipe, is due to the fact that the kimberlite melt during the pipe formation developed enough. Therefore, thermodynamic conditions for the preservation of diamonds were severe; as a consequence defective diamonds appeared. The differences in the diamond content, granulometric composition, quantity of coloured diamonds, of crystals with graphite inclusions and fractured or damaged individuals are the indicators of different thermodynamic conditions for the formation of the described natural ore system (variations of material and gas composition, changes in *PT*-conditions, etc.).

The differences in the diamond content of individual phases of kimberlite injection have been caused by (1) varying level of initial stage and different duration of magma hearths functioning, (2) physical and chemical properties of the initial components, (3) the rate of rise and the character of kimberlite magma moving at different stages of kimberlites formation.

All the main varieties of kimberlites and inclusions in them, found in the upper parts of the diatremes, are found also at depth, at that there is no zoning in the distribution of xenoliths. The intensity of replacement of xenoliths by secondary minerals depends on the degree of change of kimberlites which contain these xenoliths. It often happens that the xenoliths at depths are changed more intensively than in the upper horizons. This is due to the fact that kimberlites and xenoliths in them have been affected by highly mineralized waters, which are localized in the thick deposits of the salt strata among the Cambrian rocks containing kimberlites on the Siberian platform.

A comparative study of the size, morphology, optical properties of crystals and diamond potential of the kimberlite diatremes confirm the differences between distinguished varieties of kimberlite breccias of the different phases of injection. Features of the origin and injection of kimberlite melts could affect the transformation of diamond crystals original shape, resulting in dissolution of the crystals (sometimes up to complete destruction) and their corrosion.

Different productivity of distinguished kimberlite rock types is of great practical importance for choice of optimal mode of rocks enrichment. To improve the efficiency of the enrichment of separate kimberlite breccia varieties it is necessary to consider the differences in the ratio of xenoliths, petrophysical properties, distribution of rock-forming minerals, nature of secondary mineralization and saturation of the diamonds.

Key words: kimberlite pipe, diamond, phases of injection, intrusive process, effusive process, formation of kimberlite, typomorphism of minerals.

UDC 552.51:549:553.81(477.42)

**FRACTIONAL STRUCTURE AND MINERALOGICAL FEATURES
OF PSEPHYTIC DEPOSITS – POTENTIAL RESERVOIRS
OF DIAMOND IN THE NORTH-WESTERN PART
OF THE UKRAINIAN SHIELD.
Part 1. PRYPIATSKA AREA**

Ye. Slyvko, N. Razumieieva

*Ivan Franko National University of Lviv,
4, Hrushevskyyi St., 79005 Lviv, Ukraine
E-mail: emslivko@i.ua*

Due to the thematic and prospecting works for diamonds in the North-Western part of the Ukrainian shield, the areas of psephytic rocks development have been allocated which could be the reservoirs of diamonds and, therefore, – the promising areas of diamond placers localization. The paper deals with the investigations in the Prypiatska area which is located in the far south part of the Prypiatska depression. Palaeogene and Neogene coarse-grained deposits have been studied, especially their lithologic and facial features (gravel component and heavy fraction of $-1.0+0.2$ mm), and paragenetic satellites of diamond – pyrope, ilmenite, chrome-spinellids etc.

The conclusion has been made that in this case mentioned minerals cannot be used as search signs nor on the identification of alkali-ultramafic magmatic bodies, nor to identify the diamond placer because of such facts: small size of detected grains of pyrope and chrome-spinellids; quite high degree of their roundness and the character of their surface testify to a long stay of these grains away from the primary sources; the content of both minerals in the sediments is low; ilmenite grains with “kimberlitic” values of thermoelectric power are extremely rare.

Key words: diamond, placer, kimberlitic minerals-satellites of diamond, psephytic rocks, Palaeogene, Neogene, Prypiatska depression.

In 1980–1990-ies, the geologists of Zhytomyrska Geological Exploration Expedition (Suprunenko et al., 1984; Vysotsky et al., 1985, etc.) performed the thematic and prospecting works for diamonds in the North-Western part of the Ukrainian shield. Due to these investigations, the areas of psephytic rocks have been allocated which could be the reservoirs of diamonds and, therefore, – the promising areas of diamond placers localization. These works were joined by the scientists of the Lviv University (U. Fenoshyna, Ye. Slyvko, O. Lytvynovych, N. Razumieieva, O. Bura).

It is known that the material composition of reservoirs, usually represented by terrigenous deposits, is essential for a proper understanding of placer-forming process. Associations of material components of these collectors bear the imprint not as much the petrographic composition of sources of load, as the processes of material differentiation during all the way from the indigenous source to the placer. Therefore, the main characteristics of material composition of the collector are the data about its factional structure and mineralogy.

In the case of terrigenous deposits study, especially during prospecting for the discovery of placers, scientists pay great attention to clastogene accessory minerals. Paragenetic associa-

tions of these minerals (as typomorphic features of each mineral) particularly “sensitive” react to the duration of stay outside the original source. Hence you have the possibility of solving the inverse geological problem – to determine the genetic type of the near or far sources of load of clastogene accessory minerals and/or their associations, ways of their migration, and accumulation conditions on the basis of minerals and mineral associations, identified in terrigenous sediments.

Therefore, the main task of our research was to identify the character of clastogene minerals distribution in psephytic sediments, and to determine the lithologic and facies features of localization of diamond and its paragenetic and gravitational minerals-satellites in these sediments.

Five prospecting areas have been allocated in the North-Western part of the Ukrainian shield: (1) Bilokorovytska* (three places – within the southern closure of Bilokorovytska structure, on the edge of its eastern side and in the northern part of the structure); (2) South-Western (Pivdenno-Zakhidna) (in the south-western part of Ovruchska structure) – to search for ancient metamorphosed placers in conglomerates and other psephytic rocks; (3) Mezhyritska (psephytic alluvium in the interfluvium Uzh–Zherev) – to search for placer deposits of Mesozoic-Cenozoic age; (4) Prypiatska (the extreme southern part of the Prypiatska depression) – to search for Meso-Cenozoic diamond placers, confined to Palaeogene and Neogene gravel-peggle horizons; (5) Usivska (Usivske uplift) – for the exploration of indigenous sources of diamond – the bodies of alkaline-ultrabasic composition.

The results of the study in the Prypiatska area are given below.

Prypiatska area is located in the far south part of the Prypiatska depression, between the Studenytskyi fault (for the west) and north-eastern continuation of Ubortsko-Sushchanskyi fault. Here, directly on Palaeozoic bedrock, the *MZ–KZ* boulder-peggle deposits are superposed. Actually they have been the object of search for deposits and auspicious collectors for paragenetic and gravitational satellites of diamond.

Gravel-peggle deposits have been striped by prospecting boreholes on the four profiles. Four small-volume samples have been picked out from the boreholes of the three profiles. In these samples, we studied the composition and lithologic-facial features of the potentially productive psephytic rocks of the cover, as well as the composition and fractional structure of their heavy fractions.

We investigated Palaeogene sediments in the western and central parts of the Prypiatska area. In the first case, they are represented by five-meter horizon of the boulder-peggle rocks, which are deposited on the Jurassic (?) clays. The filling material is coarse-grained glauconite sand in which the content of psephytic material is 40–60 %, and it is distributed unevenly. In composition it is mainly pebbles and boulders of pink quartzite-sandstones of Tovkachivska suite and pebbles of quartz. There are numerous fragments of quartz gritstone with entire sulphide cement in the lower part of the horizon. Size of these fragments varies from 2–3 to 5–7 cm and more, they are well rounded. In the central part of the area, various-grained to coarse-grained feldspathic-quartz sand directly overlaps the granites of the crystalline basement. The sand contains 30–40 % of quartz fragments, as well as the gruss of quartzite-sandstones and granites; size of this material is 0.8–2.5 cm.

*The results of studies of paragenetic and gravitational minerals-satellites of diamond from conglomerates and the other rocks of Bilokorovytska structure and its framing have been described in numerous scientific works [1, 2, 5–8 etc.].

Neogene deposits have been striped by boreholes at depths of 25 to 34 m. They are represented by pinkish-gray sand with admixture of gravel, composed of quartz and pink quartzite-sandstone. The sands are predominantly medium- to fine-grained, contain a small quantity of large and gravel-size grains. The interlayer of gravel-pebble sediments with the content of psephitic material from 15–20 to 20–30 % has been discovered in the lower part of the Neogene sands strata. The composition of the pebbles is the same as gravel. There are some interlayers of grey clay and numerous remains of charred wood.

The study of the material composition of psephitic rocks in the jiggling concentrates (–8+1 mm) and their heavy fractions (grades –1.0+0.5; –0.5+0.2; –0.2 mm) showed the following.

The **gravel component** of Palaeogene and Neogene sediments is represented mostly by gravel of colourless, white and grey quartz, rarely – pink quartzite-sandstone and intensely weathered feldspar. The composition of the gravel-size heavy fraction is unstable. In the Palaeogene deposits of the Prypiatska area western part, there are peculiar septarian nodules of microbreccias type, which are composed of different size clastogene material (quartz, occasionally quartzite-sandstone, feldspar, ilmenite, garnet). This clastogene material is cemented by authigenic pyrite – entire and fine-grained, at least of oölitic and crystalline structure. In the Palaeogene sediments of the Central part of the area, the gravel heavy fraction contains the grains of iron hydroxides which have brown colour, different shape (irregular, rod-like, tabular) and different degree of roundness. The mass of fine-dispersed iron hydroxides contains fine-grained and aleuritic clastogene material.

In the heavy fraction of the Neogene sediments of the gravel size, already mentioned “microbreccias” dominate. However, their cementing mass, in addition to authigenic pyrite, contains iron hydroxides of brownish-red colour; in rare cases, cement is the substance of black colour with strong pitch glance (similar to hisingerite). In addition, the heavy fraction more than 1 mm contains the fragments of pyritized charred wood.

Without a doubt, the presence of authigenic pyrite in the studied Palaeogene and Neogene sediments indicates that these sediments have been formed in reducing conditions and, obviously, during diagenetic stage, when the segregation of sulphide substance in peculiar septarian nodules of gravel and coarse-sand size – “microbreccias” – took place. Pyrite cemented clastogene various-grained material, and this resulted in the formation of deposits with a microporous texture. In turn, this contributed to the formation of microscopic septarian nodules and crystals of pyrite not only in the intergranular space of sediments, but also on the surface of individual grains of clastogene quartz. Here, looking ahead, we note that in the heavy fractions of the size of –1.0+0.5 mm we discovered a sufficient amount of pyrite in the form of separate grains, nodules and small crystals, as well as its intergrowths with the grains of clastogene minerals, and in such intergrowths, pyrite plays the role of cementing substance.

Therefore, we discovered in the studied sediments (1) the pyrite, which fell in the heavy fractions due to crushing of the fragments of gritstone with entire pyritic cement and (2) authigenic pyrite that cements various-grained clastogene material of the sediments and has been isolated in them in the form of nodules and crystals.

Investigations of the **heavy fraction of –1.0+0.2 mm** showed the following. Its content in the samples varies due to different quantity of the main clastogene minerals (ilmenite, garnet, staurolite etc.) and authigenic pyrite. In particular, the pyrite content in the Palaeogene deposits ranges from 57.2 to 91.8 g/t, and in Neogene – from 241.6 to 1557.8 g/t, at that the grains of –0.5+0.2 mm dominate. The heavy fractions are predominantly medium-grained: the grade of –0.5+0.2 mm forms more than 98 % of their mass.

Resistant terrigenous minerals are represented in the heavy fractions by ilmenite, garnet, staurolite, kyanite (their content in the samples is much interchangeable), tourmaline, topaz, zircon (their content varies less) and other minerals.

Ilmenite grains are represented by four types, the contents of which depend on the grain size. In particular, in the Neogene sediments the ilmenite-1 dominates (the so-called fragmented ilmenite) in the form of poorly rounded grains of table-like and rod-like shape, dull black, sometimes with brownish powdery coatings of iron hydroxides; the surface of grains is rough, with pits and potholes, often scalariform. The mass of such ilmenite contains a small number of angular grains of irregular shape, which have an intense black colour and strong submetallic lustre (ilmenite-2 – “shiny”). Unrounded grains of ilmenite-3, dull and intensely changed (so have a look of spongy-skeletal aggregates), have been found in the heavy fraction of the Palaeogene sediments (so-called leached ilmenite). Ilmenite-4 is represented by well-rounded grains of different shape: in the class of $-1.0+0.5$ mm – tabular grains, slightly leucoxenized, therefore, painted in dark gray with a brown tinge colour; in the class $-0.5+0.2$ mm – grains of irregular-isometric, rarely tabular shape, size mostly < 0.3 mm, black, dark grey and dark brown.

Leucoxene is represented by single porcelaneous grains with the size of 0.5–1.0 mm and the visible relics of tabular form; smaller grains are rounded, oval, have different tinges of brown colour.

Garnet grains are diverse in appearance. In the fraction $-1.0+0.5$ mm, unrounded grains dominate, among which there are the following varieties: (1) monolithic transparent orange-red grains, irregular, often angular in shape, with smooth shiny surface; (2) opaque fragments of aggregate structure and pinkish-red colour; (3) grains of irregular shape with jagged, like pitted boundaries and the same surface. Well rolled grains are less common, they have spheroidal, irregular-rounded, sometimes oval form and various tinges of reddish-pink colour. Their surface is smooth, fine-rough or lusterless, with separate hollows and mechanical chips. Single grains are represented by perfect and slightly deformed poor rounded crystals of rhombododecahedral habit. In the class $-0.5+0.2$ mm, there are rounded and angular (with aggregate structure) garnet grains of pink and orange-red colour.

Other terrigenous minerals have been found only in the class $-0.5+0.2$ mm. In particular, **zircon** is represented by such subidiomorphic crystals: (1) short-prismatic pink individuals, water-transparent, without inclusions; (2) elongate-prismatic crystals of yellow colour and different degrees of transparency; (3) elongate-prismatic black crystals, etc. **Kyanite** is found in the form of subrounded colourless, sometimes grey, yellowish grains of sliced form. Grains of tourmaline, topaz, sillimanite, and some grains of staurolite are well rounded. And also there are poor rounded fragments of tourmaline crystals.

The performed studies allow distinguishing two distinctly different mineral associations among terrigenous minerals that have different information about their sources:

1) coarse-grained leucoxene-garnet-ilmenite association – sources of these minerals (with the exception of well rounded garnet grains), probably, are located at a relatively short distance from the place of their burial;

2) medium-grained topaz-garnet-staurolite-ilmenite association with zircon, sillimanite, kyanite is a characteristic association of many terrigenous deposits which have undergone not only continuous transportation but also repeated redeposition from more ancient sediments.

Paragenetic satellites of diamond in the studied Palaeogene and Neogene sediments of the extreme southern part of the Prypiatskyi trough have been identified in very small quan-

tity: there are single grains of pyrope and chrome-spinellid per one small-volume sample (20 litres).

We identified 94 grains of *pyrope* in four small-volume samples, 68 of them – in coarse-grained sediments of the Palaeogene, 26 – in the Neogenic sediments; among them 84 grains have size from 0.50 to 0.25 mm, and the rest – 0.20–0.25 mm. Four varieties of pyrope have been distinguished by optical properties: (1) pink grains with index of refraction $n = 1,746$ – $1,748$ (47 grains); (2) grains of purple colour of varying intensity (25 grains), the value of n is quite variable, but 15 grains have $n = 1,752$; (3) red grains with $n = 1,373$ – $1,748$ (17 grains); (4) orange grains with $n = 1,754$ (four grains).

Shape of grains in general is irregular, slightly elongated; individual grains have a rectangular or triangular cross-section. The surface usually is lusterless, with separate hollows. Grains are poorly rounded and semi-rounded, some of them are well rounded; the degree of preservation of grains is good.

Eleven pyrope grains have been investigated (see Table) using a partial microprobe analysis (three components). It follows from the diagram Cr_2O_3 – CaO (Fig. 1), that all the grains correspond to pyrope of lherzolite paragenesis. For comparison, we have put on the diagram the figurative points of composition of pyrope from the conglomerates of Bilokorovytska structure, products of their destruction and phyllite-like schists [1].

The results of partial microprobe analysis of pyrope grains

The number of analysis	Colour of pyrope grains	Content, mass %		
		CaO	FeO	Cr_2O_3
Neogene deposits				
1608/5	Red	4,90	7,35	3,59
1608/6	Violet-red	4,43	8,71	1,81
1608/7	The same	4,35	8,83	2,15
1609/3	Violet	4,72	7,39	1,76
1609/4	Orange	4,72	7,45	0,67
Palaeogene deposits				
1628/8	Orange	4,51	8,80	1,88
1628/10	Red-violet	4,58	9,41	1,71
1628/12	The same	4,92	7,83	1,53
1628/14	– “ –	5,06	8,37	1,75
1628/17	Violet-red	4,77	7,65	2,88
1628/19	Red-violet	4,58	8,33	1,63

Note. Analyses have been performed at the Institute of Geology of Yakut branch of the Siberian branch of the Russian Academy of Sciences (IG YaB SB RAS).

Chrome-spinellids are represented by single grains in the class of $-0.5+0.2$ mm, and only in one sample of psephytic Neogene sediments their content is 0.39 g/t. Grains have an irregular or rounded shape, rough surface, are black, opaque, in thin fragments shine brown.

Partial microprobe analysis (IG YaB SB RAS) of the four grains showed the following. Two grains from the Palaeogene deposits are the ferruginous ferrichromite, mass % (average): Cr_2O_3 – 54.45; TiO_2 – 0.13; Al_2O_3 – 11.12; they are comparable with the accessory chrome-spinellids of stratified ultrabasites (Fig. 2). Two grains from the Neogene deposits are the chrome hercynite: Cr_2O_3 – 31.74; TiO_2 – 0.11; Al_2O_3 – 32.16 mass % (are not in the chart in Fig. 2 due to low chromium); they are comparable with the accessory chrome-spinellids from ultrabasic rocks of ophiolitic formation. According to N. Sobolev et al. [4], chrome-spinellids

of similar composition have been found in the concentrates of the Yakut kimberlite pipes. We note in passing that quite a lot of grains of the same composition (58 and 92, respectively, of the 414 analyzed) were discovered in terrigenous rocks of Bilokorovytska structure (see Fig. 2) and in Albian and Quaternary sediments of North-Western Volyn region [1].

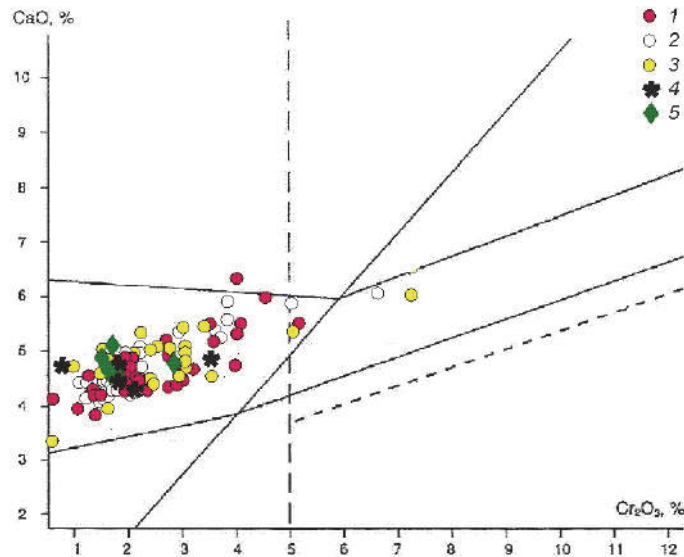


Fig. 1. The position of the figurative points of pyrope composition from the Bilokorovytska structure rocks (1 – conglomerates, 2 – products of their destruction, 3 – phyllite-like schists) [1] and Prypiatska area (4 – Neogene rocks, 5 – Palaeogene rocks) on the diagram Cr_2O_3 –CaO.

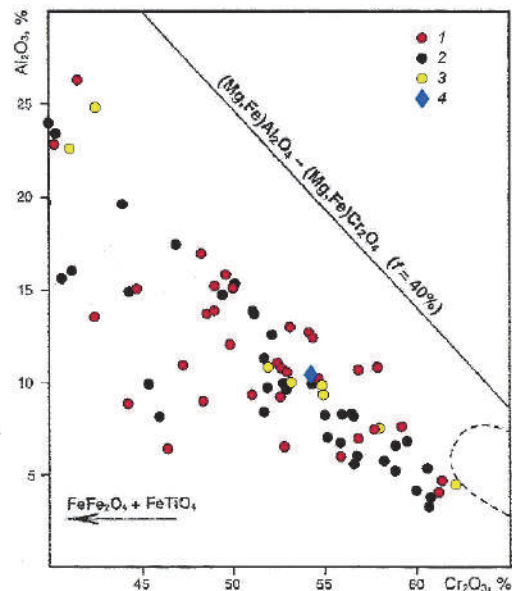


Fig. 2. The position of the figurative points of chrome-spinellids composition from the Bilokorovytska structure rocks (1 – conglomerates, 2 – products of their destruction, 3 – phyllite-like schists) [1] and Prypiatska area (4 – Palaeogene rocks) on the diagram Cr_2O_3 – Al_2O_3 . Dashed line limits the field of composition of chrome-spinellids associated with diamonds.

For the study of *microilmenite* by the method of thermoelectric power, we have selected 170 grains of ilmenite from the grade of -2.0 ± 0.5 mm, among them 95 grains – “fragmented” ilmenite, 72 – “leached”, three grains – “shiny”. It turned out that the vast majority of the grains have a value of thermoelectric power as in ilmenite from the basic rocks – from +180 to +400 mV/°C. And only two grains have these values as in microilmenite: +77 (“shiny”) and –166 mV/°C (“leached”).

Therefore, small size of detected grains of pyrope and chrome-spinel, quite high degree of their roundness and the character of their surface testify to a long stay of these grains away from the primary source. The content of both minerals in the sediments is low. Ilmenite grains with “kimberlitic” values of thermoelectric power are extremely rare. On this basis, we can conclude that in this case, these minerals cannot be used as search signs nor on the identification of alkali-ultramafic magmatic bodies, nor to identify the diamond placer.

REFERENCES

1. Алмазоносные формации и структуры юго-западной окраины Восточно-Европейской платформы. Опыт минерагении алмаза / Г. М. Яценко, Д. С. Гурский, Е. М. Сливко [и др.]. – Киев : УкрГГРИ, 2002. – 331 с.
2. Вишневський О. А. Зональний піроп із метаосадових порід Білокоровицької структури (північно-західний район Українського щита) / О. А. Вишневський // Записки Укр. мінерал. т-ва. – 2015. – Т. 12. – С. 130–133.
3. Матковський О. І. Мінералогічні особливості конгломератів Білокоровицької структури (північно-західна частина Українського щита) / О. І. Матковський, Є. М. Сливко // Записки Укр. мінерал. т-ва. – 2015. – Т. 12. – С. 23–53.
4. Особенности состава хромшпинелидов из алмазов и кимберлитов Якутии / Н. В. Соболев, Н. П. Похиленко, Ю. Г. Лаврентьев [и др.] // Геология и геофизика. – 1975. – № 11. – С. 7–24.
5. Феношин У. І. Алмази та їхні мінерали-супутники в конгломератах Білокоровицької структури (північно-західна частина Українського щита) / У. І. Феношин, Є. М. Сливко // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. геол. – 1999. – Вип. 14. – С. 86–93.
6. Цимбал С. М. Мінерали-супутники алмазу із конгломератів і пісковиків білокоровицької світи нижнього протерозою північної частини Українського щита / С. М. Цимбал // Записки Укр. мінерал. т-ва. – 2015. – Т. 12. – С. 54–75.
7. Цимбал С. М. Перша знахідка піропу і хромдіопсиду в грубоуламкових породах білокоровицької світи на півночі Українського щита / С. М. Цимбал, О. А. Вишневський, В. І. Вуйко // Доп. АН УРСР. Сер. Б. – 1984. – № 8. – С. 25–29.
8. Цымбал С. Н. Состав верхней мантии и перспективы алмазоносности северо-западной части Украинского щита / С. Н. Цымбал, Ю. С. Цымбал // Минерал. журн. – 2003. – № 5/6. – С. 40–56.

Стаття: надійшла до редакції 17.03.2017
прийнята до друку 26.04.2017

**ФРАКЦІЙНА СТРУКТУРА І МІНЕРАЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ
ГРУБОУЛАМКОВИХ ВІДКЛАДІВ – МОЖЛИВИХ КОЛЕКТОРІВ
АЛМАЗУ В ПІВНІЧНО-ЗАХІДНІЙ ЧАСТИНІ
УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА.
Ч. 1. ПРИП'ЯТСЬКА ДІЛЯНКА**

Є. Сливко, Н. Разумєєва

*Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, 79005 м. Львів, Україна
E-mail: emslivko@i.ua*

Речовинний склад колекторів має важливе значення для розуміння розсипоутворювального процесу, особливо це стосується фракційної структури відкладів та різноманітних мінералогічних особливостей. Під час тематичних і розшукових робіт на алмази геологи Житомирської ГРЕ виділили п'ять ділянок розвитку грубоуламкових порід, які могли бути колекторами алмазу і, отже, перспективними на виявлення в них відповідних розсипищ: Білорівницьку, Південно-Західну, Межиріцьку, Прип'ятську та Усівську.

Наведено дані про результати досліджень, виконаних науковцями Львівського університету, на Прип'ятській ділянці. Ділянка розташована у крайній південній частині Прип'ятської западини, між Студеницьким розломом на заході й північно-східним продовженням Убортьсько-Сущанського розлому. Тут безпосередньо на палеозойському плитику залягають валунно-гальково-гравійні утворення мезо-кайнозою, які розкрито свердловинами за чотирма профілями. У західній і центральній частинах ділянки досліджено палеогенові відклади, представлені п'ятиметровим горизонтом валунно-галькових порід, що залягають на глинах юри (?). Відклади неогену (інтервал 25–34 м) представлені середньо-дрібнозернистим піском з домішкою гравію.

Речовинний склад грубоуламкових порід вивчали за концентратами відсадження розміром $-8+1$ мм та їхньою важкою фракцією (класи $-1,0+0,5$; $-0,5+0,2$; $-0,2$ мм). Стійкі теригенні мінерали представлені ільменітом, гранатом, ставролітом, кіанітом (вміст яких значно змінний), турмаліном, топазом, цирконом (кількість яких варіює менше) та ін. Наявні дві чітко відмінні мінеральні асоціації: 1) крупнозерниста лейкоксен-гранат-ільменітова (джерела цих мінералів розташовані на порівняно невеликій відстані від місця їхнього захоронення); 2) середньозерниста топаз-гранат-ставроліт-ільменітова з цирконом, силіманітом, кіанітом (характерна асоціація багатьох теригенних утворень, які не тільки зазнали тривалого транспортування, а й неодноразового перевідкладання з давніших відкладів).

Серед парагенетичних супутників алмазу в досліджених відкладах виявлено рідкісні зерна піропу (відповідають піропам лерцолітового парагенезису) та поодинокі зерна хромшпінелідів (залістий ферихроміт і хромовий герциніт) і пікроільменту (зі значеннями термо-е.р.с. $+77$ і -166 мкВ/град).

Малий розмір виявлених зерен піропу і хромшпінелідів, достатній ступінь їхньої обкатаності та характер їхньої поверхні свідчать про тривале перебування цих зерен далеко від першоджерел. Якщо додати до цього низький вміст обох мінералів та надзвичайну рідкість зерен ільменіту з "кімберлітовими" значеннями термо-е.р.с., то можна зробити висновок, що в нашому випадку ці мінерали не можна використовувати як розшукові ознаки на виявлення ані лужно-ультраосновних магматичних тіл, ані розсипищ алмазу.

Ключові слова: алмаз, розсипище, кімберлітові мінерали-супутники алмазу, грубоуламкові породи, палеоген, неоген, Прип'ятська западина.

УДК 553.411.068.57:549(477/45,46)

РОЗСИПНА ЗОЛОТОНОСНІСТЬ АПТ-НИЖНЬОАЛЬБСЬКИХ КОНТИНЕНТАЛЬНИХ ФЛЮВІАЛЬНИХ ВІДКЛАДІВ ВЕРХНЬОЇ ПАЛЕОТЕЧІЇ КАНІВ-ЗВЕНИГОРОДСЬКОЇ ПАЛЕОДОЛИНИ (ЦЕНТРАЛЬНА ЧАСТИНА УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА)

М. Ковальчук, Ю. Крошко

*Інститут геологічних наук НАН України,
вул. Олесь Гончара, 55б, 01601 м. Київ, Україна
E-mail: kms1964@ukr.net*

Наведено дані щодо золотоносності апт-нижньоальбських континентальних флювіальних відкладів у межах верхньої палеотечії Канів-Звенигородської палеодолини. Схарактеризовано типоморфні особливості розсипного золота. На підставі координат свердловин, їхнього опису та даних за відібраними з зазначених відкладів пробами виконано низку цифрових картографічних побудов для характеристики параметрів розсипу. Визначено розподіл вмісту золота за окремими перетинами впоперек палеодолини та зв'язок підвищеного вмісту золота з рельєфом плотики й потужністю золотовмісних відкладів. Виконані дослідження стали підставою для прогнозування більшого розсипу золота вище за палеотечією в напрямі до Стеблева. На ділянці розмивання апт-нижньоальбських відкладів середньоеоценовими річками в їхньому русловому алювії вірогідні розсипи неодноразово перевідкладеного золота. Отже, у межах дослідженої ділянки наявний просторово-парагенетичний ряд розсипів золота: розсипи кори звітрювання та розсипи апт-нижньоальбських і середньоеоценових континентальних флювіальних відкладів.

Ключові слова: розсипне золото, типоморфні особливості, континентальні флювіальні відклади, апт, нижній альб, Канів-Звенигородська палеодолина, Український щит, ГІС-технології.

Золотоносність апт-нижньоальбських континентальних флювіальних утворень пов'язана з особливостями мінерагенії кристалічного фундаменту і його кір звітрювання, а також із низкою сприятливих палеотектонічних, палеогеографічних та інших умов, що зумовили надходження золота в континентальні флювіальні водотоки й наявність локальних фаціальних умов і механічних бар'єрів, де воно концентрувалося [3]. Найбільший і найліпше вивчений розсип золота локалізований у межах верхньої палеотечії Канів-Звенигородської палеодолини [1, 4]. Тут у апт-нижньоальбських континентальних флювіальних відкладах відшукали розсипи золота, які утворилися з кір звітрювання золотоносних амфіболітів, причому розсипну золотоносність виявлено як по всій ширині палеодолини, так і у вертикальному розрізі [1]. Просторово вона тяжіє до центральної частини палеодолини та її правого борту. На підставі координат свердловин, їхнього опису і даних випробування зазначених відкладів на золото [1] ми дослідили виявлену золотоносність за чотирма перетинами (рис. 1) із застосуванням ГІС-технологій (Golden Software Surfer) [5].

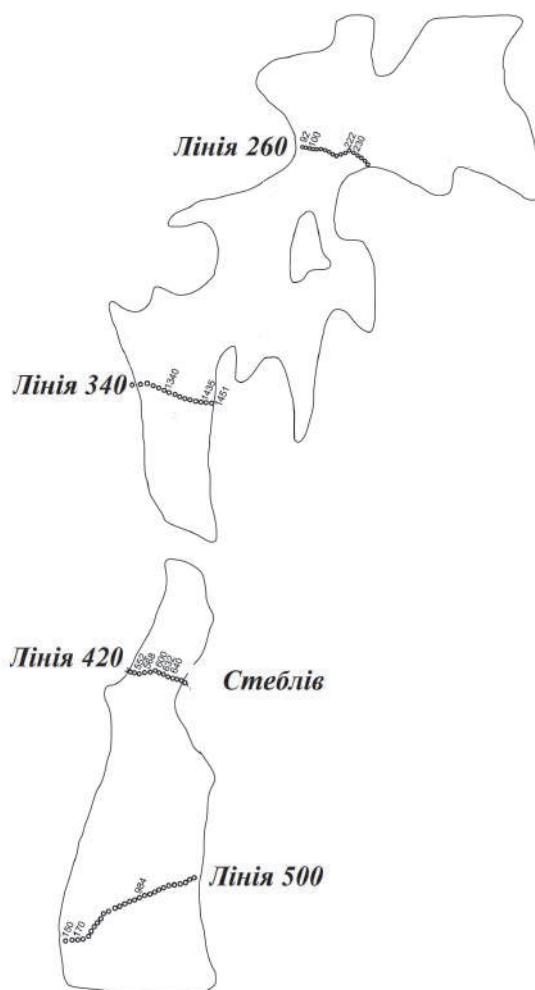


Рис. 1. Схема розташування золотоносного розсіпу в межах Канів-Звенигородської палеодолини та ліній перетину, за якими досліджували золотоносність.

Золото наявне в усіх літофаціях, однак підвищений його вміст пов'язаний з русловими утвореннями. Це погано сортовані гальково-гравійно-піщані відклади зі змінним вмістом глинистої складової, яка представлена головню каолінітом. Золото концентрується звичайно в нерівностях плотика, нішах, кишнях, ямах, а також утворює лінзи, струмені й потоки розсіяння в розрізі апт-нижньоальбської континентальної флювіальної товщі (рис. 2). Потужність золотоносних пластів становить 0,5–1,0 м. Зазвичай у золотоносних відкладах є галька кварцу (сплющеної та ізометричної форми) та пірит-марказитові конкреції. Визначено пряму залежність між вмістом золота, наявністю та розміром кварцової гальки і глинистістю порід.

Колір золота яскраво-жовтий, іноді з червонуватим відтінком. Форма золотин достатньо різноманітна, подекуди екзотична [2]. Переважає (90 %) золото у вигляді тонких лусочок, пластинок неправильної, часто викривленої форми з плавними або частково порізаними, іноді загнутими краями [1, 2, 4].

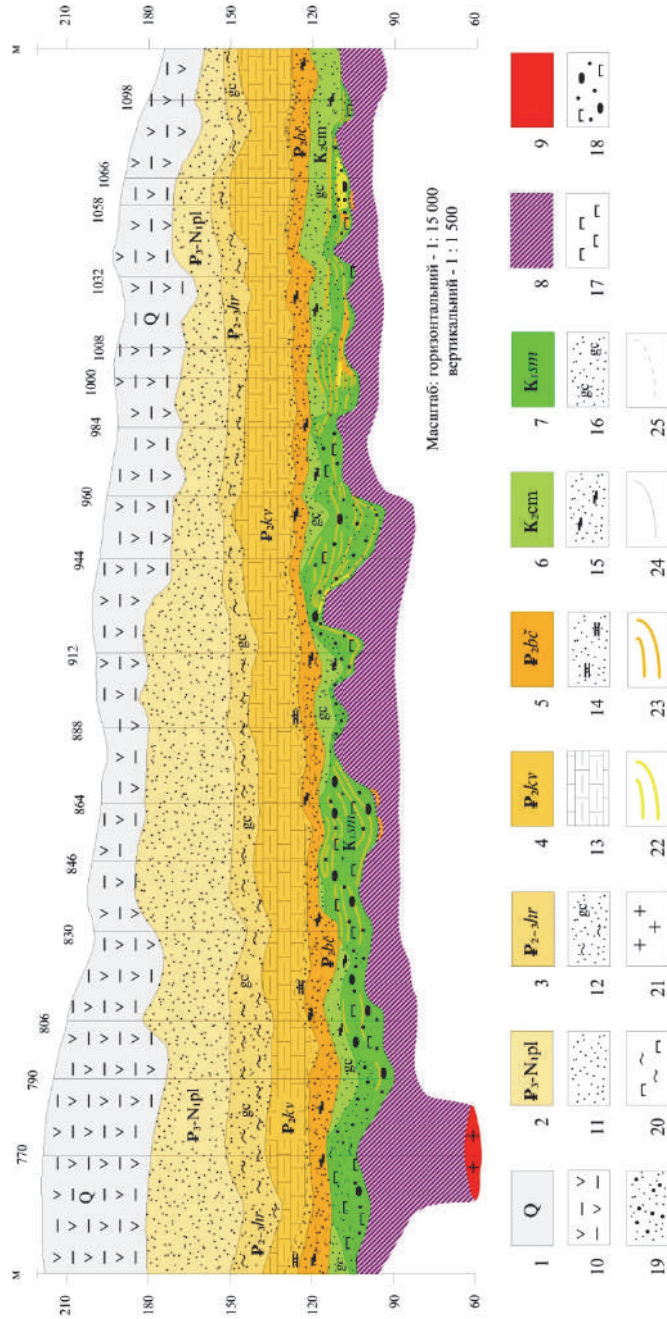


Рис. 2. Літологічний переріз за лінією 500 з елементами золотоносності (Канів-Звенигородська палеодолина):

1 – покривні чотвртинні відклади; 2 – прибережно-морські відклади полтавської серії, нерозчленовані міоцен–олігоцен; 3 – морські мілководно-алювіальні відклади харківської світи, нерозчленовані олігоцен–еоцен; 4 – морські середньоглибинні відклади київської світи, верхній еоцен; 5 – озерно-алювіальні відклади бучацької світи, середній еоцен; 6 – морські мілководні відклади сеноману, K₂; 7 – алювіальні та озерно-алювіальні відклади апту-альбу, K₁; 8 – елювіальні відклади кори згіррювання порід фундаменту, MZ-KZ; 9 – кристалічні породи докембрію; 10–21 – речовинний склад порід: 10 – суглинки, супіски, 11 – дрібнозернисті піски, 12 – тонкозернисті глинисті піски з глауконгом, 13 – мергелі, 14 – мергелисті піски, 15 – вуглисті піски, 16 – глауконіт-кварцові піски, 17 – каоліністі глини, 18 – каоліністі глини з гравієм кварцу й конкреціями бокситу, 19 – піски з кварцовим гравієм, 20 – каоліністі глини з котунами каолініту, 21 – кристалічні породи, 22 – контури непромислових розсіпів золота; 23 – контури знакового вмісту золота; 24 – межі стратиграфічних горизонтів; 25 – внутрішні фаціальні межі.

Підпорядковане значення мають кристали золота та їхні зростки, дендритоїди, дволистки, зерна грудко- й сигароподібної форми [2]. Трапляються включення кубічних кристалів піриту.

Розмір зерен змінюється від 0,01 до 3,5 мм, проте основна частина належить до пілоподібного (0,01–0,05 мм), алевритистого (0,05–0,10) та дуже дрібного (0,10–0,25 мм) класів. Діагностовано зростки золота з іншими мінералами (кварц, циркон, пірит, вісмутин), а також золото в “сорочці” кремнезему й каолініту. Поверхня зерен ямчато-горбиста, часто зі слідами відбитків різних мінералів. Ступінь обкатуності різний, переважає добре обкатане золото зі слідами інтенсивного механічного впливу, наявні численні механічні шрами та сліди корозії [1, 2].

Звичайно золото дуже високопробне (> 950). Проба золота майже завжди дещо вища в крайовій частині зерна порівняно з центральною, що зумовлено “облагороджуванням” мінералу за екзогенних умов. Крім того, вона зростає в напрямі до гирла палеодолини: 881–988–997–999 [1, 4]. Вірогідно, це пов’язано не з “облагороджуванням” золота під час транспортування, а з надходженням його з різних джерел. Свідченням цього є строкатий склад елементів-домішок у золоті (Ag, As, Fe, Cu, Pb, Zn, Hg, Sb, Bi, Ti, Ni), серед яких найсуттєвіші домішки Ag та Zn (0,10–0,96 %), а також Bi (0,65–1,14 %) [2].

Самородне золото виявили також у гальці кварцу (від 0,003 до 0,02 г/т), каолінових котунах (0,003–0,030), пірит-марказитових конкреціях (0,03–0,10 г/т) [1]. Наявність золота в них не корелює з наявністю в розрізі розсіпного золота.

Розподіл золота у вертикальному розрізі за лінією 500 такий: шари зі знаковим вмістом металу розташовані кулісоподібно по всьому розрізу, а шари з підвищеним його вмістом тяжіють до плотика або залягають безпосередньо над ним у приплотиковому шарі. Вміст золота в розрізі змінюється від 120 до 920 мг/м³ [1]. Рельєф підшови і поверхні флювіальних відкладів подібний (рис. 3). Розподіл потужності флювіальних утворень загалом відповідає рельєфу підшови й поверхні відкладів (див. рис. 3, 4). Виявлено декілька чітких максимумів підвищеного вмісту золота, проте основна його кількість тяжіє до правого борту палеодолини (рис. 5).

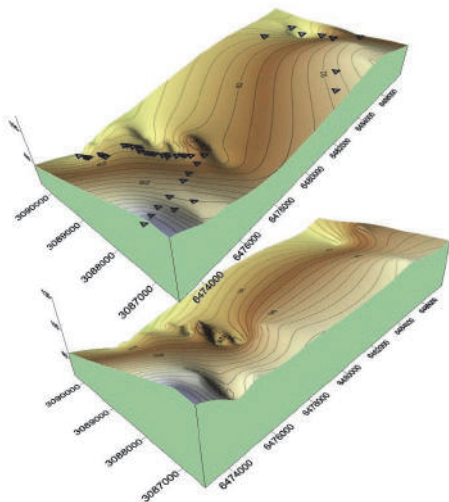


Рис. 3. Рельєф підшови й поверхні золотонесних відкладів за лінією 500.

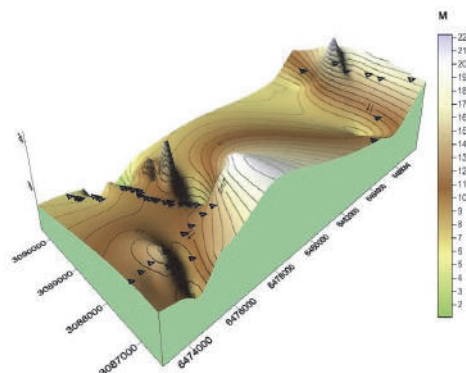


Рис. 4. Потужність золотонесних відкладів за лінією 500.

За лінією 420 золото тяжіє до плотика, а також утворює кулісоподібні шари в приплотиковій та верхній частинах розрізу. Вміст золота тут – від 190 до 710 mg/m^3 [1]. Рельєф поверхні підшови й покрівлі відкладів пологий, з нахилом униз за течією, з незначними локальними підвищеннями і зниженнями (рис. 6). Ділянки збільшення і зменшення потужності флювіальних утворень відповідають рельєфу підшови й поверхні відкладів (див. рис. 6, 7). У розподілі золота виявлено два чіткі максимуми, які просторово частково збігаються з підвищеннями в підшові відкладів (див. рис. 6, 8).

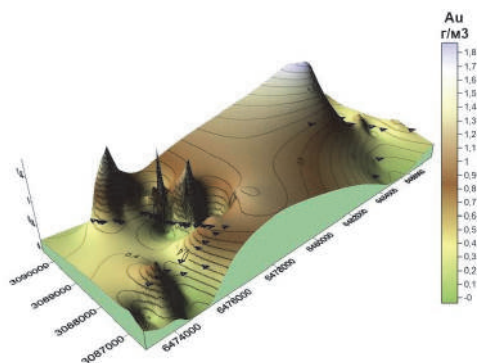


Рис. 5. Розподіл вмісту золота за лінією 500.

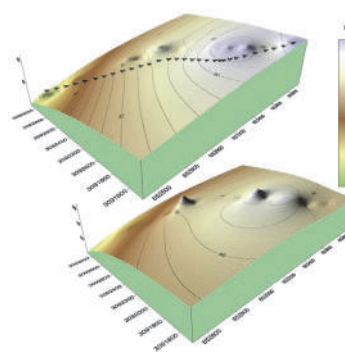


Рис. 6. Рельєф підшови й поверхні золотоносних відкладів за лінією 420.

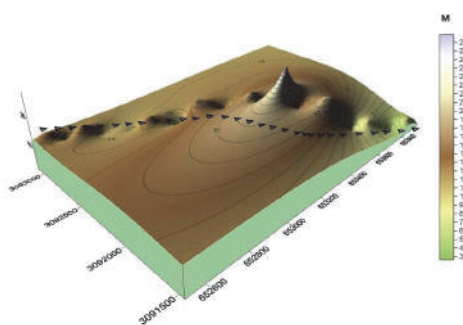


Рис. 7. Потужність золотоносних відкладів за лінією 420.

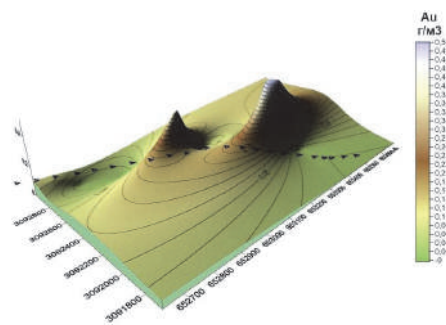


Рис. 8. Розподіл вмісту золота за лінією 420.

На ділянці лінії 340 золотоносні шари розташовані кулісоподібно високо над плотиком [1]. У рельєфі підшови флювіальних відкладів закартовано декілька локальних піднять (правий борт) та западина (центральна частина) (рис. 9). Унаслідок розмивання апт-нижньоальбських відкладів середньооценовими водотоками рельєф підшови й поверхні дещо відрізняється. Розподіл потужності флювіальних відкладів відповідає рельєфу їхньої підшови (див. рис. 9, 10). Підвищений вміст золота тяжіє до правого борту й центральної частини розсіпу (рис. 11).

За лінією 260 рельєф поверхні підшови і плотика асиметричний – правий борт крутий, а лівий – пологий (рис. 12). Підвищений вміст золота приурочений до центральної частини палеодолини, частково – до її лівого борту; він не корелює з потужністю золотоносних відкладів, загалом пов'язаний зі зниженнями в рельєфі плотика (див. рис. 12–14).

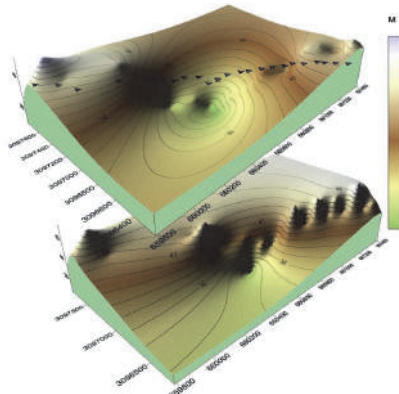


Рис. 9. Рельєф підшови і поверхні золотонесних відкладів за лінією 340.

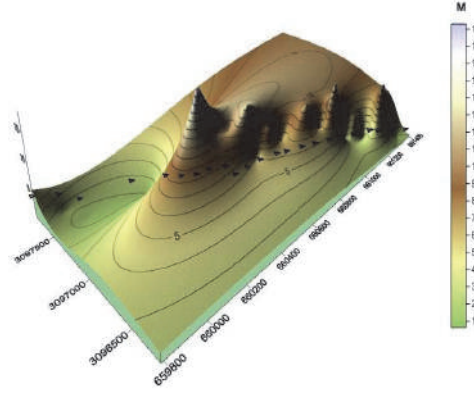


Рис. 10. Потужність золотонесних відкладів за лінією 340.

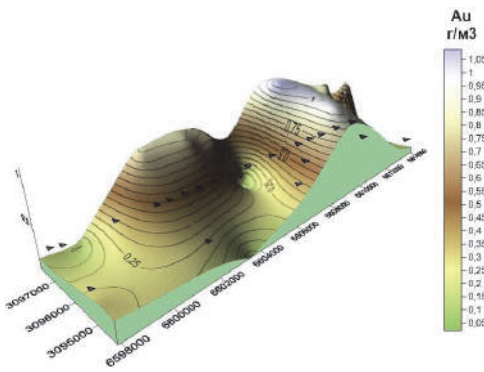


Рис. 11. Розподіл вмісту золота за лінією 340.

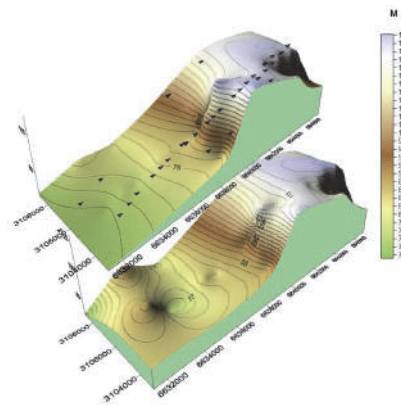


Рис. 12. Рельєф підшови і поверхні золотонесних відкладів за лінією 260.

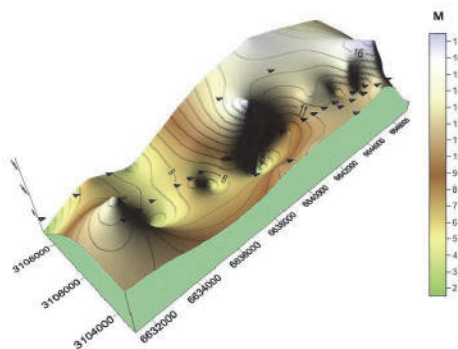


Рис. 13. Потужність золотонесних відкладів за лінією 260.

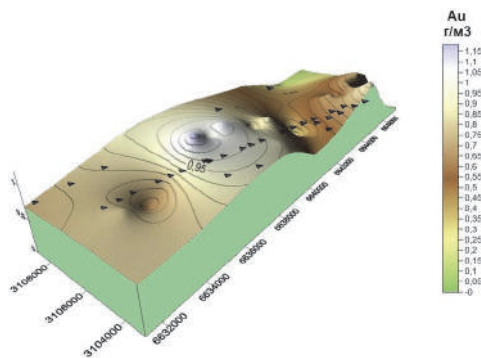


Рис. 14. Розподіл вмісту золота за лінією 260.

У післяальбський час золотоносні відклади нижньої крейди зазнали часткового розмивання, у тім числі середньооценовими річковими палеодолинами, руслові утворення яких з розмивом залягають на апт-нижньоальбських відкладах (див. рис. 2). Наслідком такого розмивання є так званий хронологічний транзит речовини (у тім числі золота) на вищі стратиграфічні рівні й часткове формування середньооценового алювію з речовини апт-нижньоальбського алювію. Тому ми прогнозуємо наявність розсипного золота і в середньооценовому алювії на ділянці розмивання золотоносних розсипів апт-нижнього альбу.

Викладений матеріал дає підстави для висновку, що максимальна розсипна золотоносність апт-нижньоальбських відкладів є на ділянці лінії 500; просторово вона пов'язана з розмиванням кір звітрювання амфіболітів, а вниз за палеотечією поступово зменшується. Тому можна прогнозувати більший розсип уверх за палеотечією від лінії 500.

Середньооценові річкові палеодолини успадковували апт-нижньоальбську річкову палеосистему, завдяки чому відбувався хронологічний транзит речовини (і золота) на вищі стратиграфічні рівні. Це дає змогу прогнозувати розсипи золота в середньооценовому алювії Канів-Звенигородської палеодолини, зокрема, на ділянках розмивання апт-нижньоальбських розсипів золота середньооценовими флювіальними потоками.

Отже, на досліджуваній ділянці в ході геологічного розвитку утворився просторово-парагенетичний ряд різновікових континентальних розсипів золота: елювіальні розсипи-розсипи в апт-нижньоальбських і середньооценових континентальних флювіальних відкладах.

Отримані результати доповнюють і уточнюють уявлення щодо будови апт-нижньоальбських розсипів золота в межах верхньої палеотечії Канів-Звенигородської палеодолини. Цифрова картографічна візуалізація структури розсипів золота є основою для інформаційного забезпечення робіт з їхнього промислового освоєння (детальної геологічної розвідки й експлуатаційних робіт).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ветров В. А. Отчет по общим поискам для оценки перспектив россыпной золотоносности нижнемеловых песков Канев-Звенигородской депрессии за 1977–1980 гг. / В. А. Ветров. – Черкассы, 1980. – 111 с.
2. Ковальчук М. С. Мінералогія самородного золота з нижньокрейдових континентальних відкладів північного схилу центральної частини Українського щита / М. С. Ковальчук // Геол. журн. – 1995. – № 3–4. – С. 41–45.
3. Крошко Ю. В. Континентальний літогенез крейда-палеогенових осадових утворень центральної частини Українського щита : дис. на здобуття наук. ступеня канд. геол. наук / Крошко Юлія Володимирівна. – К., 2016. – 255 с.
4. О находке золота в аллювии погребённых раннемеловых долин центральной части Украинского щита / К. М. Заруцкий, Ю. И. Ветров, И. Ф. Злобенко [и др.] // Геол. журн. – 1980. – Т. 40, № 3. – С. 149–151.
5. Цифровое структурно-литологическое моделирование месторождений тяжелых минералов / [Н. П. Лаверов, П. Ф. Гожик, Д. П. Хрущев и др.]. – Киев ; М. : Интерсервис, 2014. – 242 с.

Стаття: надійшла до редакції 04.04.2017
прийнята до друку 26.04.2017

**PLACER GOLD CONTENT IN THE APTIAN–LOWER ALBIAN
CONTINENTAL FLUVIAL DEPOSITS OF THE UPPER
PALEOFLOW OF KANIV-ZVENYHORODSKA PALEOVALLEY
(CENTRAL PART OF THE UKRAINIAN SHIELD)**

M. Kovalchuk, Yu. Kroshko

*Institute of Geological Sciences of NASU,
55b, Oles Honchar St., 01601 Kyiv, Ukraine
E-mail: kms1964@ukr.net*

The data on the gold content of the Aptian–Lower Albian continental fluvial deposits within the upper paleocurrent of the Kaniv-Zvenyhorodska paleovalley are given. Typomorphic features of alluvial gold are characterized.

A number of digital maps which characterize the placer parameters have been constructed based on the coordinates of the wells, their description and data on the Aptian–Lower Albian deposits sampling. The distribution of gold content by individual crossings across the paleovalley and the relationship between increased gold content, the bedrock relief and the thickness of gold-containing sediments are established.

The maximum placer gold content of Aptian–Lower Albian deposits spatially associates with the erosion of amphibolites crusts of weathering, and downstream it gradually reduces. Therefore, it is possible to predict a larger gold placer upstream of paleoflow in direction to Stebliv. Middle Eocene river paleovalleys inherited Aptian–Lower Albian river paleosystem, thanks to what the chronological transit of a substance (and gold) at higher stratigraphic levels happened. This fact makes it possible to predict placer gold in the Middle Eocene alluvium of Kaniv-Zvenyhorodska paleovalley, in particular, in those areas where Middle Eocene fluvial flows eroded Aptian–Lower Albian gold placers.

Therefore, in the survey area during the geological development, the spatial-paragenetical series of different age continental gold placers has been formed: eluvial placers–placers in Aptian–Lower Albian and Middle Eocene continental fluvial sediments.

The obtained results complement and clarify ideas about the structure of Aptian–Lower Albian gold placers within the up-paleostream of Kaniv-Zvenyhorodska paleovalley. Digital cartographic visualization of the gold placers structure is the basis for information support of their industrial development – detailed geological exploration and exploitation.

Key words: placer gold, typomorphic features, fluvial continental sediments, Aptian, Lower Albian, Kaniv-Zvenyhorodska paleovalley, Ukrainian shield, GIS-technology.

УДК 549.5:552.5(477-234)

МАГНЕТИТ ТА ІЛЬМЕНІТ ІЗ ЗОНИ ПІДВОДНОГО РОЗМИВАННЯ КАРБОНАТНОГО ПІСКОВИКУ ВЕРХНЬОГО АЛЬБУ В МЕЖИРІЧЧІ БОДРАКА Й КАЧІ (ГІРСЬКИЙ КРИМ)

П. Білоніжка, Ю. Дацюк, С. Бекеша

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

Ільменіт і магнетит відшукали в карбонатному пісковіку, який утворився внаслідок підводного розмивання відкладів верхнього альбу, поширених у межиріччі Бодрака й Качі в Гірському Криму. Кристали магнетиту мають октаедричний, рідше ромбододекаедричний габітус; ільменіт представлений таблитчастими і пластинчастими кристалами гексагональної й неправильної форми. Розмір кристалів – 0,10–0,25 мм. Обидва мінерали характерні для магматичних порід і, відповідно, продуктів їхнього звітрювання. Вони не можуть утворитися з морської води (хоча би з огляду на те, що вміст заліза й титану в ній дуже низький). Очевидно, ці мінерали формувалися з гідротермальних розчинів, які надходили в морський басейн по конседиментаційних розривних порушеннях. Про це свідчить наявність у пісковіку, що містить ільменіт і магнетит, аутигенного смектиту у вигляді облямівок навколо обкатаних зерен кварцу.

Ключові слова: магнетит, ільменіт, пісковик, підводне розмивання, гідротермальні розчини, верхній альб, Гірський Крим.

Відклади верхнього альбу K_1 у межиріччі Бодрака й Качі представлені карбонатними пісковиками враконського горизонту, потужність якого в напрямі на північ поступово зменшується, а на північно-східній околиці с. Трудолюбівка карбонатні пісковики виклинюють, їх заміщують туфогенні пісковики. Вище за розрізом залягають мергелі сеноманського віку.

Покрівля пісковіку нерівна, хвиляста, явно зумовлена підводним розмиванням. Продукти розмивання представлені прошарком сірувато-зеленого пісковіку потужністю 10–20 см. Цей пісковик містить дрібні вкраплення чорних рудних мінералів, плямисті скупчення й облямівки зеленого глинистого мінералу навколо обкатаних і напівобкатаних зерен кварцу та уламки викопної фауни.

Для вивчення мінерального складу пісковіку відібрано його взірці (рис. 1) на південно-західній околиці с. Прохолодне, у лівому борту яру Мангуш.

Результати рентгенівського аналізу зеленого глинистого мінералу засвідчили (рис. 2), що він представлений смектитом. На одержаній дифрактограмі видно інтенсивне відбиття 1,5 нм, характерне для смектиту. Після оброблення проби етиленгліколом це відбиття змістилося до 1,7 нм унаслідок входження молекул органічної речовини в міжпакетний простір смектиту і розбухання його структури за всією с.

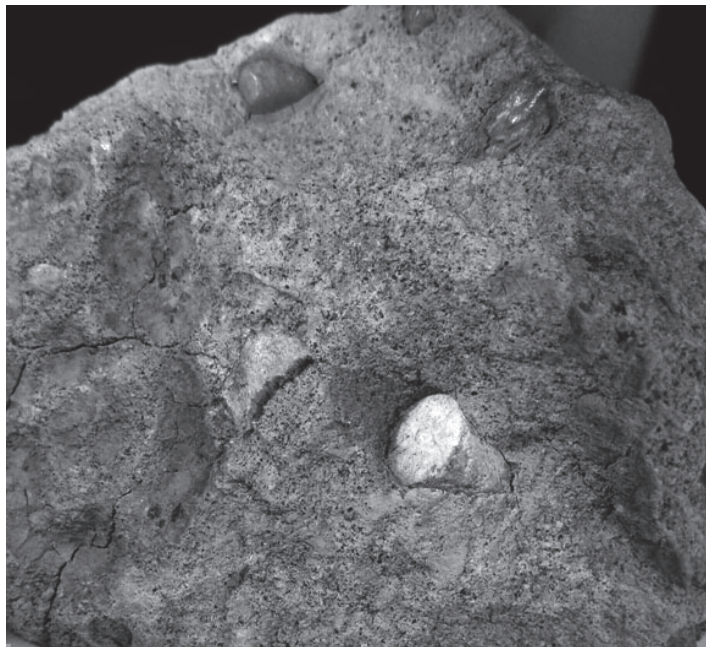


Рис. 1. Карбонатний пісковик. Південна околиця с. Прохолодне, лівий борт яру Мангуш.

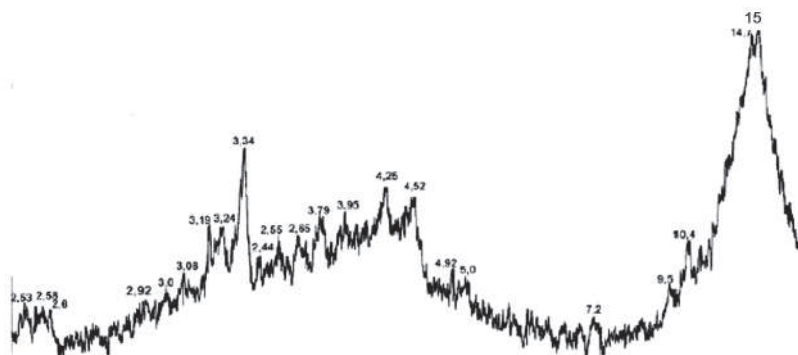


Рис. 2. Дифрактограма смектиту, Å.

Для вивчення чорних мінеральних вкраплень виконано гранулометричний аналіз пісковика. Максимальний їхній вміст виявлено у фракції 0,10–0,25 мм. Серед мінералів визначено магнетит та ільменіт, а також зерна кварцу, польових шпатів і кальциту. На відповідній дифрактограмі зафіксовано лінії магнетиту (0,295, 0,253, 0,242, 0,209, 0,1713, 0,1616, 0,1484 нм), ільменіту (0,274, 0,253, 0,228, 0,1860, 0,1713), рідкісні лінії кальциту (0,303), кварцу (0,334 нм) та ін.

Ільменіт і магнетит представлені кристаликами та їхніми зростками (рис. 3). Кристалики *магнетиту* мають октаедричний, рідше ромбододекаедричний габітус, напівметалічний блиск, тверді, крихкі. Їхні морфологічні особливості вивчали на сканувальному електронному мікроскопі JEOL-T220A. На одержаних фотографіях добре видно октаед-

ричну форму кристалів (рис. 4), вершини і ребра злегка зглажені, через що кристали набувають напівобкатаного вигляду. Помітно різноманітні ультра- й мікропори. Для їхнього детальнішого вивчення досліджували кристалики магнетиту після оброблення їх 5% HCl без нагрівання (рис. 5, *a*) та після травлення 10% HCl з нагріванням до кипіння (див. рис. 5, *б*). На поверхні кристалів, оброблених соляною кислотою, видно різного роду западини й каверни, у яких частково збереглися релікти інших мінералів.

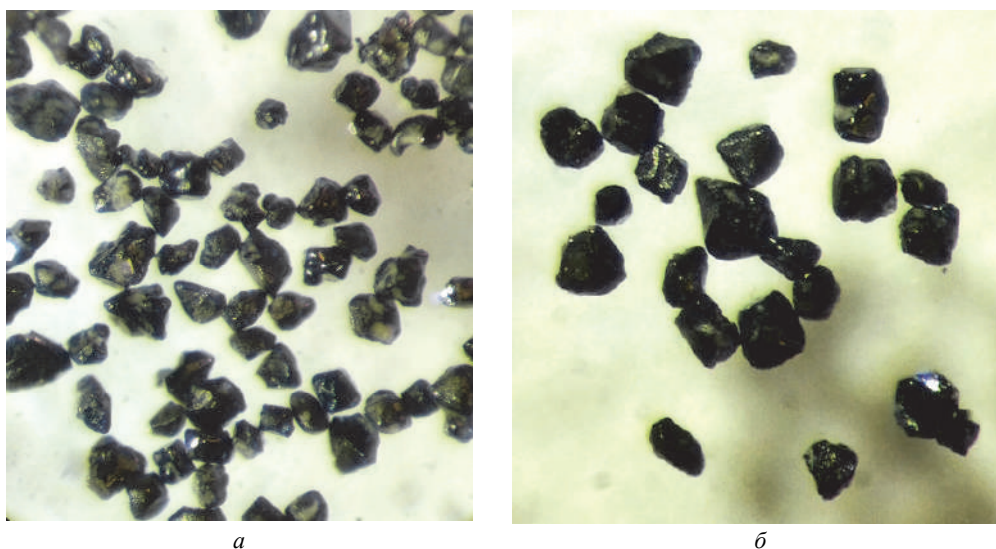


Рис. 3. Кристалики і зростки магнетиту й ільменіту за $\times 70$ (*a*) і $\times 120$ (*б*).

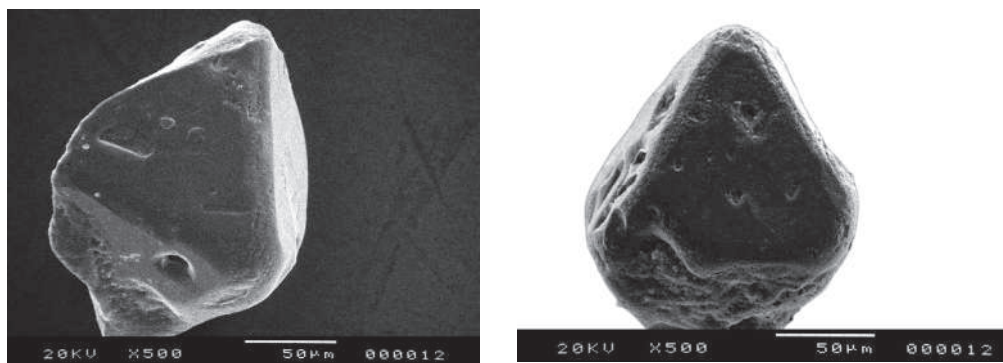


Рис. 4. Морфологія кристалів магнетиту під електронним мікроскопом.

Магнетит – типовий акцесорний мінерал магматичних порід, відомий у метаморфічних і гідротермальних утвореннях, у відкладах фумарол у Долині 10 000 димів на Алясці та ін. [4]. В осадових відкладах аутигенний магнетит трапляється зрідка. Наприклад, його октаедричні кристалики відшукали на Халіловському осадовому родовищі бурих залізняків в Оренбурзькій обл. (Росія), у нижньокрейдових бокситах, а також у залізистих хлоритових породах Північного Кавказу й Уралу [4]. Зокрема, на Північному Кавказі магнетит виявлено в нижньоюрських пластових хлоритових породах (хлорити залі-

зисті), що залягають у западинах доюрських серпентинітів. Тут магнетитом складені прошарки, гнізда, прожилки і псевдоморфози по рослинних залишках. Зафіксовано також наростання дрібних октаедричних кристаликів магнетиту на поверхні уламків звітрілих хлоритових порід. На думку А. Яницького [7], цей магнетит має гіпергенне походження – утворився з розчинів поверхневих вод.

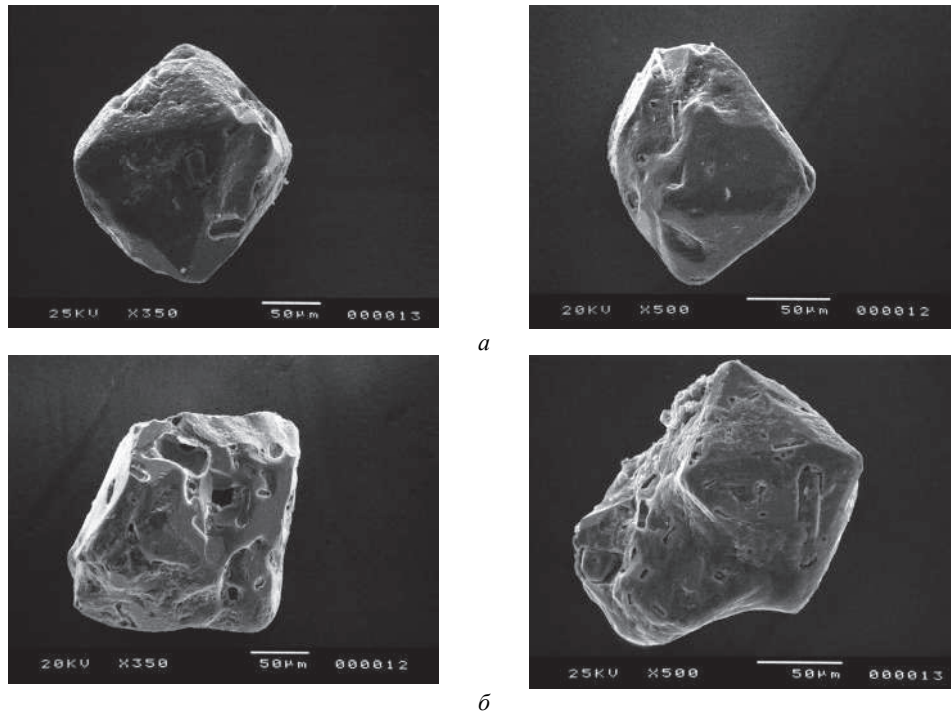


Рис. 5. Морфологія кристалів магнетиту після оброблення 5% HCl (а) та травлення 10% HCl з нагріванням до кипіння (б).

У нижньокрейдових бокситах магнетит міститься у вигляді чорного магнітного бобовиння, зцементованого гідратами глинозему й гідромагнетитом. На підставі вивчення хімічного й мінерального складу бобовиння і цементу дослідники дійшли висновку [3], що вони формувалися за різних фізико-хімічних умов. Бобовиння – це привнесена галька, а магнетит має осадове походження.

Дуже дрібні зерна магнетиту іноді трапляються в сучасному морському мулі, причому вважають, що частина з них – це новоутворення. Наводять також відомості щодо осадження магнетиту з морської води біогенним способом – його відшукали в мушлях сучасних моллюсків [4].

Аналіз наведеного матеріалу дає підстави для висновку, що в осадових відкладах магнетит утворився не з морської води чи поверхневих континентальних вод, а має ендегенне походження. Зокрема, у зазначених вище хлоритових породах Північного Кавказу наявність магнетиту, імовірно, пов'язана з процесами зміни магматичних порід. У нижньокрейдових бокситах магнетит є у вигляді бобовиння – своєрідної гальки, привнесеної до місця відкладання бокситів. Зазначимо, що в морській воді вміст заліза дуже низький – $1 \cdot 10^{-6}$ % [6], а в поверхневих континентальних водах – ще нижчий.

Отже, у морських і континентальних седиментаційних басейнах магнетит не може формуватися з морської чи поверхневої води, оскільки нема необхідного “будівельного” матеріалу.

На нашу думку, у досліджуваному карбонатному пісковіку магнетит утворився з гідротермальних розчинів, які надходили в морський басейн під час вулканічних процесів, що відбувались за межами описуваного району. Про це свідчить той факт, що продукти розмивання верхньоальбського карбонатного пісковіку в північному напрямі заміщені туфогенними пісковіками. Крім того, серед цих продуктів розмивання є обкатувані зерна кварцу, оточені облямівками новоутвореного смектиту.

Ільменіт у досліджуваних породах асоціює з описаним магнетитом, що підтверджено рентгенівським аналізом (див. рис. 2). Мінерал представлений дрібними таблитчастими і пластинчастими кристалами гексагональної й неправильної форми. Вони часто мають вигляд напівобкатуваних, деякі зерна частково пошкоджені (рис. 6). Головною простою формою на кристалах є пінакоїд $\{0001\}$, набагато слабше розвинуті грані одного або двох ромбоєдрів – $\{10\bar{1}1\}$ і $\{02\bar{2}1\}$.

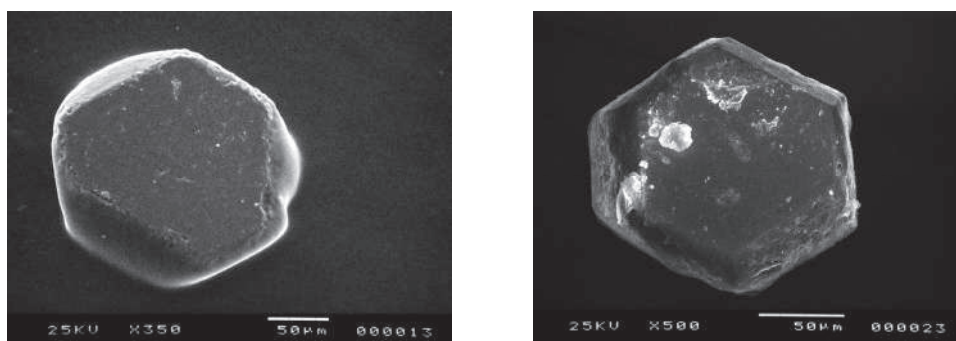


Рис. 6. Морфологія кристалів ільменіту під електронним мікроскопом.

Кристали ільменіту, як і магнетиту, обробляли 5% HCl без нагрівання та 10% HCl з нагріванням до кипіння. На поверхні протравлених кристалів наявні западини й канавки різної форми і розміру зі слідами місць зростання з іншими мінералами та місцями виходу різного роду дислокацій (рис. 7). Такі западинки часто виповнені залишками мінералів, які остаточно не розчинилися під дією HCl. Іноді помітно наростання інших мінералів, а також проростання кристалів магнетиту й, можливо, гематиту (як продуктів розпаду твердого розчину).

Ільменіт, подібно до магнетиту, є типовим акцесорним мінералом магматичних порід, відомий у пегматитах, амфіболітах та інших метаморфічних утвореннях, у кварцових жилах. Мінерал наявний у вигляді зернистих виділень неправильної форми та кристалів, які мають пінакоїдальний чи ромбоєдричний габітус і товстотаблитчастий до пластинчастого обрис. Трапляються орієнтовані зростки ільменіту з магнетитом [4].

У праці [5] описано ільменіт у вулканогенних і вулканогенно-осадових породах ястребівського горизонту (низи франського ярусу D_3), який з різкою кутовою незгідністю залягає на докембрійському фундаменті (південь Воронезької обл. Росії). Горизонт, складений туфами, туфолавами, туфітами, туфобрекчіями і туфопісковіками, сформувався у мілководному морському басейні під час інтенсивного вулканізму експлозивного типу. Уламковий матеріал вулканогенно-осадових порід добре обточений і відсорт-

ваний. Характерною особливістю порід є зелене забарвлення, пов'язане з інтенсивною хлоритизацією: цементом порід слугують магнезійно-залізисті хлорити, розвинуті по вулканічному попелу. Разом з хлоритом трапляється сидерит.

Найбільше збагачені ільменітом грубоуламкові туфи й туфїти основного складу, а також туфопісковики з найвищим умістом туфового матеріалу. Серед рудних мінералів, крім ільменіту, є також магнетит (у меншій кількості), іноді трапляється пірит. Більшість виділень ільменіту має осколкову гострокутну і серпоподібну форму. Наявні також ідіоморфні кристалики й облямівки ільменіту навколо уламків ефузивних порід і кварцу. Розмір ільменітових зерен коливається від тисячних часток міліметра до 0,68 мм. Уважають [5], що ільменіт має ефузивне походження.

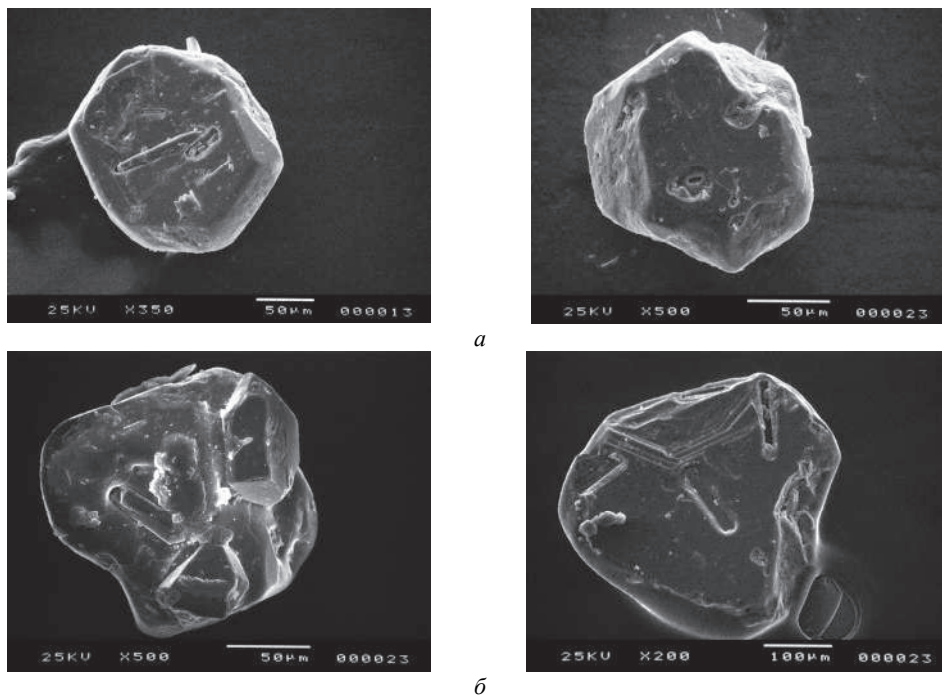


Рис. 7. Морфологія кристалів ільменіту після оброблення 5% HCl (а) та травлення 10% HCl з нагріванням до кипіння (б).

У праці [1] В. Беляев описав ільменіт у розсипищах, приурочених до середньої частини товщі дрібнозернистих пісків полтавської світи M_1 , які поширені на південно-східній окраїні Воронезького кристалічного масиву. Піски складені, головню, добре обкатаними зернами кварцу з домішкою польових шпатів. Вміст ільменіту в шліхах коливається від 7 до 46 %. Форма зерен мінералу округла, овальна, неправильна, розмір становить 0,10–0,25 мм. Рудні пласти мають лінзоподібну форму й невитримані за потужністю. Зроблено висновок, що рудоносні піски полтавської світи відклалися за мілководних прибережних морських умов.

Промислові концентрації ільменіту виявлено в корі звітрювання габро і лабрадоритів Коростенського та Корсунь-Новомиргородського плутонів. Зокрема, у межах Корсунь-Новомиргородського плутону поверхня цих порід та їхня кора звітрювання мають

складний денудаційний рельєф. Основною формою рельєфу є річкові долини. Вони складені бучацькими (еоцен) континентальними відкладами – пісками з прошарками глин та уламками бурого вугілля – і перекриті третинними й четвертинними відкладами. На думку М. Веклича та Ю. Кононова [2], розсипища ільменіту формувалися завдяки руйнуванню кристалічних порід і перевідкладенню їхньої кори звітрування.

Отже, підвищений вміст ільменіту в описаних девонських вулканогенно-осадових породах пов'язаний з вулканогенними процесами. У розсипищах, приурочених до відкладів полтавської світи, ільменіт теригенний, привнесений. Джерелом ільменіту в комах звітрування габро-лабрадоритів на плутонах Українського щита теж є магматичні породи. Тому можна вважати, що ільменіт, як і магнетит, у карбонатному пісковикі Криму утворився не з морської води, а з гідротерм, що надходили в морський седиментаційний басейн по розривних тектонічних порушеннях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Беляєв В. К. Особливості речовинного складу титано-цирконових розсипищ в третинних відкладах південно-східної країни Воронежського кристалічного масиву / В. К. Беляєв // Доп. АН УРСР. – 1964. – № 1. – С. 112–115.
2. Веклич М. Ф. Розсипи ільменіту в районі Корсунь-Новомиргородського плутону / М. Ф. Веклич, Ю. В. Кононов // Доп. АН УРСР. – 1957. – № 2. – С. 169–171.
3. Гладковский А. К. К вопросу о минералогическом составе нижнемеловых бокситов / А. К. Гладковский, Л. К. Шарова // Докл. АН СССР. – 1953. – Т. 89, № 1. – С. 151–154.
4. Минералы : [справочник] / [отв. ред. Ф. В. Чухров и Э. Н. Бонштедт-Куплетская]. – М. : Наука, 1967. – Т. 2, вып. 3. – 676 с.
5. О концентрации титана в вулканогенно-осадочных образованиях Ястребовского горизонта на юге Воронежской области / В. А. Блинов, К. А. Дюбюк, Л. С. Кузьмина, Б. Н. Одокий // Геология рудных месторождений. – 1963. – № 1. – С. 109–113.
6. Справочник по геохимии / [Г. В. Войткевич, А. В. Кокин, А. Е. Мирошников, В. Г. Прохоров]. – М. : Недра, 1990. – 480 с.
7. Яницкий А. Л. Магнетит поверхностного происхождения в лептохлоритовых породах на севере Кавказа / А. Л. Яницкий // Докл. АН СССР. – 1951. – Т. 79, № 2. – С. 311.

*Стаття: надійшла до редакції 04.04.2017
прийнята до друку 26.04.2017*

**MAGNETITE AND ILMENITE
FROM THE ZONE OF UNDERWATER EROSION
OF THE UPPER ALBIAN CARBONACEOUS SANDSTONE
IN THE INTERFLUVE BODRAK–KACHA (MOUNTAIN CRIMEA)**

P. Bilonizhka, Yu. Datsyuk, S. Bekesha

*Ivan Franko National University of Lviv,
4, Hrushevskiy St., 79005 Lviv, Ukraine
E-mail: mineral@franko.lviv.ua*

We discovered magnetite and ilmenite in carbonaceous sandstones, which have been formed during underwater erosion of the Upper Albian deposits in the interfluve Bodrak–Kacha (Mountain Crimea).

Magnetite is presented by octahedral-shaped crystals, ilmenite – by table-like and lamellar crystals of hexagonal and irregular shape. The size of grains is 0.10–0.25 mm.

Magnetite crystals contain ultra- and micropores. The vertices and edges of magnetite crystals are slightly smoothed. On the surface of the crystals, due to etching by hydrochloric acid, you can see various depressions and cavities with partially preserved relics of other minerals. The main simple form on ilmenite crystals is pinacoid {0001}; the faces of one or two rhombohedra are much less developed. Various hollows and grooves of different shape and size are visible on the surface of crystals after etching by HCl. They have the signs of minerals intergrowths and points of various dislocations emergence. Such hollows are often filled with remnants of the minerals that have been not completely dissolved under the action of HCl. There are also the growths of other minerals, and intergrowths of magnetite crystals and possibly also hematite (as the products of solid solution decay).

Green clay mineral, common in sandstones, is represented, according to X-ray analysis, by smectite.

Magnetite and ilmenite are typical minerals of igneous rocks and of their weathering products. Authigenous magnetite and ilmenite are very rare in sedimentary rocks. The content of Ti and Fe in sea water is very low; therefore, these minerals cannot be formed from sea water. Obviously, they have been formed from hydrothermal solutions flowing into the saltwater pool through the consolidation dislocations. This is evidenced by the presence in sandstones of authigenous smectite in the form of margin around the rounded quartz grains.

Key words: magnetite, ilmenite, sandstone, underwater erosion, hydrothermal solutions, Upper Albian, Crimean Mountains.

ДИСКУСІЇ, КРИТИКА, БІБЛІОГРАФІЯ

УДК 549:001.4:(003.034/.035)

ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ПРАВОПИСУ УКРАЇНСЬКИХ СИНОНІМІВ ЛАТИНОПИСНИХ НАЗВ МІНЕРАЛІВ

Г. Кульчицька¹, О. Матковський², В. Павлишин¹, Д. Черниш¹

¹*Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка НАН України,
просп. акад. Палладіна, 34, 03142 м. Київ, Україна
E-mail: hampakulchec@gmail.com*

²*Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, 79005 м. Львів, Україна
E-mail: mineral@franko.lviv.ua*

Запропоновано варіанти вирішення трьох проблем номенклатури мінералів: способу утворення кирилических синонімів, правопису назв хімічно або структурно видозмінених аналогів та уніфікації в назвах мінералів форми видозмінювальних префіксів, утворених від назви хімічного елемента.

Оскільки назву мінералу, що її затверджує Міжнародна мінералогічна асоціація, пишуть літерами розширеної латиниці, то виникає потреба записати літерами української абетки або її вимову, або орфографію. Ми вважаємо за доцільне відійти від досі панівного способу записувати вимову, бо за такого підходу в більшості випадків не вдається зберегти пізнаваність джерела назви. Щоб полегшити роботу з утворення кирилических синонімів і зменшити кількість помилкових варіантів, пропонуємо передавати орфографію латинісних назв мінералів літерами української абетки з використанням відповідного стандарту, прийнятого Кабінетом Міністрів України 2010 р.

У сучасній міжнародній номенклатурі мінералів, де переважають тривіальні (ірраціональні) назви, є позитивні зміни, які наближають її до раціональної. Тривіальну назву наявного мінералу щораз частіше використовують як твірну основу для найменування нового, хімічно однотипного виду, додаючи до нього префікс з назвою елемента-замішувача. Пропонуємо для українських назв мінералів приєднувати видозмінювальний префікс за допомогою дефіса в усіх випадках існування хімічних і структурних аналогів. І навпаки, писати термін разом, якщо подібність є тільки за вимовою. Це допоможе орієнтуватися в належності видів до різних груп і полегшить вимову надто довгих назв мінералів.

Пропонуємо також уніфікувати форму префікса в назвах хімічно видозмінених аналогів, використовуючи для цього лише систематизовані назви елементів, передбачені державним стандартом України. Уніфікація форми префіксів можлива тільки для назв елементів постійної валентності. Якщо ж видозмінювальними є катіони змінної валентності, то форма префікса повинна відображати їхній валентний стан, а це потребує індивідуального підходу до кожної назви.

Ключові слова: мінералогія, номенклатура мінералів, термінологія, назва мінералу, кирилическі синоніми, транскрипція, транслітерація.

Мінералогія, як ботаніка і зоологія, – одна з найдавніших наук на землі. З пізнанням навколишнього світу людина намагалася класифікувати свої знання з живої й неживої природи. Якщо номенклатура рослинного і тваринного світу, напрацьована ще К. Ліннеєм у XVIII ст., мало змінилася, то мінералогія досі перебуває на стадії пошуку. Можливо, причина полягає у незрівнянно більшій кількості видів рослин і тварин (сотні й сотні тисяч), що змусило вчених раніше взятися за їхнє впорядкування.

Будь-яка номенклатура – це, насамперед, система назв таксономічних одиниць. Головна вимога до номенклатури мінералів – за допомогою назви забезпечити однозначність їхньої ідентифікації, унеможливити переплутування однієї природної сполуки з іншою. Номенклатура повинна бути якнайпростіше побудована, узгоджена з класифікацією мінералів і зрозуміла всім фахівцям.

Особливого значення питанням номенклатури й термінології в мінералогії надавав наш учитель Є. Лазаренко. Він був ініціатором створення у другій половині XX ст. Комісії з термінології й номенклатури при Всесоюзному мінералогічному товаристві, яку очолював до кінця свого життя. Цим питанням був присвячений спеціальний симпозіум Українського мінералогічного товариства у Керчі (1978). До початку його роботи за редакцією Є. Лазаренка видано спеціальний збірник “Основные понятия минералогии” [8], у матеріалах якого багато уваги приділено проблемам термінології й номенклатури. Їх частково висвітлено в працях В. Павлишина “Вступ до мінералогії” [9], Р. Вовченка, О. Матковського, Л. Бохорської, О. Полубічка “Російсько-український геологічний словник” [14] та нещодавніх публікаціях Г. Кульчицької, Д. Черниш “Про утворення українських назв мінералів” [4], О. Пономаренка, Г. Кульчицької, Д. Черниш “Упорядкування українських назв мінералів у зв’язку з підготовкою “Мінералогічної енциклопедії України” [12]. Мабуть, доцільними й раціональними були спроби О. Поваренних [11] уніфікувати назви всіх відомих на той час мінералів за єдиним принципом.

Звідки беруться назви мінералів. Спочатку мінерали називали за їхніми фізичними властивостями: барит – важкий (від грец. βαρύς – важкий), акантит – колючий (від грец. ἀκανθα – колючка), анортит – непрямий (від грец. ἀνορθός – непрямий, скошений); за місцем надходження (туркус, мусковіт) або місцезнаходженням (магнезит, англезит). З розвитком хімії у назві мінералу стали відображати його склад – сидерит (від грец. σίδηρος – залізо), аргіродит (містить срібло), міаргірит (менше срібла), або навіть процес визначення складу, унаслідок чого з’явилися терміни енігматит (від грец. αίνιγμα – загадка), евкриптит (від грец. εὔ – добре і κρυπτός – таємний, прихований), ешиніт (від грец. ἑσχητή – сором) тощо. З кінця XVIII ст. у практику ввійшла звичка називати мінерал на честь особи. Незабаром такої честі з меморіальною метою були удостоєні видатні вчені. Однак останнім часом таку честь отримують дослідники, рік народження яких свідчить про те, що у них ще не було часу зробити значний внесок у науку. Назви, що їх давали мінералам протягом останніх 50 років, настільки різноманітні, що складається враження, ніби автори змагаються – хто з них запропонує найбільш “закарлючену”: історичні назви регіонів (*caledonite*, *nordgauite*), аббревіатура установ (*mgriite*, *vimsite*, *afmite*, *namuwite*) та організацій (*swaknoite*, *sasaite*) і навіть на честь ювілейних дат (*caoxite*). Не обминули базового геологічного табору (*dyrnaesite*-(*La*)), різновидів пінгвінів (*spheniscidite*) і квітів (*ericaitite*), типових будівель десь на Сардинії (*nuragheite*). Або ж авторів просто сподобалось, як звучить це слово (*iriginite*). Дуже багато мінералів названо іменами колекціонерів і торгівців мінералами, власників та директорів рудників. Частка персоналізованих назв узагалі найбільша. На щастя, автори відкрили дотри-

нуються рекомендацій Міжнародної мінералогічної асоціації (ММА) (International Mineralogical Association (IMA)) і не називають мінерали на честь політичних діячів. Інакше довелося би час від часу перейменовувати мінерали, як це трапляється з містами й вулицями.

За невеликим винятком, усі найменування мінералів – це так звані тривіальні назви, які не містять інформації про найголовніші атрибути мінерального виду – його хімічний склад і структуру кристалів. Академік О. Поваренних називав такі назви ірраціональними [11]. Ще в середині ХХ ст., коли кількість видів навіть не наближалася до 2 000, він запропонував раціоналізувати номенклатуру мінералів, однак ці пропозиції не знайшли підтримки ні у вітчизняних, ні в міжнародних колах. Номенклатура мало змінилася навіть після створення ММА.

Утворення латинописних назв мінералів. При ММА створено Комісію з нових мінералів, номенклатури і класифікації (Commission on New Minerals, Nomenclature and Classification (CNMNC)), на яку покладено функцію реєструвати нові види. Члени Комісії зробили дуже багато для впорядкування сучасної номенклатури мінералів. Передусім, ліквідовано подвійні і потрійні назви для одного й того ж виду, відкритого в різних країнах. Пріоритет закріплено за обнародованими раніше назвами, а інші назви цього виду перевели в ранг синонімів. Нерідкісними були випадки омонімів, коли одним терміном називали різні мінерали. Нині важко повірити, що термін *tschermakite*, нерозривно пов'язаний у нашому уявленні з амфіболами, могли використовувати як синонім олігоклазу. Завдяки роботі Комісії список затверджених назв скоротився на кілька тисяч [17]. Зменшенню кількості назв сприяло також затвердження правил щодо реєстрації нових видів [7, 20]. Антропогенні утворення, некристалічні природні сполуки, більшість політипів мінералів і проміжні члени ізоморфних рядів утратили статус мінерального виду. Ще частину видів дискредитовано після прискіпливого вивчення прототипів, оскільки вони виявилися сумішшю кількох видів. Водночас кількість нових мінералів стрімко зростала, передусім завдяки розвитку інструментальної бази [3]. Попри всі скорочення, наприкінці ХХ ст. кількість відомих мінеральних видів наближалася до 4 тис. [15], а нині їх уже понад 5 тис.

Комісія не висувала особливих вимог щодо назви мінералу. Як і раніше, її дає автор відкриття. Вимога одна – записувати її одним словом і літерами латинської абетки, зберігаючи орфографію (*spelling*) терміна, тобто тими літерами латиниці, якими послуговуються в мові країни, де відкрито новий вид. Так у затверджених назвах мінералів з'явилися латинські літери з діакритичними знаками, досить поширені в чеській, німецькій, фінській мовах (*petříčekite*, *strätlingite*, *mäkinenite*). Порівняно з біологічною номенклатурою, яку в обов'язковому порядку наводять латинською мовою, у назви мінералів залучено ширше коло літер – з так званої розширеної латиниці. У разі використання інших абеток (кирилиця, іврит, ієрогліфи) назву мінералу треба записувати латиницею за допомогою стандарту транслітерації, що діє в країні. Була також вимога щодо милозвучності назви мінералу. Однак цього складно дотримуватися, оскільки мінерали відкривають у різних країнах. Милозвучне в одній мові в іншій таким не сприймають (нчвангіт, бльодит, дурангіт).

На превеликий жаль, нічого не зроблено щодо уніфікації правопису назв мінералів, іноді виходило навіть навпаки. Численні перейменування мінералів, а потім повернення історичної назви, скорочення літер з діакритичними знаками і перейменування мінералів через додавання літер з діакритичними знаками, ліквідація дефісів в одних назвах і використання їх в інших [18, 19] лише “засмітили” словники зайвими термінами. Не-

зважаючи на рекомендації вживати лише латинські найменування хімічних елементів [20], і далі з'являються назви мінералів, що містять англійські префікси *potassic-* і *sodic-* (*potassic-ferro-taramite*, *sodicanthophyllite*). Не стандартизовано форму префікса навіть для іонів постійної валентності: *fluor-* і *fluoro-*, *hydroxyl-* і *hydroxy-*, *oxo-* і *oxy-*, їх досить вільно використовують і для катіонів зі змінною валентністю: *chrom-*, *chromo-*, *chromio-*, *chromium-*. Проте деякі зміни таки внесені. Переіменовано назви, що склалися з двох слів (*calcium catapleiite* → *calcio-catapleiite*), назви з префіксом *alumo-* замінено здебільшого на *aluminio-*, *magno-* на *magnesio-*.

Останнім часом (хоча не так часто, як би хотілось) помітно інший підхід і Комісії, і авторів знахідок до утворення назв нових мінералів, які є хімічними або структурними різновидами наявних видів. Якщо мінерал ідентичний за структурою наявному, проте відрізняється від нього заміщеннями в катіонній чи аніонній частині (хімічно видозмінений аналог), або навпаки – інший за структурою за ідентичного складу (структурно видозмінений аналог), то автори використовують тривіальну назву відомого виду як твірне слово і приєднують до нього поширювач – суфікс з символом елемента (*monazite-(Sm)*, *ramanite-(Cs)*, *mendozavilite-NaCu*) або префікс з назвою хімічного елемента (*manganoneptunite*, *manganiceladonite*, *fluorarrojadite-(BaFe)*). Структурні видозміни позначають за допомогою префіксів *ortho-*, *clino-*, *hexa-*, *iso-* тощо (*orthominasragrite*, *clinokurchatovite*, *hexacelsian*). Отже, зроблено крок уперед до створення раціональної номенклатури мінералів на кшталт тієї, що розроблена для органічних хімічних сполук*. У хімічній номенклатурі за основу взято найдовший ланцюжок атомів, а пов'язані з ним бічні групи трактують як замісники. Оскільки з префіксом назва мінералу суттєво збільшується (а допустимим є використання трьох–чотирьох префіксів), то в нових класифікаціях надгруп амфіболів і турмалінів використовують дефіс, щоб відокремити префікси один від одного і від тривіального стрижня (*magnesio-arfvedsonite*, *ferro-ferri-fluoro-leakeite*, *fluor-schorl*).

Здається, що номенклатурою окремих груп займаються різні підкомісії Комісії, кожна з яких запроваджує свої правила правопису. Як наслідок, правопис багатьох назв мінералів позбавлений логічного зв'язку, наприклад, *meta-autunite* затверджено з дефісом, а *metanatroautunite* – без дефіса, хоча до 2008 р. назву цього мінералу писали як *meta-natro-autunite*. Ми не можемо вплинути на роботу підкомісій ММА, однак уніфікувати правопис українських назв мінералів цілком у наших силах.

Пропозиції щодо утворення українських синонімів латинописних назв мінералів. Передусім доцільно дійти одностайного висновку щодо того, як утворювати кириличні синоніми. Це питання висвітлене в багатьох публікаціях [4, 5, 10, 12], а на веб-сайті <http://www.mineralopediaukraine.com/> розміщено проект Словника українських назв мінералів і організовано громадське опитування з цього приводу [13]. Словник побудовано так, щоб максимально зберегти історичні назви мінералів. Викладені нижче пропозиції – це план дій на майбутнє. Вони стосуються утворення українських синонімів назв мінералів, відкритих нещодавно та майбутніх.

Як зазначено у працях [4, 12], є два способи передачі літерами української абетки затверджених назв мінералів, записаних літерами розширеної латиниці: через вимову (транскрипція) і через орфографію (транслітерація). Досі в російській мові, а вслід за нею в українській домінував принцип запису через вимову. До транскрибованої корене-

*Рекомендована міжнародною організацією International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC).

вої частини лише додавали відповідний суфікс – російський *-ит* чи український *-ит*, *-ит*, *-іт*. Однак є чимало винятків, тому не дивно, що “Мінералогічний словарь”, підготовлений у рамках програми Міністерства освіти і науки Російської Федерації, затвердив у російській мові не ті терміни, що транскрибовані правильно, а найбільш уживані й поширені [2].

Спосіб транскрибування належить до найважчих, оскільки потребує інформації про мову запозичення та правила звучання літер і літеросполучень. Якщо мінерал відкрито в країні, де функціонує нелатинізована мова, то потрібно знати ще й стандарт транслітерації з цієї мови на латиницю. Затверджені стандарти можуть змінюватися. Порівняйте правопис назв мінералів, утворених від російських прізвищ *Еремеев*, *Егоров*, *Елисеев*: *jeremejevite*, *yegorovite*, *eliseevite*. Отже, потрібно знати і час дії того чи іншого стандарту, а відшукати цю інформацію не так просто. У повідомленнях Комісії про затвердження нових видів, що їх публікують у журналі “Mineralogical Magazine” і оприлюднюють на веб-сайті <http://nmima.ngm.se/>, нема даних про походження назви мінералу. Автори навіть не зобов'язані давати цю назву до затвердження. Дізнатися про походження назви можна лише з повноцінної публікації, яка звичайно виходить майже через рік після затвердження, іноді – пізніше або ж зовсім не виходить. Отже, кожен утворює кириличний синонім назви виду на свій розсуд. Тому є так багато кирилических синонімів латинізованого терміна – що в російській мові (*angelellite* – анджелелліт, анжелеліт, анжелелліт, анхелелліт, анжелеліт) [2], що в українській (*coesite* – коусит, коесит, коезит, коїсит, коїзит, козит, коузит, суезит, суезит, коезит) [6].

Найважче правильно транскрибувати прізвища. У цьому випадку інформація про країну знахідки не має значення. Минув той час, коли мінерал, відкритий у Німеччині німецькими мінералогами, називали на честь відомого німецького вченого. Його прізвище однозначно вимовляли за правилами транскрипції німецького тексту. Нині, в епоху глобалізації наукових досліджень, звичайними є випадки, коли мінерал, відкритий на території Росії й описаний інтернаціональним колективом мінералогів, названо на честь італійського мінералога (*bosiite*), знайдений у Канаді – на честь польського кристалохіміка (*pieczkaite*), виявлений у мексиканському метеориті – на честь китайського божка (*niwaite*). Мінерал *jaszczakite* відкрито в Угорщині, а названо на честь американського фізика *John A. Jaszczak*. За правилами якої мови вимовляти назви цих мінералів? Навіть якщо зазначено, що мінерал *moëloite* названо на честь італійського хіміка *Ives Moëlo*, то постає питання: як вимовляти його прізвище, оскільки літери “ë” в італійській абетці нема. У багатьох випадках національність особи, на честь якої названо мінерал, узагалі невідома. Для деяких назв автори навіть пишуть інструкцію, як правильно вимовляти цей термін англійською мовою (*ferraioloite* вимовляти як *fe..(r)i:'oulouait*). Отже, у разі вибору способу транскрипції відсутність необхідної інформації змусить нас час від часу повертатися до способу простої транслітерації і знову утворювати винятки.

Єдиний аргумент на користь збереження способу транскрипції – пізнаваність прізвищ відомих учених і географічних місць. Оразу зрозуміло, що такі види, як белорусит-(Ce), казахстаніт, тунісит, кубаніт, відкрито на відповідних територіях, однак назва туркестаніт уводить нас в оману. Цей мінерал знайдено в Киргизстані, у регіоні з подібною назвою. Коли натикаєшся на такі найменування, як лазаренкоїт, сребродольськіт, юшкініт, бетехтініт, морозевичит тощо, то приємно усвідомлювати, що внесок цих учених у мінералогічну науку відзначено ще й так. Проте звичайно багато прізвищ дослідників не відомо широкому загалу. Як без додаткової інформації здогадатися, що

natanite названо на честь добре нам відомого мінералога Натана (Анатолія) Ілліча Гінзбурга, у назві *rimkorolite* зашифровано прізвище та ім'я мінералога Ольги Римської-Корсакової, назва *anzaitite* пов'язана з Анатолієм Зайцевим? У назвах мінералів часто зашифровані не справжні, а фамільярні імена дослідників – *Bob, Joe, Andy* (відповідно, *bobshannonite, joegoldsteinite, andychristyite*) або відразу кілька прізвищ (*JohnWalkite, ArmAlColite, MaPiQuiRoite*), які для широкого загалу невідомі. Зазначимо, що необхідність надати сенсу мінералогічній номенклатурі турбує не тільки українських учених [1].

Подібні непорозуміння трапляються і з географічними назвами. У корнваліті не відразу пізнаєш півострів Корнволл, чи Корнуол (місце знахідки мінералу), у тусканіті – італійську Тоскану, в ільваїті – о. Ельба, у тсумебіті – родовище Цумеб у Намібії.

З перезаписом із однієї мови іншою географічні й особові назви значно спотворюються. Непросто в добре відомій назві “гетит” розпізнати прізвище видатного німецького поета *J. W. von Goethe*. Ми навіть не задумуємось, що назву мінералу “гаюїн” правильніше вимовляти як “аюїн”, оскільки його названо на честь французького кристалографа *Abbé Rene J. Haiÿ*. Найбільше помилок пов'язано з китайськими назвами мінералів, які спочатку записують латиницею за допомогою абетки пінь-їнь, а потім переписують кирилицею. За точніший запис кирилицею літер абетки пінь-їнь сперечаються прихильники систем транскрипції – Палладіна і чжень-їнь (<http://www.epochtimes.com.ua/>).

Отже, лише в невеликій частці назв мінералів можна безпосередньо розпізнати місцезнаходження мінералу або меморіальну інформацію. Для інших потрібно звертатися до спеціальних словників. Тоді навіщо ускладнювати собі роботу й намагатися точно передати вимову назви? Адже з українським суфіксом її не впізнають навіть самі автори відкриття.

Транслітерація здається простішою, особливо якщо ігнорувати мову запозичення і сприймати назву мінералу як набір літер латинської абетки. Пропонуємо для утворення українських синонімів латинописних назв мінералів використовувати стандарт Кабінету Міністрів України*, лише у зворотному напрямі. І хоча цей стандарт (призначений для запису літер української абетки латиницею) не належить до повністю зворотних, отримані в такий спосіб українські синоніми будуть більш однозначні, ніж транскрибовані. Є також міжнародний стандарт ГОСТ 7.79-2000Б, який вважають зворотним, сумісним з комп'ютерними програмами і досить близьким до нашого стандарту 2010 р., однак відсутність у ньому літери “г” робить його неприйнятним для української мови.

Пропозиції щодо використання дефісу. Як зазначено вище, мінералогічна наука частково вже зробила крок уперед до утворення раціональної номенклатури мінералів. Хімічні і структурні аналоги наявних мінеральних видів позначають приєднанням до тривіальної назви наявного виду відповідних суфіксів і префіксів. Суфікс приєднують через дефіс, щодо приєднання префікса загальних правил нема.

Очевидно, що майбутнє за розширеним уживанням дефіса для приєднання префікса. По-перше, дефіс щораз частіше використовують у разі впорядкування великих груп (надгруп) мінералів. Зокрема, у номенклатурі турмалінів (2011) і амфіболів (2012) назви майже всіх видів написано з дефісом. По-друге, такий правопис назви відразу засвідчує

*Постанова Кабінету Міністрів України від 22 січня 2010 р. № 55 “Про впорядкування транслітерації українського алфавіту латиницею”.

зв'язок мінералу з іншим видом, серією або групою мінералів. По-третє, це полегшує вимову дуже довгих назв.

Тому пропонуємо в усіх випадках, коли мінеральний вид є хімічно або структурно видозміненим аналогом мінералу з тривіальною назвою або по-іншому з ним тісно пов'язаний (належить до однієї групи), відповідний префікс відділяти дефісом від тривіального стрижневого слова (алюміно-селадоніт, мангані-селадоніт, хлоро-артиніт). У тому ж разі, якщо є тільки подібність за вимовою, а структурно або хімічно види не пов'язані між собою, дефіс не ставити (алюмогідрокальцит, силікокарнотит, хлорокальцит, хлоромagneзит). Навіть такі давно відомі назви мінералів, як магнезіо-копіапінт, магнезіо-хроміт, мангано-лангбейніт, фери-симплезит та інші, що насправді є аналогами відповідних видів, бажано писати з дефісом. Тоді як магнезіоферит, феринатрит і феримолібдит доцільно писати разом, оскільки їх названо за хімічним складом. Мінерали молібдомоеніт і молібдофіліт навіть не містять молібдену, тоді як молібдо-форнасит класифіковано як Мо-аналог форнаситу, що впливає з написання назви. Відразу стає зрозуміло, що ізо-кубаніт є кубічною модифікацією кубаніту, а ізоклейкіт – це не диморф клейкіту, його назва пов'язана з місцезнаходженням – *Izok Lake* на території Канади.

Цілком очевидно, що таке нововведення полегшить орієнтування у величезній кількості мінеральних видів, кількість яких щороку збільшується [3], тим паче, що вживання дефіса в українських назвах мінералів не суперечить міжнародним правилам.

Пропозиції щодо уніфікації правопису префіксів з назвою хімічного елемента. Єдиного підходу щодо правопису префіксів у назвах хімічно видозмінених аналогів нема не тільки серед латинописних назв. Кириличні префікси – це також суміш назв хімічних елементів латинською і національною мовами (магнезіо- і магно-, флуоро- і фторо-) зі сполучною голосною “о” і без неї (фторбритоліт і фторопаргасит, титантарамеліт і титановоджиніт), у називному відмінку і прикметниковій формі (калійгастингсит, манганбабінгтоніт, манганіселадоніт, манганоевдіаліт). Можливо, “перемішалися” мінералогічний та хімічний підходи до утворення назв мінералів. Ще на світанку мінералогії для позначення різних видів каміння використовували прикметник до слова “літ” (від грец. λίθος – камінь) [14] – галіт, цеоліт, актиноліт, – трансформоване з часом у суфікс -іт. Згодом за допомогою прикметника з назвою елемента традиційно позначали хімічні різновиди мінералів [6]. Саме за такого підходу побудовано сучасну номенклатуру надгрупи амфіболів (*potassic-magnesian-fluoro-arfvedsonite*, *potassic-ferro-ferritaramite*). Хімічна номенклатура оперує назвами елементів у називному відмінку: $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$ – дикупрум (II) дигідроксид карбонат; $\text{NaNH}_4\text{KPO}_4$ – амоній калій натрій фосфат (V). У такому стилі пропонував називати мінерали акад. О. Поваренних (NiAs – нікарсит, Ni_3As_2 – тринікдиарсит) [11]. За деякими ознаками наближається до хімічної сучасна номенклатура надгрупи турмалінів (*chromium-dravite*, *fluor-schorl*, *oxy-vanadium-dravite*).

Під час перегляду списку затверджених латинописних назв мінералів* стає очевидно, що в складних термінах з назвою хімічного елемента постійної валентності зберігається перевага за префіксами зі сполучною голосною “о”. Щоб мінімізувати зміни, ми пропонуємо в українських синонімах префікси з назвою хімічного елемента (або групи) постійної валентності теж писати зі сполучною голосною “о”, а також використовувати тільки систематизовані назви елементів, наближені до латинських, що їх передбачено

*<http://nrmima.nrm.se/>

державним стандартом ДСТУ 2439-94: літіо-, натро-, аргенто-, кальціо-, магнезіо-, стронціо-, алюміно-, амоніо-, окси-, гідрокси-, гідроні-, флуоро-, хлоро-. Префікси *potassic-* і *sodic-* передавати, відповідно, через каліо- і натро-, *oxo-* і *oxy-* – через окси-.

Складніше уніфікувати написання префіксів, утворених від назви елементів зі змінною валентністю. Досі не використовують на повну силу модифікатор Шеллера (за винятком мінералів з Fe), який мав позначати катіони з меншим і більшим зарядом, хоча нині він повною мірою вже не задовольняє потреби мінералогічної номенклатури [16]. Особливо це очевидно для різновидів з Mn, яких зареєстровано досить багато. Звичайно це мінерали з Mn^{2+} і Mn^{3+} , аналоги з якими позначають префіксами, відповідно, мангано- і мангані-, подібно до мінералів з Fe, для назв яких стандартизовано два префікса: феро- (Fe^{2+}) і фери- (Fe^{3+}). Однак у латинописному переліку чимало назв з префіксом манган-, хоча хімічна формула чітко свідчить про наявність у складі мінералу Mn^{2+} (*manganbashingtonite*, *mangangordonite*) або Mn^{3+} (*manganvesuvianite*, *manganlotharmeyerite*). Назва *manganilvaite* інтуїтивно приводить до думки про наявність Mn^{3+} , та це не так. Усі аналоги з Cu, незалежно від валентності атомів, отримали префікс *cupro-*, зі Sb – *stibio-*. Не очевидно є логіка використання різних префіксів для хімічно видозмінених аналогів з As, V, P, Cr, Co. Прикметникову форму ігнорують навіть у тому випадку, коли це значно полегшило б вимову терміна (*chromschiefelinite*, *phosphorslerite*).

Щоб відобразити в українській назві істинний стан хімічних заміщень, що призвів до утворення нового виду, потрібно зробити глибокий екскурс в історію відкриття мінералу, що можливе лише з часом (коли відшукають цей вид на теренах України і детально його вивчать). Наразі доведеться обмежитись тільки змінами в тих випадках (мангано- і мангані- замість манган-), коли це очевидно впливає з формули мінералу. Для атомів нижчої і вищої валентності доцільно використовувати кириличні аналоги префіксів, запропоновані у “Мінералогічному словнику”: купро- і купрі-, кобальто- і кобальті-, титано- і титані-, арсено- і арсені- (і арсенаті-?), ванадо- і ванаді- (і ванадаті-?) тощо [6].

Запропоновані зміни стосуються лише правопису префіксів у назві видів, що належать до хімічно видозмінених аналогів. Якщо назва хімічного елемента є складовою частиною назви мінералу, утвореної по-іншому (наприклад, за хімічним складом), то вона зберігається буквально (калістронцит – мінерал K і Sr, кальциборит – Ca і B, хлормагальюмініт – Cl, Mg і Al).

Чи можна відмовитись від українських синонімів? Окрім утворення українських назв мінералів транскрипцією або транслітерацією латинописних назв, можливий ще один спосіб упорядкувати українську мінералогічну термінологію – узагалі відмовитись від кириличних синонімів, а використовувати тільки латинописні терміни, як це прийнято в науках про живу природу. Відомо, що для уникнення різночитань під час перекладу всю біологічну номенклатуру в обов’язковому порядку наводять латиною. Отже, кожний описаний вид живих істот має біноміальну (двослівну) латинську назву, хоча може мати (не завжди) і назву національною мовою. У науковому обігу обов’язковим є використання латинської назви.

Очевидно, що такому нововведенню чинитиме суттєвий опір національна мінералогічна спільнота через властиву їй консервативність, хоча знайдуться й прихильники. Хіба що мінералогічна література в Україні перейде на англійську мову, як це спостерігаємо у найближчих західних сусідів. Однак це не єдиний аргумент “проти”. Нині багато націй, які себе поважають, послуговуються в мінералогії своєю мовою. На веб-сайті <http://www.mindat.org/> для кожної затвердженої назви мінералу (і багатьох незатверджене-

них) наведено німецькі й іспанські синоніми. У цих мовах утворювати синоніми набагато простіше – суфікс *-ite* у затвердженій назві замінюють, відповідно, на *-it* та *-ita*. Для багатьох мінеральних видів наведено орфографію назви іншими мовами. Що давніша назва, то більше синонімів національними мовами містить перелік – від китайської й арабської до естонської та литовської. Українські терміни, на жаль, у переліках трапляються вкрай зрідка. Образливо, що термін *olivine* передано 33 мовами, у тім числі мовою басків, однак його український синонім світовому загалу невідомий. Заради справедливості зазначимо, що й російські синоніми не настільки часто трапляються, хоча нині Росія є лідером у відкритті нових мінералів [10].

Україна з її багатими надрами і нетрадиційними родовищами руд заслуговує на більшу пізнаваність у світі, чому сприятиме, як сподіваємось, упорядкування номенклатури українських назв мінералів і обнародування їх за допомогою веб-ресурсів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Булах Г. А. Химические, структурные и химико-структурные разновидности минералов, и еще раз о путях рационализации минералогической номенклатуры / Г. А. Булах // Зап. Рос. минерал. об-ва. – 2008. – Ч. 137, № 31. – С. 101–103.
2. Кривовичев В. Г. Минералогический словарь / В. Г. Кривовичев. – СПб. : Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2008. – 556 с.
3. Кульчицька Г. Мінералогія України в контексті мінералогії світу / Г. Кульчицька, В. Павлишин // Мінерал. зб. – 2014. – № 64, вип. 1. – С. 25–32.
4. Кульчицька Г. О. Про утворення українських назв мінералів / Г. О. Кульчицька, Д. С. Черниш // Записки Укр. минерал. т-ва. – 2015. – Т. 12. – С. 136–147.
5. Кульчицька Г. О. Така складна наука мінералогія / Г. О. Кульчицька, В. І. Павлишин, Д. С. Черниш // Записки Укр. минерал. т-ва. – 2016. – Т. 13. – С. 5–13.
6. Лазаренко Є. К. Мінералогічний словник / Є. К. Лазаренко, О. М. Винар. – К. : Наук. думка, 1975. – 773 с.
7. Никель Э. Порядок рассмотрения материалов, представленных в Комиссию по новым минералам и названиям минералов при Международной минералогической ассоциации, и некоторые вопросы минералогической номенклатуры / Эрнест Никель, Джозеф Мандарино // Минерал. журн. – 1989. – Т. 11, № 1. – С. 51–86.
8. Основные понятия минералогии : [сб. науч. трудов] / [отв. ред. Е. К. Лазаренко]. – Киев : Наук. думка, 1978. – 138 с.
9. Павлишин В. І. Вступ до мінералогії / В. І. Павлишин. – К. : Вид-во ДГЦУ, 1997. – 40 с.
10. Першочергові завдання і перспективи регіональної мінералогії України / Г. О. Кульчицька, В. І. Павлишин, Д. С. Черниш, І. М. Герасимець // Мінерал. журн. – 2016. – Т. 38, № 3. – С. 3–8.
11. Поваренных А. С. Кристаллохимия минеральных видов / А. С. Поваренных. – Киев : Наук. думка, 1966. – 547 с.
12. Пономаренко О. М. Упорядкування українських назв мінералів у зв'язку з підготовкою Мінералогічної енциклопедії України / О. М. Пономаренко, Г. О. Кульчицька, Д. С. Черниш // Мінерал. журн. – 2015. – Т. 37, № 3. – С. 3–14.
13. Пономаренко О. М. Словник українських назв мінералів в інформаційному просторі / О. М. Пономаренко, Г. О. Кульчицька, Д. С. Черниш // Мінерал. журн. – 2017. – Т. 39, № 1. – С. 3–10.

14. Походження і формування мінералогічної термінології / Р. Вовченко, О. Матковський, Л. Бохорська, О. Полубічко // Мінерал. зб. – 2002. – № 52, вип. 2. – С. 14–23.
15. Флейшер М. Словарь минеральных видов / М. Флейшер. – М. : Мир, 1990. – 206 с.
16. Bayliss P. The use of chemical-element adjectival modifiers in minerals nomenclature / P. Bayliss, H. D. Kaesz, E. H. Nickel // Canadian Mineralogist. – 2005. – Vol. 43. – P. 1429–1433.
17. Burke E. A. J. A mass discreditation of GQN minerals / E. A. J. Burke // Canadian Mineralogist. – 2006. – Vol. 44. – P. 1557–1560.
18. Burke E. A. J. Tidying up mineral names: an IMA-CNMNC scheme for suffixes, hyphens and diacritical marks / E. A. J. Burke // Mineralogical Record. – 2008. – Vol. 39, N 2. – P. 131–135.
19. CNMNC guidelines for the use of suffixes and prefixes in mineral nomenclature, and for the preservation of historical names / F. Hatert, S. J. Mills, M. Pasero, P. A. Williams // Eur. J. Mineral. – 2013. – Vol. 25. – P. 113–115.
20. Nickel E. H. The IMA Commission on new minerals and mineral names: Procedures and guidelines on mineral nomenclature / E. H. Nickel, J. D. Grice // Canadian Mineralogist. – 1998. – Vol. 36. – P. 3–16.

*Стаття: надійшла до редакції 28.03.2017
прийнята до друку 26.04.2017*

THE SUGGESTIONS FOR UKRAINIAN SYNONYMS SPELLING OF LATINIZED MINERALS NAMES

H. Kulchytska¹, O. Matkovskyi², V. Pavlyshyn¹, D. Chernysh¹

¹*M. P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NASU,
Acad. Palladin Av., 34, 03142 Kyiv, Ukraine
E-mail: hannakulchec@gmail.com*

²*Ivan Franko National University of Lviv,
Hrushevskiy St., 4, 79005 Lviv, Ukraine
E-mail: mineral@franko.lviv.ua*

The article proposes the solution of three problems of minerals nomenclature – the method of creation of Cyrillic synonyms, the spelling of names of chemically similar species and the unification of changeable prefixes named after chemical element in the names of minerals.

The main requirement for minerals nomenclature is to ensure the uniqueness of mineral type identification by means of the name. Nomenclature should have the simplest structure, agree with minerals classification and be clear for all professionals. Current minerals nomenclature is not rational because mineral names do not contain information on the main attributes of the mineral type – its chemical composition and crystals structure. In contract to biology and chemistry where nomenclatures are just improving, mineralogy is still in the process of search. The names given to minerals for the past semi-centenary are so diversified that is seems that authors are competing in finding the most complicated name. The vast majority of them are personifies names – in honour of mineralogists, minerals collectors and dealers, the owners and managers of mines. The primary goal of these names is to make a place for these people in the historic books.

The name of the mineral is approved by the international organization. It is spelled with the letters of the extended Latin alphabet. Therefore, it is necessary to write down either the pronunciation of the name or its spelling with the letters of the Ukrainian alphabet. Surnames and geographical names are distorted when pronounced in different languages. Therefore, only small amount of mineral names can point at their occurrence or inform the memorial data to the audience. That is why the authors of the article propose to move away from the prevailing method of recording of pronunciation as in most cases this approach does not perform its main task – to preserve the recognition of the source of the name. Even discoverers do not recognize the name with the Ukrainian suffix applied. The method of transliteration seems to be simpler, especially when the borrowed language is ignored and the mineral name is perceived as the set of Latin letters. To facilitate the work on the creation of Cyrillic synonyms and reduce the number of erroneous variants, the authors propose to spell the orthography of Latinized names of minerals in future with the letters of the Ukrainian alphabet using the passport standard of the Cabinet of Ministers of Ukraine.

Trivial names predominate in the modern international nomenclature of minerals. However, positive changes occur which make it more rational, similar to rational nomenclature for organic chemical compounds. The trivial name of the existing species is used more and more often as the parent word for generating a new name, chemically similar species, adding it to the prefix with the name of replaced element. The mineral name expands considerably when the modifiable prefix is applied (the use of three–four prefixes is admissible). That is why, the authors propose to add a modifying prefix using hyphen in the Ukrainian names of minerals in all cases when chemical and structural analogues exist. And vice versa – if the similarity between species is only in pronunciation and the types are not interrelated either structurally or chemically – it is proposed to spell the term in one word. It will help to distinguish the affiliation of types to different groups and will facilitate the pronunciation of too long mineral names.

It is also proposed to unify the form of the prefix in the names of chemically modified analogues, using only the systematized names of chemical elements recommended by the State standard of Ukraine. It is shown that Schaller's modifier, which should define cations with smaller and bigger charge, is consistently used in current classification only for the names of minerals which contain Fe (ferro-, ferri-). Valent state of the other elements is reflected in modifiable prefixes only for some minerals. When Ukrainian synonyms are created, automatic unification of prefixes is possible only for the names of cations of constant valence. It is proposed to write them down with the joining vowel "o" (magneso-, fluoro-) in all cases. Spelling of prefixes formed after cations of modified valence requires tailored approach and data of mineral's chemical composition. Unification does not relate to cases when the name of the element is the part of trivial name created by using the chemical composition of the mineral.

Key words: mineralogy, nomenclature of minerals, terminology, name of the mineral, Cyrillic synonyms, transcription, transliteration.

УДК 549(477-924.52)

ЕНЦИКЛОПЕДІЯ СИЛІКАТНИХ МІНЕРАЛІВ І ПРОЦЕСІВ МІНЕРАЛОУТВОРЕННЯ В УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТАХ

Рецензія на книги “Мінерали Українських Карпат. Силікати” (2011)
та “Мінерали Українських Карпат. Процеси мінералоутворення” (2014)

М. Братусь

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

Рецензовані книги “Мінерали Українських Карпат. Силікати” (О. Матковський, В. Квасниця, І. Наушко та ін. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2011. 520 с.) та “Мінерали Українських Карпат. Процеси мінералоутворення” (О. Матковський, П. Білоніжка, Д. Возняк та ін. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2014. 584 с.) є завершальними працями в серії “Мінерали Українських Карпат”, що їх видавали по лінії Комісії мінералогії і геохімії Карпато-Балканської геологічної асоціації в ході реалізації задумів акад. Є. Лазаренка щодо створення мінералогічного словника-довідника (енциклопедії) Карпато-Балканської гірської системи. Структура викладу матеріалів у книгах є вдалою.

Перша книга “Силікати”, крім передмови й післямови, містить три розділи, серед яких головним і найбільшим за обсягом є третій розділ, присвячений характеристиці мінералів. У першому розділі книги розглянуто геологічну будову, тектоніку, історію розвитку Українських Карпат у стислій, проте всеохопній формі. Автори проаналізували різні погляди на геологічну будову Карпат, їхню еволюцію в часі, сучасний стан наукових досліджень геологічної будови та історії розвитку Карпатського регіону.

У другому розділі виділено й досить детально схарактеризовано сім силікатовмісних мінеральних комплексів: осадові та осадово-вулканогенні (палеозойські, мезозойські, кайнозойські), магматичні (протерозойсько-палеозойські, мезозойські, кайнозойські), гідротермальні-метасоматичні (серпентиніти, скарни, лиственіти й березити, пропіліти, аргілізити і вторинні кварцити), метаморфічні (регіонально-метаморфічні й контактово-метаморфічні), гіпергенні, космогенні, а також силікатовмісні комплекси неметалевої сировини, представлені перлітами, унгваритами, бентонітами, каолінами, менілітовими аргілітами, силіцитами. Характеристика мінеральних комплексів вдало доповнена ілюстративними матеріалами (геологічні карти, схеми, розрізи та ін.), що унаочнюють приуроченість окремих силікатовмісних мінеральних комплексів до певних геолого-структурних елементів регіону.

Для силікатовмісних осадових та осадово-вулканогенних комплексів наведено їхнє поширення у різновікових структурно-тектонічних зонах, гранулометричний і петрографічний склад, структурні й інші особливості порід. Ці комплекси поширені головню в Карпатах і Передкарпатті. Магматичні комплекси представлені великим розмаїттям магматичних порід різного віку та складу від ультраосновних до кислих. Їхнє поширен-

ня пов'язане з Закарпатським прогином і Мармароським масивом. Усі відміни порід добре вивчені петрографічно, петрохімічно, за даними ізотопної геохронології та іншими показниками.

Третій розділ присвячений характеристиці 120 мінеральних видів і різновидів, серед яких понад 20 виявлено в другій половині XX ст. Характеристику мінералів автори подали за структурною класифікацією силікатних мінералів, згідно з якою виділяють мінерали каркасної, острівної, кільцевої, ланцюжкової, стрічкової, шаруватої структур і рентгеноаморфні сполуки. Опис мінералів охоплює відомості про поширення, форми виділення, морфологію, хімічний склад і структурні особливості, фізичні властивості, парагенезис і генезис. Особливу увагу приділено виявленню для більшості мінералів їхніх типоморфних ознак і практичного значення. Усі ці дані ґрунтуються на власних оригінальних дослідженнях авторів книги з використанням сучасних новітніх методів і на детальному критичному аналізі літературних даних.

Серед каркасних силікатів найдетальніше схарактеризовано кварц та його різновиди й поліморфні модифікації, велике розмаїття польових шпатів і цеолітів. Зазначено, що в розрізах осадових товщ кварц наявний у зернах, які мають різний розмір і ступінь обкатування, по-різному тріщинуваті й наповнені включеннями тощо, що свідчить про різні первинні джерела його походження. Кварц досить поширений у складі різних типів метаморфічних порід Мармароського масиву, його вміст може коливатися від 20 % у ортогнейсах до 90 % у кварцитах. Детально розглянуто кристаломорфологію й онтогенію кварцу, його фізичні властивості, вивчені методами рентгено-, катодо- і термолюмінесценції, ІЧ-спектроскопії та електронного парамагнітного резонансу, досліджено включення й ізотопний склад кисню. Усі ці характеристики використано не тільки для генетичних, а й для розшуково-оцінних цілей. Серед цеолітів найбільшу увагу приділено кліноптилоліту – головній складовій цеолітових руд Сокирницького родовища в Закарпатті.

Серед острівних силікатів описано мінерали таких груп: олівіну, циркону, гранату, кіаніту, ставроліту, топазу, титаніту, дюмортьєриту, хлоритоїду, ільваїту, пумпеліту (лотриту), зуніту й епідоту. Важливими є перші знахідки в Україні ільваїту і зуніту. Найдетальніше досліджено циркон і гранати. Циркон належить до найпоширеніших акцесорних мінералів магматичних, метаморфічних і теригенних осадових порід. Йому притаманне велике розмаїття морфологічних типів кристалів і своєрідна внутрішня морфологія (зональна будова, пересиченість різними включеннями та ін.), він містить домішки Hf, U, Y, Yb тощо.

Гранати представлені альмандином, спесартином, гросуляром і андрадитом. Найбільше поширений альмандин, який є важливим породоутворювальним мінералом магматичних і метаморфічних порід. Його добре досліджено оптичними, хімічними й рентгенометричними методами. В осадових і осадово-вулканогенних силікатовмісних комплексах альмандин трапляється як теригенний мінерал; визначено його первинні джерела.

З різним ступенем детальності автори схарактеризували мінерали інших підкласів. Особливу увагу приділено порівняно рідкісним мінералам, які стали першими знахідками в Україні або колишньому СРСР: піжоніту (виявлено у вулканітах Закарпаття), піроксмангіту й данемориту (відшукали в карбонатно-силікатних манганових рудах Чивчинських гір). Досить детально вивчено промислово важливі шаруваті силікати групи каолініту (каолінит, дикіт і накрит), слюди (мусковіт, біотит), смектити (монтморилоніт, нонтроніт, бейделіт), гідрослюди, глауконіт. Серед змішаношаруватих силіка-

тів описано сколіт – новий мінерал, виявлений у пісковиках району Сколе Передкарпаття; схарактеризовано новий різновид стильпномелану – Mn-стильпномелан, що його відшукали серед манганових силікатно-карбонатних руд Чивчинських гір.

На завершення аналізу першої книги зазначимо, що для багатьох мінералів (кварц, польові шпати, слюди, піроксени, піроксеноїди, амфіболи, гранати, циркон та ін.) наведено типоморфні особливості морфології, хімічного складу, структури, різноманітних фізичних властивостей, включень і парагенезисів, на підставі яких визначено умови утворення мінералів та їхнє практичне значення. Важливо, що поряд з детальним описом усіх мінералів наведено багато ілюстративного матеріалу: морфологія кристалів і форми виділень у вмінних породах, діаграми варіацій складу, термографічні, рентгенометричні, ІЧС та інші базові характеристики.

Друга книга присвячена процесам мінералоутворення в Карпатському регіоні, які вивчали в породах різного складу й широкого вікового діапазону – від протерозойсько-палеозойських до нинішніх днів. Автори книги схарактеризували сім типів процесів мінералоутворення: магматичний, гідротермально-метасоматичний, осадовий та осадово-вулканогенний, метаморфічний, гіпергенний, космогенний і сучасний. Масштаби розвитку цих типів мінералоутворення різні, і ступінь вивченості їх значно різняться.

Мінералоутворення в магматичних комплексах вивчене нерівномірно. Найдетальніше воно досліджене в кайнозойських магматичних комплексах. Зокрема, для магматичних порід Чорної гори виявлено стадійність мінералоутворення з еволюцією складу плагіоклазів, олівіну, гіперстену і клінопіроксенів у разі кристалізації розплаву, виділено кілька генерацій плагіоклазів та інших мінералів, визначено залежність вмісту залізного мінералу в гіперстені від вмісту SiO_2 в породі та низку інших петрохімічних характеристик.

Започатковане В. Калюжним і продовжене його учнями (Д. Возняк, Б. Жовтуля та ін.) вивчення включень у магматичних мінералах стало базою для отримання конкретних значень параметрів кристалізації магматичних мінералів у неогенових вулканітах Закарпаття. За результатами термобарогеохімічних досліджень виявлено незмішувальність силікатних розплавів у включеннях, визначено температуру гомогенізації розплавних включень у кварці, плагіоклазах, піроксенах з різних порід, а за показниками заломлення скла цих включень – вміст SiO_2 в породі.

Детально й усебічно вивчено розплавні включення у кварці, цирконі, апатиті, анортклазі, тридиміті й інших мінералах. Зокрема, в анортклазі виявлено включення сольового розплаву, який міг мати і ліквідаційну(?) природу. Температурний інтервал кристалізації магматичних мінералів досить широкий. Для акцесорного циркону він становить 1 400–1 200 °С, для кварцу ріолітових туфів – від 1 400 до 900–800, а для анортклазу і тридиміту з міаролових порожнин – 900–800 °С. Запропоновано використовувати результати визначення температури гомогенізації в первинних включеннях та показника заломлення скла (як показника вмісту SiO_2 в породі) для стратиграфічного й петрохімічного розчленування зовнішньо подібних вулканічних порід.

Найдетальніше схарактеризовано гідротермально-метасоматичне мінералоутворення, найпоширеніше серед метаморфічних порід Мармароського масиву і кайнозойських магматичних комплексів. У Мармароському масиві таке мінералоутворення автори пов'язують з регресивним метаморфізмом. Досить детально висвітлено особливості формування золотого (родовище Сауляк і рудопрояв Білий Потік та ін.), поліметалевого зруденіння, баритових рудопроявів та метасоматичне мінералоутворення у вмінних породах. Термобарогеохімічними методами вивчено умови формування золоторудного

родовища Сауляк, для якого визначено температурно-парагенетичні схеми стадійності мінералоутворення.

Гідротермально-метасоматичне мінералоутворення серед мезозойських магматичних комплексів висвітлено скромніше. Воно представлено декількома типами: скарноутворення, серпентинізація, лиственітизація, альбітизація, хлоритизація, цеолітизація, карбонатизація. Скарни діопсид-геденбергітового ряду з гранатом grosular-андрадитового складу, кварцом та ільваїтом виявлено у фундаменті Берегівського родовища. Для них наведено результати дослідження включень у піроксенах, кварці, гранаті, за якими температура формування мінералів скарнів становить 310–270 °С.

Серпентинізація і лиственітизація розвинені по ультрамафітах альпінотипного й базальтоїдного типів. Наведено нові цікаві дані О. Ступки щодо виявлених в антигориті дрібних включень сплаву залізного нікелю (когеніту) і самородного заліза, що свідчить про високу температуру серпентинізації олівіну. Серед процесів альбітизації, хлоритизації, цеолітизації й карбонатизації найдетальніше вивчено цеолітоутворення. Термобарогеохімічними методами детально досліджено умови формування цеолітовмісних парагенезисів тростянецького вулканогенного комплексу. Вони утворилися за $T = 300\text{--}200$ °С з розчинів, збагачених вуглеводневими сполуками ($\text{CH}_4 > 90\%$).

У кайнозойських магматичних комплексах Закарпатського прогину гідротермально-метасоматичне мінералоутворення поширено найбільше. Автори розглянули його загальні особливості; детальнішу інформацію наведено про мінерали Берегівського рудного району та Вигорлат-Гутинського пасма. Зокрема, у Берегівському рудному районі описано особливості мінералоутворення під час формування Берегівського та Мужієвського золото-поліметалевих родовищ, срібної мінералізації і флюорит-барит-кварцових жил у межах Берегівського рудного поля, барит-поліметалевих руд Біганського родовища. Схарактеризовано пов'язане з гідротермально-метасоматичними процесами формування різних типів метасоматитів і покладів алунітових, каолінит(дикіт)-галузитових руд і бариту.

Найдетальніше досліджено формування золото-поліметалевих родовищ. За Л. Скакуном, вони утворилися у чотири стадії: сульфідну, кварц-баритову, карбонат-кварцову і карбонат-гетитову. Наявність численних генерацій кварцу, бариту, карбонату і рудних мінералів дало змогу детально вивчити термобаричні й фізико-хімічні умови кристалізації мінералів різних генерацій у виділених стадіях. Кристалізація окремого мінералу в кожній стадії відбувалася за змінних значень деяких параметрів. Наприклад, флюорит кварц-баритової стадії формувався за температури 220–200 °С з розчинів солоністю 12–10 мас. %, тоді як кварц – за 225–159 °С з розчинів солоністю 6,0–1,5 мас. %. Змінювався і склад газової фази включень у цих мінералах.

На підставі термобаричних даних розроблено генетичну модель, згідно з якою формування Берегівського рудного поля відбувалося в два етапи: передрудний високотемпературний (350–260 °С) і рудний середньотемпературний (260–140 °С). У складі газової фази включень у різних співвідношеннях наявні діоксид вуглецю, азот і метан. Концентрація солей у водному розчині становить від 1,5 до 18,0 мас. %. У сольовому складі розчинів зафіксовано різні співвідношення аніонної (гідрокарбонатно-сульфатно-хлоридна) і катіонної (кальцій-магній-натрієва) складових. За результатами вивчення ізотопної природи вуглецю й кисню карбонатів та CO_2 включень, сірки в сульфідах визначено полігенну природу цих компонентів у мінералоутворювальних флюїдах.

Цікавими є дані про флюорит-барит-кварцову мінералізацію, яка достатньо поширена в межах Берегівського рудного поля й представлена агрегатами кварцу смугастої

текстури – дрібнозернистими, нерідко прихованокристалічними. Онтогенетичні особливості кварцу, бариту і флюориту та їхніх генерацій добре описала Н. Словотенко, наведено численні ілюстрації мікроскопічних, катодолюмінесцентних і BSE-зображень окремих мінералів та їхніх агрегатів. Це дало змогу відобразити динаміку формування цього типу мінералізації та створити відповідну онтогенічну модель.

Серед гідротермально-метасоматичного мінералоутворення в межах Вигорлат-Гутинського вулканічного пасма автори окремо розглянули особливості формування різних типів метасоматитів, ртутного і ртутно-арсен-стибієвого, телур-бісмутного і бісмут-молібденового зруденіння, цеоліто-, бентоніто- і давсонітоутворення. Детально схарактеризовано 12 фацій метасоматичного мінералоутворення (за Е. Лазаренком): кварц-гурмалінову, кварц-топазову, кварц-флюоритову, монокварцову, кварц-каолінітову, каолініт-діомортъеритову, опалолітову, алунітову, кварц-гідрослюдисту, каолініт-ангідритову, монтморилонітову та карбонат-цеолітову. Більшість з них не набула широкого розвитку, проте заслуговує на подальші дослідження.

Детальніше вивчено ртутне і ртутно-арсен-стибієве зруденіння, пов'язане з етапом тектономагматичної активізації. У книзі зазначено, що за даними численних дослідників формування ртутного зруденіння відбувалось у температурному інтервалі 250–90 °С. У цьому інтервалі виділяють декілька стадій метасоматичного мінералоутворення, з якими пов'язана еволюція кристаломорфології кіноварі та супутніх мінералів. Важливою у формуванні кіноварі та її парагенетичних асоціацій є участь нафтових вуглеводнів.

Також наведено детальну характеристику осадового й осадово-вулканогенного мінералоутворення. Зокрема, описано особливості утворення мінералів під час формування кременистих порід, галогенне мінералоутворення в процесі формування калійно-магнієвих солей та кам'яної солі, сірко-, сульфато-, карбонато- і солеутворення в баденський час, умови утворення і трансформаційні перетворення смектитів та змішаношаруватих фаз, походження і трансформаційні перетворення гідрослюд, особливості утворення глауконіту, сколіту й селадоніту; процеси формування мідного, свинцево-цинкового, манганового, золотого зруденіння, бентонітових і бентонітоподібних глин, прожилково-вкрапленої мінералізації.

В осадовому мінералоутворенні виділено седиментогенне (механогенне, хемогенне і хемогенно-біогенне) та післяседиментаційне (діагенез, катагенез і метагенез). Післяседиментаційне мінералоутворення в теригенних комплексах представлене карбонатами різного складу, різноманітними формами SiO_2 , слюдистими силікатами, сульфідами. Парагенезиси цих мінералів, форми виділень та інші ознаки є показниками середовища мінералоутворення. Зокрема, кулеподібні карбонатні конкреції приурочені до пелагічних глинистих відкладів, тоді як лінзоподібні тіла – до вуглецевмісних товщ. Розглянуто важливу роль деструкції органічної речовини в післяседиментаційному мінералоутворенні як джерела енергії й новоутворених продуктів, наприклад, CO_2 , CH_4 та інших, які беруть активну участь у подальших процесах мінералоутворення.

Особливу увагу приділено процесам кремененагромадження в різновікових товщах Карпат і походженню вихідного матеріалу. Виділено три етапи кремененагромадження: дофлішовий, флішовий і післяфлішовий. Інтенсивність проявів біогенної кремнеземової седиментації корелює з проявами вулканогенної діяльності.

Галогенне мінералоутворення широко представлене серед евапоритових комплексів Карпатського регіону. Автори навели аналіз поглядів на формування галогенних порід. Детальне вивчення складу і концентрації солей у флюїдних включеннях седиментоген-

них мінералів та мінералів післяседиментаційної перекристалізації дало змогу відтворити фізико-хімічні параметри відповідних процесів. Результати визначення абсолютного віку в жильних каїніті (6,14 і 4,43 млн років) та леоніті (3,64 і 2,95 млн років) засвідчують, що процеси перетворення соляних мінералів та кристалізація жильних зумовлені широким розвитком тектонічних порушень. Детально вивчено фізико-хімічні умови мінерогенезу й у інших мінералах – гіпсі, кальциті сірчаних родовищ та ін.

Глинисті мінерали в теригенних і евапоритових комплексах також зазнають структурних і трансформаційних перетворень, які пов'язані зі зміною фізико-хімічних параметрів. Наприклад, в аргілітах з глибиною спочатку зникає монтморилоніт як окрема фаза, а потім зменшується його вміст у змішаношаруватих утвореннях, і вони трансформуються в гідроліти та хлорит.

Дуже детально вивчено серед осадових комплексів Карпат прожилково-вкраплену мінералізацію. Вона представлена, головню, кальцитом у вкраплених зернах і дрібних прожилках серед осадових порід. Жильні утворення і гнізда (до перших десятків сантиметрів у поперечнику) сформовані кальцитом, прозорими кристаликами кварцу типу мармароських “діамантів” і антраксолітом. Кальцит і кварц досліджені мінералогічно й термобарогеохімічно. Особливе значення мають виявлені у складі включень цих мінералів газові та рідкі нафтові вуглеводні. Умови утворення прожилково-вкрапленої і жильної мінералізації визначено на підставі результатів прецизійних досліджень практично всіма наявними термобарогеохімічними методами; водночас вивчено ізотопну природу вуглецю й кисню в карбонатах, воді, CO₂ і CH₄ включень у мінералах. Ці дані мають важливе практичне значення на сучасному етапі в ході розшуків вуглеводнів.

Зокрема, склад газів у включеннях у прожилкових мінералах вивчено в багатьох нафтогазоносних покладах Карпатського регіону. Основним газовим компонентом включень у мінералах прожилків є CH₄, тоді як у закритих порах вмісної породи – CO₂ та N₂. Температурний інтервал формування прожилків коливається в межах 110–220 °С.

Особливістю жильної мінералізації з кристаликами кварцу типу мармароських “діамантів” є те, що вони росли з вуглеводневих (метанових) флюїдів за флюїдного тиску 250–300 МПа і температури 230–240 °С чи 80–100 МПа за 210–225 °С. Появу і природу такого надвисокого флюїдного тиску досі остаточно не з'ясовано, особливо причини появи в мінералоутворювальному флюїді метану надвисокої густини (до 0,365 г/см³).

Метаморфічне мінералоутворення мало поширене в Українських Карпатах. У книзі його оцінено за мінералогічними термометрами, експериментальними дослідженнями зі стабільності мінералів, рентгенометричними даними й хімічним складом, результатами визначення температури гомогенізації й декрепітації та ін. Окремо розглянуто контактово-метаморфічне і регіонально-метаморфічне мінералоутворення. Контактково-метаморфічне поширене порівняно обмежено й пов'язане з гранітоїдним, базитовим і ультрабазитовим магматизмом у до- і мезозойських комплексах, а також досить різноманітно виявилось в утворенні різних за складом роговиків у кайнозойських магматичних комплексах. Детальніше проаналізовано регіонально-метаморфічне мінералоутворення, серед якого виділено мінералоутворення та його еволюцію в кристалічному фундаменті з аналізом термодинамічних, фізико-хімічних і фаціальних умов; метаморфічне мінералоутворення в породах палеозойського чохла; роль процесів метаморфізму у формуванні залізо-манганового й колчеданово-поліметалевого зруденіння.

Гіпергенне мінералоутворення в Українських Карпатах надзвичайно поширене і розмаїте, проте, на жаль, не достатньо вивчене. У книзі окремо висвітлено особливості мінералоутворення в корах звітрювання магматичних порід Вигорлат-Гутинського пас-

ма; у зонах окиснення бітумінозних аргілітів менілітової світи Передкарпаття (пов'язане, зокрема, з окисненням органічного вуглецю, участю в хімічних реакціях піриту з утворенням сірчаної кислоти та іншими хімічними реакціями); гіпергенне мінералоутворення в покладах калійно-магнієвих солей, зоні окиснення сірчаних руд і сульфідного телур-бісмутового зруденіння, у карбонатно-силікатних і карбонатних манганових рудах.

У розділі, що присвячений космогенному мінералоутворенню, наведено стислі загальні відомості про космогенні процеси формування мінералів, особливості мінералоутворення в хондрах метеорита *Княгиня* та метеоритних кульках, що впали в Закарпатській обл.

Завершується друга книга розділом про сучасне мінералоутворення, у якому виділено травертиноутворення і техногенне мінералоутворення. Травертиноутворення схарактеризовано як процес, що нині відбувається, головню, у природних порожнинах (печерах) без участі людини. Техногенне мінералоутворення добре виявлене на соляних родовищах Передкарпаття, де є наслідком складних геохімічних та фізико-хімічних процесів у випадку коливання температури повітря в приповерхневій частині хвостосховищ, з одного боку, і в разі витоків ропи за межі дамби хвостосховища, – з іншого. Досить детально проаналізовано відкладання гіпсу в технічному обладнанні на солових рудниках, появу натічних форм вторинного галіту в порожнинах та результати досліджень нерозчинних мінералів (кварц, кальцит, слюди та ін.) у застійних зонах скупчень ропи. Зазначено, що вивчення умов техногенного мінералоутворення необхідне для запобігання екологічним і технічним (вихід з ладу обладнання...) катастрофам. Сучасне мінералоутворення проілюстровано численними світлинами мінералів, що кристалізуються в соляних шахтах, на поверхні хвостосховищ та на витоках із них ропи.

Отже, комплекс виконаних регіонально-мінералогічних досліджень, наведених у рецензованих книгах серії “Мінерали Українських Карпат”, є визначним і вагомим внеском у створення Мінералогічної енциклопедії всієї Карпато-Балканської покривно-складчастої споруди, задуманої видатним ученим сучасності акад. Є. Лазаренком, і, безумовно, заслуговує на високу оцінку не лише фахівців, а й державних органів.

*Стаття: надійшла до редакції 06.02.2017
прийнята до друку 26.04.2017*

ХРОНІКА

ГАННА ОЛЕКСАНДРІВНА КУЛЬЧИЦЬКА (ДО 70-РІЧЧЯ ВІД ДНЯ НАРОДЖЕННЯ)



Ганну Олександрівну Кульчицьку – відомого українського мінералога й геохіміка, одну з учениць акад. Є. Лазаренка – добре знає наукова спільнота як в Україні, так і за її межами. Вона доктор геологічних наук, головний науковий співробітник Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка Національної академії наук України (ІГМР НАН України), віце-президент Українського мінералогічного товариства, відповідальний секретар “Мінералогічного журналу” (“Mineralogical Journal”), заступник головного редактора журналу “Записки Українського мінералогічного товариства”, Лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки.

Ганна Кульчицька народилася 14 січня 1947 р. в с. Несторівці Дунаєвцького р-ну Хмельницької обл. Згодом сім'я Кульчицьких переїхала в смт Отинія Коломийського р-ну Івано-Франківської обл. Тут Ганна закінчила з золотою медаллю середню школу (1964), а протягом 1964–1969 рр. навчалася на геологічному факультеті Львівського державного університету імені Івана Франка разом з майбутніми докторами наук С. Галієм, В. Квасницею, Є. Лазьком, І. Попівняком. Трудовий шлях розпочала в Новомосковській комплексній геологорозвідувальній експедиції. У 1970–1973 рр. Ганна Кульчицька навчалася в аспірантурі під керівництвом акад. Є. Лазаренка – спочатку в Інституті геологічних наук АН України, а потім – в Інституті геохімії і фізики мінералів (нині ІГМР НАН України). У цьому Інституті з 1973 р. вона працювала на посаді молодшого наукового співробітника відділу регіональної та генетичної мінералогії, очолюваного Є. Лазаренком. Брала участь у виконанні держбюджетних і госпдогвірних тем, що їх виконували у відділі, та завершила роботу над кандидатською дисертацією “Генезис гипса и ангидрита из осадочных пород Украины (по данным изучения включений минералообразующей среды)”, яку успішно захистила 1987 р. і здобула науковий ступінь кандидата геолого-мінералогічних наук. Працювала на посадах наукового співробітника (до 1989 р.), старшого (1990–2005) і провідного наукового співробітника (2005–2013). У 2006 р. Ганні Олександрівні присвоєно вчене звання старшого наукового співробітника, у 2013 р. її обрали за конкурсом на посаду головного наукового співробітника.

За всіма цими посадами і званнями стоїть важка й наполеглива праця, поглиблення знань з мінералогії, геохімії, хімії та інших наук. Ганна Кульчицька освоїла газохроматографічний метод дослідження газової компоненти включень у мінералах, вивчала склад газів із включень у мінералах багатьох родовищ корисних копалин України, зібрала численний фактичний матеріал, який опрацьовувала математичними методами. Результати її досліджень використано в багатьох наукових звітах, за цими матеріалами

написано численні наукові статті. Вони стали підґрунтям докторської дисертації “Леткі компоненти мінералів як індикатори умов мінералоутворення”, яку Г. Кульчицька успішно захистила 2009 р. за спеціальністю 04.00.20 – мінералогія, кристалографія.

Протягом останніх 15 років Ганна Олександрівна є відповідальним секретарем “Мінералогічного журналу”. А це велика й важка праця, яка охоплює скрупульозний перегляд і аналіз наукових статей, що надходять до редакції, визначення рецензентів, компонування кожного номера журналу і ще багато інших, дрібніших, на перший погляд, справ, вирішення яких вимагає часу і праці відповідального секретаря.

Багатогранний науковий доробок Г. Кульчицької. Вона є автором численних наукових статей, матеріалів і тез доповідей на вітчизняних та міжнародних конференціях, співавтором монографічних праць “Мінералогія Приазовья” (1981), “Мінерали України. Краткий справочник” (1990), трьох перших книг серії “Мінерали Українських Карпат” – “Простые вещества, теллуриды и сульфиды” (1990), “Оксиды, гидроксиды, хлориды, йодиды, фториды” (1995), “Бораты, арсенаты, фосфаты, молибдаты, сульфаты, карбонаты, органічні мінерали і мінералоїди” (2003).

Результати надзвичайно важливих скрупульозних досліджень включень у мінералах гіпсоангідритових відкладів України, що їх виконала Г. Кульчицька протягом 1982–1988 рр., висвітлено в окремих статтях, кандидатській дисертації та третій книзі серії “Мінерали Українських Карпат”. За включеннями в ангідриті й гіпсі зроблено висновок, що в Передкарпатському солеродному басейні тираського часу осадження сульфату кальцію відбувалося у вигляді як гіпсу, так і ангідриту. Специфічність умов неогенового басейну полягала в наявності у складі морської води органічної речовини, зокрема, бітумів нафтового ряду.

У докторській дисертації Г. Кульчицької вирішено важливу наукову проблему – з’ясування ролі летких сполук як індикаторів термодинамічних і фізико-хімічних умов флюїдного середовища кристалізації мінералів та їхніх парагенезисів. Це вагомий внесок у розвиток теорії мінералогенезу, адже доведено, що леткі сполуки, які дискретними порціями виділяються під час поступового нагрівання мінералу, формують газопіролітичний спектр. А такий спектр є типоморфною ознакою мінералу або мінерального парагенезису, що сформувався за певних геологічних умов і відповідних фізико-хімічних параметрів – температури, потенціалу кисню, кислотності, флюїдного й літостатичного тиску.

За вагомий внесок у фундаментальну працю “Теохімічні, петрологічні і геофізичні критерії прогнозування родовищ корисних копалин Українського щита” Г. Кульчицької разом з О. Пономаренком, С. Кривдіком, В. Шуманом та іншими вченими присуджено Державну премію України в галузі науки і техніки 2014 р.

Ганна Кульчицька – автор і співавтор низки оригінальних праць з історії науки, які стосуються внеску в розвиток мінералогії таких особистостей, як В. Вернадський, Є. Лазаренко, М. Єрмаков. Надзвичайно важливі нещодавні публікації, пов’язані з відзначенням 150-річчя від народження акад. В. Вернадського. Їх узагальнено у розділі “Мінералогічна спадщина В. І. Вернадського” п’ятого тому (“Мінералогічна спадщина Володимира Івановича Вернадського”) видання “Вибрані наукові праці академіка В. І. Вернадського” (автори й укладачі Г. Кульчицька, О. Пономаренко, В. Павлишин, М. Щербак). Оригінальність зазначеного розділу в тому, що Г. Кульчицька збирала цитати зі щоденників, доповідних записок, бібліографічних записів, листів В. Вернадського, які стосуються наукових роздумів над численними проблемами мінералогії і кристалографії, геології та геохімії, науки загалом та історії науки, зокрема (див. також

Мінералогічний журнал. 2012. Т. 34. № 1, 3, 4). На думку Ганни Олександрівни, ми найліпше пізнаємо вченого за його виписками з наукової літератури, які супроводжуються міркуваннями, відгуками, коментарями тощо, а також "...з його листів – приватних і офіційних (різного роду доповідних записок). Бачимо, як міняється його світогляд – науковий, політичний, громадянський, як він еволюціонує від однієї наукової проблеми до іншої, як вболіває за науку та її майбутнє, стурбований варварською експлуатацією природних ресурсів". В окремій публікації Г. Кульчицька пропонує повернути в лоно мінералогії рідкі й газоподібні природні речовини, які незаслужено з неї вилучені всупереч поглядам В. Вернадського.

Заслуговує на увагу публікація "Феномен успіху термобарогеохімії Миколи Єрмакова" (Г. Кульчицька, Д. Возняк, Д. Черниш, 2014), у якій проаналізовано історію вивчення включень у мінералах, львівський період діяльності М. Єрмакова, зародження термобарогеохімії як науки, організацію нарад з термобарогеохімії, схарактеризовано динаміку збільшення кількості публікацій з термобарогеохімічної тематики в Україні, колишньому СРСР, зарубіжних країнах тощо.

Останнім часом Ганна Кульчицька очолює роботу з підготовки багатотомної "Мінералогічної енциклопедії України". Дослідниця переконана, що опис мінералів у цій фундаментальній праці повинен ґрунтуватися на нормативно затверджених назвах мінералів українською мовою та враховувати зміни в номенклатурі мінералів. На її думку, назріла потреба створення електронної версії Енциклопедії, яку би регулярно доповнювали новою інформацією. Ці проблеми ґрунтовно проаналізовано з відповідними рекомендаціями в таких працях: Пономаренко О. М., Кульчицька Г. О. "Упорядкування номенклатури мінеральних видів у зв'язку з підготовкою Мінералогічної енциклопедії України" (Мінерал. журн. 2015. Т. 37. № 2); Пономаренко О. М., Кульчицька Г. О., Черниш Д. С. "Упорядкування українських назв мінеральних видів у зв'язку з підготовкою Мінералогічної енциклопедії України" (Мінерал. журн. 2015. Т. 37. № 3); Кульчицька Г. О., Черниш Д. С. "Про утворення українських назв мінеральних видів і різновидів" (Зап. Укр. мінерал. т-ва. 2015. Т. 12); Кульчицька Г., Черниш Д. "Створення електронних баз даних мінералів: застереження від помилок" (матеріали міжнар. конф. "Фундаментальне значення і прикладна роль геологічної освіти і науки". Львів, 2015); Кульчицька Г., Черниш Д. "Мінералогія в інформаційному просторі" (матеріали 10 наук. читань імені акад. Є. Лазаренка. Львів, 2016); Пономаренко О. М., Кульчицька Г. О., Черниш Д. С. "Словник українських назв мінералів в інформаційному просторі" (Мінерал. журн. 2017. Т. 39. № 1); Кульчицька Г., Матковський О., Павлишин В., Черниш Д. "Пропозиції щодо правопису українських синонімів латиниписних назв мінералів" (Мінерал. зб. 2017. № 67. Вип. 1). У цих працях зазначено, що успішне функціонування вітчизняної мінералогічної науки можливе тільки в контексті світової мінералогії, тому важливо упорядкувати українську мінералогічну термінологію згідно з напрацюваннями Комісії з нових мінералів, номенклатури і класифікації Міжнародної мінералогічної асоціації.

Ювілярка багата не тільки на творчі й наукові здобутки. На життєвих перехрестях її підтримує дружна родина: чоловік Юрій Галабурда, теж геолог, кандидат геолого-мінералогічних наук, дві донечки та четверо онуків, які надають мамі й бабусі юнацької наснаги, завзяття, життєрадісності, позитивних емоцій. А ще від Ганни Олександрівни легко почути добру дружню пораду, напутні теплі слова, відчутти повсякчасну щирю підтримку.

З нагоди ювілею зичимо Вам, дорога Ганно Олександрівно, доброго здоров'я, усіляких гараздів і ще багато гарних літ у любові рідних і близьких, повазі друзів та колег. Бажаємо творчого довголіття як запоруки нових звершень та здійснення задумів на науковій ниві. І надалі високо несіть почесне звання українського вченого-мінералога!

*О. Пономаренко, О. Матковський, Д. Возняк,
В. Квасниця, І. Наумко, В. Павлишин, М. Павлунь,
редколегія "Мінералогічного збірника"*

ВТРАТИ НАУКИ

ПЕТРО ВАСИЛЬОВИЧ ЗАРІЦЬКИЙ



Другого лютого 2017 р. пішов із життя відомий учений і педагог, доктор геолого-мінералогічних наук, професор кафедри мінералогії, петрографії і корисних копалин Петро Васильович Заріцький – заслужений професор Харківського національного університету імені В. Каразіна, заслужений діяч науки й техніки України, дійсний член АН вищої школи України, почесний професор Сіанського гірничого інституту (Китай), керівник і почесний член Українського мінералогічного товариства, член редколегії “Мінералогічного збірника”.

Народився Петро Заріцький 27 січня 1928 р. в с. Губарівка Богодухівського р-ну, нині Харківська обл. У 1947 р. закінчив Богодухівську середню школу із золотою медаллю. У 1952 р. після закінчення з відзнакою геологічного факультету Харківського університету одержав призначення на роботу начальником групи знімання тресту Артемгеологія в Донбасі, однак його запросили до аспірантури при кафедрі мінералогії університету. Навчання завершилось успішним захистом 1956 р. дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата геолого-мінералогічних наук.

З Харківським університетом пов’язана понад 60-річна науково-педагогічна діяльність Петра Васильовича. У ньому він пройшов шлях від студента до заслуженого професора, працюючи на посадах асистента кафедри мінералогії (1956–1957), доцента кафедри мінералогії і петрографії (1957–1964), старшого наукового співробітника (1964–1966, докторант), доцента (1966–1967), професора (1967–1968) і завідувача кафедри мінералогії і петрографії (1968–1986), завідувача кафедри (об’єднаної) мінералогії, петрографії і корисних копалин (1986–2003); з 2003 р. – професор цієї кафедри. Деякий час за сумісництвом працював у Харківському ВАТ “УкрНДІ вогнетривів ім. А. С. Бережного”. У 1966 р. П. Заріцький захистив докторську дисертацію на тему “Мінералогія і геохімія діагенеза угленосних отложений Донецького басейна”, яку опубліковано у вигляді однойменної двотомної монографії (1970, 1971). У 1968 р. йому присвоєно вчене звання професора.

Надзвичайно багатогранною є науково-педагогічна спадщина П. Заріцького. Він автор понад 730 публікацій (понад 100 – у зарубіжних виданнях), серед них 15 монографій, 20 підручників і навчальних посібників. Тематика наукових досліджень стосується мінералогії, геохімії, літології осадових порід і пов’язаних з ними родовищ корисних копалин, геохімії літогенезу й техногенезу, геохімії навколишнього середовища. Найвагоміші науково-педагогічні здобутки вченого такі. У 1979 р. на IX Міжнародному конгресі з геології та стратиграфії карбону П. Заріцький висунув і обґрунтував потребу

створення нової міждисциплінарної галузі природознавства – учення про конкреції – конкреціології та методики конкреційного аналізу. Світова наукова громадськість сприйняла запропоновану ним теорію й методику вивчення конкрецій і визнала пріоритет його досліджень. Результати цих робіт висвітлені в численних публікаціях, серед яких відомі монографічні праці “Конкреции угленосных отложений Донецкого бассейна” (1959) та “Конкреции и значение их изучения при решении вопросов угольной геологии и литологии” (1985). З ініціативи Петра Васильовича вперше в історії геологічної науки проведено п’ять всесоюзних наукових конференцій з проблеми “Конкреції та конкреційний аналіз”, матеріали яких разом з монографічними працями професора стали першими у світі узагальненнями з цієї проблеми.



Петро Васильович на рідній кафедрі.

Важливою є публікація П. Заріцького “Конкреціологія і стадійно-генетична класифікація аутигенних мінеральних утворень конкреційної та іншої природи в карбоні Донбасу” (2006). У ній наведено стислий огляд виникнення і розвитку вивчення конкрецій та мінеральних утворень у них як закономірної й важливої аутигенної складової осадових порід, а також конкрецій як цінних корисних копалин (руди Fe, Al, Mn, P, Sn та ін.). Запропоновано таку класифікацію мінеральних утворень: 1) алотигенні (теригенний матеріал, органічні рештки); 2) аутигенні ранньодіагенетичні (головні та другорядні конкрецієутворювальні мінерали – карбонати, сульфіді, оксиди, силікати); 3) аутигенні пізньодіагенетичні (у септаріях, щілинах і порожнинах карбонатних конкрецій – сульфіді, оксиди, карбонати, сульфати, силікати); 4) аутигенні пізньодіагенетичні (конкрецієутворювальні мінерали в кременистих і карбонатних конкреціях – оксиди, карбонати); 5) аутигенні катагенетичні/епігенетичні (по щілинах, які перерізають конкреції та вмінні породи – сульфіді, карбонати, силікати); 6) аутигенні, пов’язані з процесами звітрювання (самородна сірка, гідроксиди, сульфати, карбонати).

Петро Заріцький був одним із перших в Україні, хто звернув увагу на важливість літології як галузі геологічних знань, що вивчає речовинний склад і умови утворення осадових порід, походження й закономірності розміщення пов’язаних з ними корисних копалин. Він став ініціатором підготовки фахівців-літологів – за його ініціативи в Хар-

ківському університеті 1987 р. відкрито спеціальність “літологія”, а 1991 р. вийшов його навчальний посібник “Геохимия литогенеза и основы конкреционного анализа”. Наприкінці 2002 р. учений прочитав цикл лекцій з цього курсу для студентів, аспірантів і науковців геологічного факультету Московського державного університету. Петра Васильовича запрошували також читати лекції у Воронежському і Ростовському (Росія), Познанському (Польща), Пекінському, Нанкінському, Гуїлінському університетах, Тайюанському та Сіаньському гірничих інститутах (Китай).

Після відкриття 1995 р. екологічного відділення П. Заріцький розробив нові курси й підготував відповідні навчальні посібники – “Геохимия окружающей среды” (2002, 2007) та “Геохимия техногенеза” (2004). Крім того, він – автор навчальних посібників “Геохімічні методи пошуків родовищ корисних копалин” (2000) та “Осадкові геологічні формації” (2000).

Вагомим є внесок ученого в дослідження унікальних утворень – тонштейнів (глинистих прошарків у вугільних пластах) – у вугленосних відкладах Донецького (Україна) і Сілезького (Польща) басейнів та керівних валунів кристалічних порід у покладах вугільних шарів Донбасу. Петро Васильович зібрав і дослідив найбільшу в світі колекцію цих валунів – понад 200 штук. Результати досліджень викладені в піонерських публікаціях на сторінках вітчизняних і зарубіжних журналів: Валуну ортофіра в пласте угля m_3 Донецького басейна // Уч. зап. Харьк. ун-та. 1962. Т. 125; Так называемые тонштейны в угольных пластах Донбасса и их генезис // Докл. АН СССР. 1967. Т. 177. № 2; O przyczynach słyszczukowania wkładek kaolinitowych (tonstajnow) w pokładach węgla // Przegląd Geol. 1971. N 11; Каолинитовые прослои (тонштейны) в угольных пластах Донбасса как продукты переотложения древней коры выветривания // Кору выветривания и бокситовые месторождения. М., 1973; Эратические валуны в угольных пластах Донецького басейна // Докл. АН СССР. 1973. Т. 213. № 1; Межугольные каолинитовые прослои Донецького басейна // Литология и полезные ископаемые. 1977. № 6; Необычный тонштейн из пласта угля m_1 верхнего карбона Донецького басейна // Докл. АН УССР. Сер. Б. 1979. № 2 та ін.; їм присвячено доповіді на міжнародних конгресах: Intercoal Kaolinite layers (Kaolin-Kohlentonsteinen) of the Donetz Basin and their correlative importance // 6th Intern. Congress on Carboniferous Stratigraphy and Geology. Sheffield, U. K., 1967; A review of the study of Tonsteins in the Donetz Basin // 10th Intern. Congress on Carboniferous Stratigraphy and Geology, Madrid, Spain, 1985 та ін.

Заслугують на увагу патріотичні й науково важливі публікації П. Заріцького з історії науки: “Батьківщина алмазів – Харків” (газета “Харківський університет” за 2 лютого 1993 р.); “Експеримент з “алмазотворення” В. Н. Каразіна і К. Д. Хруцова та синтезу алмазу інших наших земляків” (Зап. Укр. мінерал. т-ва. 2006. Т. 3) та ін. У них дослідник відстоює пріоритет земляків-харків’ян у царині синтезу алмазу. Наведено стислий нарис історії дослідів з “алмазотворення”, які проводили засновник Харківського університету В. Каразін та уродженець Харкова проф. К. Хруцов (відповідно, на початку та наприкінці ХІХ ст.). Згадано про експерименти з синтезу алмазу земляками-сучасниками, серед яких В. Бакуль, Л. Верещагін та інші дослідники. Зокрема, під керівництвом В. Бакуля в УкрНДІ синтетичних надтвердих матеріалів та інструментів розроблено методику й налагоджено дослідно-промислове виробництво алмазів, а під керівництвом Л. Верещагіна (до війни працював у Харкові і сформувався як учений в Українському фізико-технологічному інституті) розроблено технологію синтезу алмазу в Інституті фізики високих тисків АН СРСР.

Активною була науково-організаційна і громадська діяльність проф. П. Заріцького. Він був членом спеціалізованих учених рад із захисту докторських і кандидатських дисертацій, членом оргкомітетів багатьох міжнародних і вітчизняних наукових форумів, узяв участь у понад 250 вітчизняних та 150 міжнародних конгресах, симпозиумах, конференціях і нарадах (СРСР, Польща, Чехословаччина, Франція, Велика Британія, США, Китай тощо), був членом редколегій таких періодичних видань, як “Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна”, “Мінералогічний збірник”, “Записки Українського мінералогічного товариства”, “Збірник праць ВАТ “УкрНДІ вогнетривів ім. А. С. Бережного” та ін. Багато років був членом експертних рад наук про Землю ВАК СРСР та ВАК України, членом наукової ради і головою Харківського відділення УМТ, членом бюро Північно-Східного наукового центру НАН і МОН України та головою наукової секції “Мінеральні ресурси регіону та їх раціональне використання” цього центру, членом бюро Міжвідомчого літологічного комітету АН СРСР і головою наукової секції “Конкреційний аналіз і проблеми діагенезу”, членом Літологічного і Метеоритного комітетів НАН України. У 1987 р. Петро Васильович став організатором відзначення 150-річчя кафедри мінералогії Харківського університету; до ювілею була приурочена виїзна сесія Українського мінералогічного товариства на тему “Історія мінералогічних досліджень в Україні”, матеріали якої опубліковано 1991 р.

Науково-педагогічні здобутки П. Заріцького високо оцінено вітчизняною і світовою геологічною громадськістю та на державному рівні. Він удостоєний таких почесних звань і нагород: заслужений діяч науки й техніки України; заслужений професор Харківського національного університету; почесний професор Пекінського університету та Сіаньського гірничого інституту (Китай); почесний член Мінералогічного товариства АН Польщі; лауреат нагороди Ярослава Мудрого АН вищої школи України; почесний член Українського мінералогічного товариства; відмінник освіти СРСР і України; медалі “За доблесну працю”, “За трудову доблесть”, “Ветеран праці”, “На відзначення 50- і 60-річчя Перемоги”; пам’ятна відзнака імені Л. І. Лутугіна “За заслуги в розвідці надр України” Державної геологічної служби України; пам’ятні медалі Польщі, Чехословаччини і Китаю.

Українська геологічна наука й освіта зазнали великої втрати. Петро Васильович Заріцький відрізнявся винятковою працездатністю, високим професіоналізмом, скромністю і доброзичливістю. Він був людиною високої порядності й чесності як у науці, так і в житті. Світла пам’ять про нього назавжди залишиться в серцях його рідних, учнів, колег і друзів.

О. Матковський, М. Павлунь, Є. Сливко

ЗМІСТ

<i>О. Матковський, І. Наумко, М. Павлунь</i> ТЕРМОБАРОГЕОХІМІЧНА ШКОЛА ПРОФЕСОРА МИКОЛИ ЄРМАКОВА ТА ЇЇ ВНЕСОК У РОЗВИТОК ГЕНЕТИЧНОЇ МІНЕРАЛОГІЇ Й УЧЕННЯ ПРО РОДОВИЩА КОРИСНИХ КОПАЛИН.....	3
<i>Б. Манчур, Н. Білик, С. Бекеша</i> ОСОБЛИВОСТІ КОРИ ЗВІТРЮВАННЯ КІМБЕРЛІТОВОЇ ТРУБКИ ОЧИНЖАУ (ПІВДЕННО-ЗАХІДНА АНГОЛА).....	38
<i>Н. Зинчук</i> ВЕЩЕСТВЕННЫЕ КРИТЕРИИ АЛМАЗОНОСНОСТИ КИМБЕРЛИТОВ.....	50
<i>Ye. Slyuko, N. Razumieieva</i> FRACTIONAL STRUCTURE AND MINERALOGICAL FEATURES OF PSEPHYTIC DEPOSITS – POTENTIAL RESERVOIRS OF DIAMOND IN THE NORTH-WESTERN PART OF THE UKRAINIAN SHIELD. Part 1. PRYPIATSKA AREA.....	66
<i>М. Ковальчук, Ю. Крошко</i> РОЗСИПНА ЗОЛОТОНОСНІСТЬ АПТ-НИЖНЬОАЛЬБЬСЬКИХ КОНТИНЕНТАЛЬНИХ ФЛЮВІАЛЬНИХ ВІДКЛАДІВ ВЕРХНЬОЇ ПАЛЕОТЕЧІЇ КАНІВ-ЗВЕНИГОРОДСЬКОЇ ПАЛЕОДОЛИНИ (ЦЕНТРАЛЬНА ЧАСТИНА УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА).....	74
<i>П. Білоніжска, Ю. Дацюк, С. Бекеша</i> МАГНЕТИТ ТА ІЛЬМЕНІТ ІЗ ЗОНИ ПІДВОДНОГО РОЗМИВАННЯ КАРБОНАТНОГО ПІСКОВИКУ ВЕРХНЬОГО АЛЬБУ В МЕЖИРІЧЧІ БОДРАКА Й КАЧІ (ГІРСЬКИЙ КРИМ).....	82
ДИСКУСІЇ, КРИТИКА, БІБЛІОГРАФІЯ	
<i>Г. Кульчицька, О. Матковський, В. Павлишин, Д. Черниш</i> ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ПРАВОПИСУ УКРАЇНСЬКИХ СИНОНІМІВ ЛАТИНОПИСНИХ НАЗВ МІНЕРАЛІВ.....	90
<i>М. Братусь</i> ЕНЦИКЛОПЕДІЯ СИЛКАТНИХ МІНЕРАЛІВ І ПРОЦЕСІВ МІНЕРАЛОУТВОРЕННЯ В УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТАХ. Рецензія на книги “Мінерали Українських Карпат. Силікати” (2011) та “Мінерали Українських Карпат. Процеси мінералоутворення” (2014).....	101
ХРОНІКА	
ГАННА ОЛЕКСАНДРІВНА КУЛЬЧИЦЬКА (ДО 70-РІЧЧЯ ВІД ДНЯ НАРОДЖЕННЯ).....	108

ВТРАТИ НАУКИ

ПЕТРО ВАСИЛЬОВИЧ ЗАРІЦЬКИЙ

112

CONTENTS

<i>O. Matkovskiy, I. Naumko, M. Pavlun</i> PROFESSOR MYKOLA YERMAKOV THERMOBAROGEOCHEMICAL SCHOOL AND ITS CONTRIBUTION TO THE DEVELOPMENT OF GENETIC MINERALOGY AND THE THEORY OF MINERAL DEPOSITS....	3
<i>B. Manchur, N. Bilyk, S. Bekesha</i> FEATURES OF THE CRUST OF WEATHERING ON THE KIMBERLITE PIPE OTHINGAU (SOUTHWEST ANGOLA).....	38
<i>N. Zinchuk</i> MATTER CRITERIA OF DIAMOND-BEARING KIMBERLITES.....	50
<i>Є. Сливко, Н. Разумєєва</i> ФРАКЦІЙНА СТРУКТУРА І МІНЕРАЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ГРУБОУЛАМКОВИХ ВІДКЛАДІВ – МОЖЛИВИХ КОЛЕКТОРІВ АЛМАЗУ В ПІВНІЧНО-ЗАХІДНІЙ ЧАСТИНІ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА. Ч. 1. ПРИП'ЯТСЬКА ДІЛЯНКА.....	66
<i>M. Kovalchuk, Yu. Kroshko</i> PLACER GOLD CONTENT IN THE APTIAN–LOWER ALBIAN CONTINENTAL FLUVIAL DEPOSITS OF THE UPPER PALEOFLOW OF KANIV-ZVENYHORODSKA PALEOVALLEY (CENTRAL PART OF THE UKRAINIAN SHIELD).....	74
<i>P. Bilonizhka, Yu. Datsyuk, S. Bekesha</i> MAGNETITE AND ILMENITE FROM THE ZONE OF UNDERWATER EROSION OF THE UPPER ALBIAN CARBONACEOUS SANDSTONE IN THE INTERFLUVE BODRAK–KACHA (MOUNTAIN CRIMEA).....	82
DISCUSSION, CRITIQUE AND BIBLIOGRAPHY	
<i>H. Kulchytska, O. Matkovskiy, V. Pavlyshyn, D. Chernysh</i> THE SUGGESTIONS FOR UKRAINIAN SYNONYMS SPELLING OF LATINIZED MINERALS NAMES.....	90
<i>M. Bratus</i> ENCYCLOPEDIA OF SILICATE MINERALS AND PROCESSES OF MINERAL FORMATION IN THE UKRAINIAN CARPATHIANS. Review on the books “Minerals of the Ukrainian Carpathians. Silicates” (2011) and “Minerals of the Ukrainian Carpathians. Processes of Mineral Formation” (2014).....	101
CHRONICLE	
HANNA OLEKSANDRIVNA KULCHYTSKA (TO 70 YEARS FROM THE BIRTHDAY).....	108

LOSSES OF SCIENCE

PETRO VASYLOVYCH ZARITSKYI

112