ISSN 2078-6220

МІНЕРАЛОГІЧНИЙ ЗБІРНИК

№ 68

Випуск 1

2018

MINERALOGICAL COLLECTION

МІНЕРАЛОГІЧНИЙ ЗБІРНИК

N 68

№ 68

Issue 1

Випуск 1

Published since 1947

Виходить з 1947 р.

Ivan Franko
National University of Lviv

Львівський національний
університет імені Івана Франка

2018

Засновник: ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ФРАНКА

Друкується за ухвалою Вченої Ради
Львівського національного університету
імені Івана Франка.
Протокол № 51/6 від 27 червня 2018 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, головно, матеріали XI наукових читань імені академіка Євгена Лазаренка.

Materials of the academician Yevhen Lazarenko Eleventh Scientific Readings are published.

Редакційна колегія:

д-р геол.-мін. наук, проф. *Орест Матковський* (головний редактор), д-р геол. наук, проф. *Микола Павлунь* (заступник головного редактора), канд. геол.-мін. наук, доц. *Євгенія Сливко* (відповідальний секретар), канд. геол.-мін. наук, доц. *Сергій Бекеша*, канд. геол.-мін. наук, доц. *Петро Біло-ніжка*, д-р геол.-мін. наук, проф. *Василь Гулій*, д-р геол.-мін. наук, проф. *Валерій Євтєхов*, д-р природничих наук, доц. *Станіслав Єлєнь* (Словаччина), д-р геол. наук, проф. *Федір Зузук*, д-р геол.-мін. наук, проф. *Віктор Квасниця*, д-р геол. наук, проф. *Мирон Ковальчук*, д-р геол. наук, ст. наук. співроб. *Юрій Колтун*, д-р геол. наук, проф. *Віктор Мельничук*, д-р геол. наук, ст. наук. співроб. *Ігор Наумко*, д-р геол.-мін. наук, проф. *Володимир Павлишин*, габілітований д-р, проф. *Ярослав Пршек* (Польща), канд. геол.-мін. наук, доц. *Леонід Скакун*, д-р геології, проф. *Холлі Стейн* (США), д-р геол. наук, доц. *Юрій Федоришин*, д-р геол. наук, проф. *Олександр Чепіжко*, д-р геол.-мін. наук, ст. наук. співроб. *Герман Яценко*.

Editorial Board:

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

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

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

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

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

Редактор О. КУЗИК Технічний редактор С. СЕНИК Комп'ютерна верстка Є. СЛИВКО

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

Формат 70×100/16.
Умовн. друк. арк. 13,0.
Тираж 100 прим.

© Львівський національний університет
імені Івана Франка, 2018

MINERALOGICAL COLLECTION
2018. N 68, Is. 1. P. 3–23
ISSN 2078-6220

МІНЕРАЛОГІЧНИЙ ЗБІРНИК
2018. № 68, вип. 1. С. 3–23
ISSN 2078-6220

УДК [55:001.89/061.6]:549(477)

Орест Матковський[1], **Володимир Павлишин**[2]

[1]*Львівський національний університет імені Івана Франка,*
вул. Грушевського, 4, Львів, Україна, 79005,
mineral@franko.lviv.ua
[2]*Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка НАНУ,*
просп. акад. Палладіна, 34, Київ, Україна, 03680,
pavlishyn@gmail.com

РОЛЬ ГЕОЛОГІЧНОЇ СЛУЖБИ УКРАЇНИ В РОЗВИТКУ МІНЕРАЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ (ДО 100-РІЧЧЯ ЗАСНУВАННЯ УКРАЇНСЬКОГО ГЕОЛОГІЧНОГО КОМІТЕТУ)

Стисло проаналізовано роль у розвитку мінералогії геологічної служби України за 100-літній період її діяльності. Зазначено про важливість створення УГК і його видання "Вісник Українського геологічного комітету" та внесок у перші десятиліття в розвиток мінералогії його засновників і перших діячів В. Лучицького, В. Чирвінського, М. Безбородька, І. Гінзбурга та багатьох інших дослідників того часу. Активізація мінералогічних досліджень в Україні розпочалася в післявоєнні роки, особливо у другій половині XX ст. Одним із основних чинників такої активізації слугувала широкомасштабна діяльність виробничої геологічної служби України, що супроводжувалось відкриттям низки родовищ корисних копалин та виявленням основного першоджерела мінералогічної інформації, а також створення двох науково-дослідних інститутів – УкрДГРІ та ІМР. Уже в перші десятиліття роботи налагоджено тісну співпрацю геологічної служби з науковими установами академії наук та вищих навчальних закладів України щодо спільних досліджень і публікацій, проведення нарад з різних проблем науки й виробництва. Стисло висвітлено найвагоміші здобутки представників геологічної служби в мінералогічних дослідженнях України, що пов'язані, головно, з науково-дослідними інститутами та окремими персоналіями, які згодом стали відомими науковцями й педагогами (О. Бобров, Л. Галецький, Д. Гурський, Е. Лазаренко, В. Мельничук, С. Нечаєв, Ю. Полканов). Їхні праці опубліковано в наукових журналах Геологічної служби "Мінеральні ресурси України" та "Збірник наукових праць УкрДГРІ ".

Ключові слова: Український геологічний комітет, геологічна служба України, Український державний геологорозвідувальний інститут, Інститут мінеральних ресурсів.

На початку 2018 р. минуло 100 років з часу заснування Українського геологічного комітету (УГК). Він створений за аналогією з Геологічним комітетом Російської імперії (виник 1882 р. у Петербурзі), до якої входила значна частина території України. Цим комітетом започатковано геологічну службу України, яка за десятиліття виросла в розгалужену систему наукових і виробничих установ та організацій, що на всіх етапах

© Матковський Орест, Павлишин Володимир, 2018

вирішували складні завдання з вивчення надр, розвитку геологічної науки і забезпечення господарства країни різноманітною мінеральною сировиною.

Геологічна служба України відіграє провідну роль у розвитку не тільки геологічних, а й мінералогічних досліджень. Адже першоджерелом для мінералогічних досліджень слугують, передусім, матеріали, відкриті в надрах Землі під час геолого-знімальних, розшукових, розвідувальних і експлуатаційних робіт підрозділами виробничої геологічної служби. Крім того, виконання цих робіт супроводжується мінералогічними, геохімічними та петрографічними дослідженнями. Мабуть, можна стверджувати, що активна діяльність виробничої геологічної служби є чи не найголовнішим чинником у розвитку, перш за все, регіонально-мінералогічних досліджень та й мінералогії загалом.

Вікова історія геологічної служби України, її багатогранна діяльність та величезний внесок у вивчення надр і розвиток мінерально-сировинної бази країни висвітлені у публікаціях Д. Макаренка "Геологічній службі України – 80" [6] і С. Бишака "Як створювалася професійна геологічна служба України" [1] та у двох довідкових ювілейних виданнях: "Геологічній службі України – 80 років: збірник статей" [2] і "Геологічній службі – 100 років. Ювілейний довідник" [3]. У другій книзі, крім привітань президента України Петра Порошенка, голови Державної служби геології та надр України Олега Кирилюка та передмови головного редактора Сергія Гошовського, є п'ять розділів: 1. Історія надрокористування та геологічної служби в Україні; 2. Структура та основні функції Державної служби геології та надр України; 3. Створення мінерально-сировинної бази України – результат вікової діяльності; 4. Державні геологічні підприємства; 5. Геологічні пам'ятки – національне надбання України. Серед державних геологічних підприємств, які сформувалися на базі геологічних експедицій, трестів, об'єднань тощо, схарактеризовано діяльність таких: Державне підприємство "Українська геологічна компанія" (ДПУГК); Казенне підприємство "Кіровгеологія" (КП "Кіровгеологія"); Казенне підприємство "Південьукргеологія" (КП "Південьукргеологія"); Державне регіональне геологічне підприємство "Донецькгеологія" (ДРГП "Донецькгеологія"); Східне державне геологічне підприємство (СхідДРГП); Державне регіональне геологічне підприємство "Причорноморське" ("ПричорномордРГП"); Державне геофізичне підприємство "Укргеофізика" (ДГП "Укргеофізика"); Публічне акціонерне товариство "Національна акціонерна компанія "Надра України" (НАК "Надра України"); Український державний геологорозвідувальний інститут (УкрДГРІ); Державне науково-виробниче підприємство "Державний інформаційний геологічний фонд України" (ДНВП "Геоінформ України"); Державне геологічне підприємство "Державна комісія з експертизи геологічних проектів та кошторисів" (ДГП "Геоекспертиза"); Державна комісія України з запасів корисних копалин (ДКЗ).

Ідея заснування УГК зародилася в Київському університеті св. Володимира. Основним ініціатором був проф. В. Лучицький (його підтримували професори В. Чирвінський і Б. Лічков), який на початку 1917 р. очолив відділ сировини Комітету військово-технічної допомоги фронту Першої світової війни, організований з ініціативи О. Ферсмана. В. Лучицький підготував доповідну записку "До питання про створення Українського геологічного Комітету в Києві", у якій обґрунтував наукову і практичну доцільність такої установи, навів проект статуту Комітету УГК. За його основу було взято статут Петроградського геологічного комітету з деякими новаціями й важливим положенням про те, що Комітет координуватиме й об'єднуватиме всі геологічні роботи, які проводитимуть в Україні. На жаль, не всі доповнення ввійшли до статуту, проте їх враховували в роботі Комітету.

Першого лютого 1918 р. уряд України затвердив статут і штат УГК та офіційно започаткував історію геологічної служби України, яка зазнавала досить частої реорганізації. Зокрема, уже 1922 р. УГК став Українським відділенням геологічного Комітету (УВГК). До першого складу УГК увійшли: В. Лучицький (голова) і геологи Г. Буренін, Б. Лічков, В. Мокрицький та В. Різниченко. Улітку 1918 р. до його складу введені І. Гінзбург, М. Безбородько, К. Тимофєєв, В. Чирвінський, Ф. Швець та М. Архангельська. З кінця 1918 р. трудову діяльність в УГК почала М. Ожегова, яка працювала в ньому понад 40 років [2]. Восени того ж року запрацювала Вчена рада, до якої ввійшли, крім директора, штатних і позаштатних геологів, професори вищих навчальних закладів України П. Армашевський, В. Дубянський (університет св. Володимира), М. Лебедєв, Л. Іванов (Катеринославський гірничий інститут), В. Ласкарєв і М. Сидоренко (Одеський університет), С. Попов (Новоолександрівський інститут у Харкові), П. П'ятницький і Д. Соболєв (Харківський університет), а згодом академіки В. Вернадський і П. Тутковський.

Діяльність Комітету в перший рік була, здебільшого, лабораторно-кабінетною: збирання і систематизація всіх матеріалів з геології, напрацьованих до того часу, зокрема, складання геологічної карти й карти корисних копалин, каталогізація всіх свердловин, геохімічних та інших лабораторних аналізів гірських порід і руд, місцезнаходження цілющих джерел, озер і грязей, даних установ, фабрик, рудників, кар'єрів тощо. З 1919 р. Комітет започаткував свій друкований орган "Вісник Українського геологічного комітету", у якому друкували і перші праці з мінералогії України.

У тяжкі роки громадянської війни УГК відправив на польові роботи десять партій за кошти управління Південьзахідпромрозвідка. В. Різниченко вивчав жорнові пісковики, В. Лучицький і Р. Палій почали геологічне знімання і розшуки літографічного каменю, а О. Косовський – залізо-манґанових руд; І. Гінзбург та Р. Палій досліджували родовища гіпсу на Поділлі, О. Зленко – графіт Побужжя, М. Безбородько – будівельні матеріали, Р. Виржиківський – фосфорити.

Після реорганізації 1922 р. до УВГК приєднали Південьзахідпромрозвідку та дещо змінили його склад.

Співробітники Комітету виконували польові й камеральні роботи в усіх регіонах України. Зокрема, В. Мокринський розвідував родовища каолінів у Київському й Подільському повітах, Р. Виржиківський – фосфоритові родовища Могилівського повіту на Поділлі; Б. Лічков займався картуванням Звенигородського повіту; Р. Палій вивчав фосфорити в Ізюмському районі. У камеральний період В. Лучицький опрацьовував матеріал з гідрогеології України та петрографії Українського щита, В. Дубянський – з петрографії й мінералогії пегматитів Волині.

УВГК стало однією з перших установ в Україні, яка напрацювала п'ятирічний план розвитку регіонально-геологічних досліджень на 1924–1929 рр., що мав стратегічне значення. У ньому ключовою була ідея про перехід в Україні до знімань детальнішого масштабу. Серед найближчих завдань передбачалося вивчення родовищ фосфоритів і каолінів, які мали виняткове значення для відродження в Україні фосфоритової, фосфорової та паперової промисловості.

Перші десять років УГК очолювали видатні вчені – В. Лучицький (1918–1924), Б. Лічков (1924–1926), В. Різниченко (1924–1928). За цей період Геологічна служба України, крім вирішення власне виробничих завдань, досягла і значних наукових результатів, про які 12 березня 1928 р. доповіли В. Чирвінський ("Про наукові досягнення Українського відділення геологічного Комітету в галузі регіональної геології за 10 років

його існування") та М. Безбородько ("Українська кристалічна смуга і корисні копалини України"). В 11-му ювілейному випуску "Вісника Українського відділення геологічного комітету" за 1928 р. уміщена досить ґрунтовна стаття (без авторства) про заснування та діяльність УГК протягом перших десяти років [1].

З перших кроків діяльності Укргеолком працював у тісному взаємозв'язку з науковцями заснованої у другій половині 1918 р. Української академії наук (УАН), першим президентом якої став наш співвітчизник акад. В. Вернадський, та вищих навчальних закладів України. Незважаючи на обмежене фінансування й економічні труднощі, співробітники УГК за десятиліття заклали основи систематичного вивчення найголовніших корисних копалин, уперше склали геологічну карту й карту корисних копалин України, досягли певних успіхів у розшуках родовищ бурого вугілля, каолінів, фосфоритів, манґанових і залізних руд, графіту тощо. Як уже зазначено, 1919 р. Комітет започаткував видання "Вісника", публікував путівники геологічних екскурсій та інші матеріали. Зокрема, у 1923–1924 рр. видано збірник про корисні копалини, куди ввійшли такі розділи: 1. Вугілля України (Б. Лічков); 2. Графіти України (В. Чирвінський); 3. Каолінові родовища Подолії (А. Зеленко); 4. Залізна руда Волині (С. Коклик); 5. Нікопольське родовище марганцю (М. Чорногорова); 6. Ртуть України (М. Ожегова).

Геологи УВГК брали активну участь в організації й роботі Першого з'їзду з дослідження виробничих сил народного господарства України (27.12.1924–03.01.1925), та Другого Всесоюзного з'їзду геологів, що проходив у жовтні 1926 р. в Києві [2]. На першому з'їзді зроблено 12 наукових доповідей, серед яких В. Лучицький представив доповіді "Про організацію геологічних досліджень на Україні", "Рудні і нерудні багатства України", "Кристалічні породи України" та ін. До Всесоюзного з'їзду геологів підготовлено путівники екскурсій: В. Резниченко. "В горах и кручах Каневских дислокаций"; Р. Виржиковский. "Геологический путеводитель по Западной Подолии"; В. Чирвинский. "Путеводитель по Киеву"; П. Тутковский. "Путеводитель экскурсий по Волыни"; М. Безбородько. "Кристаллические породы Винницы и Подолии", а також виголошено доповіді про геологічну будову Українського щита (УЩ), його петрографію і геохімію, генезис залізорудних родовищ та ін.

У другому десятилітті УГК систематично реорганізовували [2, 3]. У 1929 р. УВГК перейменовано в Українське районне геологорозвідувальне управління (УРГРУ), яке 1931 р. реорганізовано в Український геологорозвідувальний трест (УГРТ), перейменований 1933 р. в Український геологічний трест (УГТ), а 1938 р. перетворено в Геологічне управління (ГУ), яке 1941 р. стало Українським геологічним управлінням (УГУ).

У той час геологічні дослідження з розшуків і розвідки корисних копалин України ґрунтувалися на копітких наукових дослідженнях, підкріплювалися ними; наукова думка і практичне вирішення геологічних завдань були об'єднані в одне ціле, доповнювали одне одного. Тіснішала співпраця з новоствореним (1926) Інститутом геологічних наук (ІГН) АН УРСР та вищими навчальними закладами України. У складі УРГРУ було багато польових партій, які займалися розшуками і розвідкою нерудної сировини (гіпс, будівельні матеріали, вапняки, доломіти, фосфорити, графіт та ін.), бурого вугілля, поліметалів. Основним завданням УГТ стала комплексна розвідка поліметалевих руд Нагольного кряжа, а також розшукові роботи на рідкісні й малі метали в бурому вугіллі, горючих сланцях, залізних і манганових рудах та каолінах, розшуки супроводжувалися шліховим випробуванням [2].

Досить значним є внесок у розвиток мінералогії в перші десятиліття XX ст. деяких представників геологічної служби України, зокрема, В. Лучицького, В. Чирвінського,

М. Безбородька, І. Гінзбурга та багатьох інших. Їхні численні публікації вміщено у виданнях Геолкому і, зокрема, у "Віснику Українського відділу геологічного Комітету".

Мінералогічні дослідження *В. Лучицького* тісно пов'язані з петрографічними, які серед його наукової спадщини мають головне значення. Особливо це стосується петрографії докембрію Українського щита, яка висвітлена в монографіях "К вопросу о происхождении гранитов юга России" (1910), "Рапакиви Киевской губернии и породы, его сопровождающие" (1912). Згодом опубліковано монографії "Петрография Украины" (1934, співавтор П. Лебедєв) і "Петрография Крыма" (1939). У 1945–1950 рр. В. Лучицький очолював кафедру петрографії в Київському університеті. Він – автор двох видань підручника з петрографії. Йому належать мінералогічний аналіз третинних пісковиків району Коростишева й овруцьких пісковиків (Житомирщина) та дослідження каолінових родовищ України.

Учений і педагог *В. Чирвінський* належить до відомих мінералогів і петрографів. З 1911 по 1916 рр. він викладав геолого-мінералогічні дисципліни в Київському політехнічному інституті (КПІ), а 1916 р. очолив у ньому кафедру мінералогії й геології, на якій працював до кінця життя (водночас працював і в інших установах). Досить значним є науковий мінералогічний доробок ученого. Розпочаті ним ще в студентські роки дослідження фосфоритів завершилися відкриттям нових мінералів – подоліту (1913) і курськіту (1919). У магістерській дисертації (1916) В. Чирвінський докладно висвітлив мінералогію льодовикових відкладів Південно-Східної Росії. Піонерською є його праця "Химический состав колонны осадочных пород г. Киева" (1917), він виконав прогнозну оцінку манґанових руд, розширив дослідження фосфоритів України, вивчав псевдоморфози гіпсу по белемнітах (кальцит) у Київській губернії.

Петрографічні дослідження належать, головно, *М. Безбородьку* – відомому дослідникові УЩ. Наприкінці 1920–на початку 1930-х років він уперше з'ясував важливу роль ін'єкційного і контактового метаморфізму та асиміляції гранітними магмами давніх осадових порід під час утворення гнейсів і мігматитів подільського чарнокіт-норитового комплексу. Учений склав першу петрогенетичну карту УЩ і написав монографію "Петрогенезис та петрогенетична карта кристалічної смуги України" (1935). Він досліджував головні типи родовищ польових шпатів Волині (1928) і всієї кристалічної смуги України (1929), гранатові мігматити Поділля (1928). З 1933 по 1937 рр. М. Безбородько очолював кафедру петрографії й корисних копалин Київського університету, опублікував підручник "Вивчення мінералів під мікроскопом (1937). Однак 1937 р. учений був репресований і страчений як "ворог народу".

І. Гінзбург у цей час публікував праці, присвячені каоліну й генезису глин України (1926), кварцовим скляним пескам та їхньому використанню в скляній промисловості (1928), плавиковому шпату із західних окраїн Донбасу (1928), нікель-кобальтовим вадам з третинних відкладів Донбасу (1936). Перші чотири статті опубліковані у Віснику Геолкому. Науковець заклав основи вчення про кори звітрювання на підставі детальних мінералогічних досліджень продуктів звітрювання гранітоїдів. Найбільшу увагу приділив каолінам, серед яких виділив первинні та вторинні різновиди, що пов'язано з певними особливостями палеоклімату в давні геологічні епохи.

Важливими є публікації *Р. Виржиківського*, які стосуються родовищ фосфоритів, гіпсу, целестину, кременів, цементної сировини України (1919–1930), йому належать доповнення до монографії В. Малишевої "Глауконит и глауконитовые породы Европейской части СССР" (1930).

У цей час розпочалися досить планомірні дослідження Геолкому під керівництвом *М. Світальського* у Криворізькому залізорудному басейні, які супроводжувалися вивченням основних мінералів у зв'язку з петрографічною характеристикою порід і руд. Результати висвітлені в колективній монографії "Железорудные месторождения Кривого Рога" (Свитальский, Половинкина, Дубяга и др., 1932), у якій досить детально розглянуто мартитові роговики і джеспіліти, залізнослюдкові джеспіліти й роговики, залізисті роговики з великими кристалами мартиту, залізисті роговики з сидеритом. У підготовці цієї монографії активну участь брав Е. Фукс – відомий дослідник Кривбасу, відкривач і перший розвідник багатих родовищ залізних руд у Саксаганському районі, перший викладач геологічних дисциплін Криворізького вечірнього робочого гірничого технікуму, від якого бере початок Криворізький гірничорудний інститут. У Криворізькому інституті 1930 р. відкрито кафедру геології, яку очолив Е. Фукс, на жаль, ненадовго, з огляду на арешт (Есина Н. А. "Фукс Эдуард Карлович (1872–1938), Свитальский Николай Игнатьевич (1884–1937)". Кривой Рог, 2014). М. Світальському належать також публікації на сторінках "Вісника геологічного комітету" про егірин з району р. Жовта (1927) і сидерит у рудах Кривого Рогу (1928).

З 1928 р. почалися систематичні публікації з мінералогії Кривбасу *Ю. Гершойга*. Вони стосувалися жильних каолінових порід (1928), алуніту (1930), мінералогії і текстурно-структурних ознак залізистих роговиків (1930) і багатих руд (1932), піротину (1934), оолітової структури магнетиту (1936), деталізації стратиграфічної схеми Криворіжжя (1937), галуазиту і його парагенезису (1938), гідротермальних жил Кривбасу (1940) тощо. Серед публікацій особливе місце посідає стаття, присвячена складу, утворенню і класифікації залізорудних покладів Кривого Рогу. У ній для основних чотирьох різновидів залізистих роговиків і джеспілітів уперше описано типові структури на підставі детальної мінералогічної характеристики. Наведено також мінералогічний опис 20 різновидів багатих залізних руд – магнетитових, магнетит-хлоритових, роговообманкових, силікатних (з урахуванням глинистих мінералів і хлориту), кварцових, магнетит-польовошпатових, магнетит-силікатно-карбонатних, магнетит-залізнослюдкових, магнетит-мартитових, мартитових, мартит-залізнослюдкових, червонозалізнякових, червонозалізняково-глинистих (фарбових), червонозалізняково-глинисто-мартитових, лімонітових, лімоніт-магнетитових, лімоніт-мартитових, лімоніт-силікатних, лімоніт-кварцових, сидеритових. Схарактеризовано мінеральний склад різних типів руд окремих родовищ, у яких визначено 38 мінералів.

У Донбасі дослідження Геолкому стосувалися, головно, геології. Власне мінералогічні дослідження мали другорядне значення, вивчали тільки особливості будови вугленосної товщі й умови її утворення (М. Левенштейн, М. Логвиненко). У 1930-х роках ці дослідження дещо поглибили, зокрема, стосовно рудних і нерудних корисних копалин. У 1935–1937 рр. наукові співробітники Геолкому під керівництвом *Є. Захарова* за участю геологів Микитівського ртутного комбінату виконали роботу з детального вивчення Микитівського родовища. Підсумки цих досліджень опубліковані в монографії "Структура рудного поля: минералогический состав и генезис Никитовского месторождения в Донецком бассейне" (Захаров, Королев, 1940), у якій ртутне родовище зачислено до низькотемпературного, описано нові мінерали (бісмутин, сидероплезит, анкерит, скородит та ін.), визначено послідовність кристалізації мінералів, наведено припущення щодо перенесення ртуті у вигляді комплексної сполуки (сульфід натрію і сульфід важкого металу).

На початку XX ст. Всеукраїнське державне видавництво опублікувало оглядову працю гірничого інженера О. Панька "Минеральные ископаемые правобережной Украины" (Харьков–Катеринослав, 1922). Праця складена на підставі особистих гірничих розшуків у Дністерсько-Бузькому районі, авторських обстежень буровугільного району Олександрівського і Єлизаветградського повітів, а також матеріалів, одержаних автором у Геологічному комітеті України, Промрозвідці Південно-Західного краю, Укрторфі, та літературних джерел. У праці наведено досить стислі, однак дуже важливі й різноманітні дані (місця поширення, умови залягання, склад, деякі властивості, запаси, розвідувальні роботи тощо) про родовища графіту, фосфоритів, манганових руд, жорнового літографічного, точильного каміння, вапняків і мергелів, бурштину, польового шпату, гіпсу, мінеральних фарб, торфу, нафти в межах Волинської, Кам'янець-Подільської, Київської, Миколаївської, Одеської і Подільської губерній. В описі графіту зазначено, що його родовища розміщені в майже всіх названих вище губерніях і головно по течії Південного Бугу. Для взірця графіту з урочища Сухий Яр наведено результати хімічного аналізу, виконаного лаборантом Катеринославського гірничого інституту при кафедрі аналітичної хімії А. Заньком у 1917 р.

Не можна не згадати, що в останнє передвоєнне десятиліття XX ст. геологічна наука і практика зазнала величезних невиправних утрат. У грізні 1935–1938 рр. – пік вакханалії сталінського режиму – незаконно репресовано сотні геологів Укргеолкому, наукових закладів та інших установ. Серед них Д. Бабієнко, М. Безбородько, П. Василенко, Р. Виржиківський, О. Галака, А. Гутт, Ю. Дубяга, І. Єфімов, К. Жуковський, О. Красовський, С. Коклик, І. Кудрявцев, В. Левитський, І. Лепікаш, Ф. Лисенко, П. Нечипоренко, Є. Оппоков, Р. Палій, М. Світальський, П. Симоненко, яких розстріляли або закатували в гулагівських катівнях. По 15–25 років виправно-трудових таборів одержали О. Милай, І. Мікей, І. Педан, І. Піддубник, Г. Савченко, І. Сагайдак. Не повернулися з таборів примусової праці й заслання С. Гембіцький, Я. Лепченко, Ф. Полонський, О. Цитович. Під час червоного терору в 1919 р. розстріляли П. Армашевського; 1936 р. після попереднього допиту покінчив з життям В. Крокос; 1938 р. під час допиту помер Е. Фукс; 1944 р. у таборах помер П. Двойченко. У публікаціях, присвячених геологічній службі України, зазначено: "Ми низько схиляємо голови перед репресованими співвітчизниками, які зробили вагомий внесок в дослідження мінеральних багатств рідної землі. Зберегти в історії вітчизняної геології їх імена – наш обов'язок" [2, 3].

Широкомасштабні мінералогічні дослідження в Україні розпочалися в післявоєнні роки, особливо в другій половині XX ст. В історії мінералогії України вони виділені (Павлишин, Матковський, 2016) у четвертий період під назвою "Всебічний розвиток мінералогії в Україні – золотий вік (1940–1990)". Одним з важливих чинників такого розвитку мінералогічних досліджень у той період слугувала широкомасштабна діяльність виробничої геологічної служби України, яка супроводжувалася відкриттям низки родовищ корисних копалин, у тім числі унікальних, та виявленням основного первинного джерела мінералогічної інформації. Внесок геологічної служби у розвиток мінералогії цього періоду, який проаналізуємо нижче, був беззаперечно великим, і її діяльність у цей час, очевидно, теж можна зачислити до золотого віку.

Уже в перші післявоєнні роки Укргеолуправління відбудовувало зруйноване війною господарство і продовжувало розшуки корисних копалин. У 1946 р. УГУ перейменовано в Українське державне геологічне управління (УДГУ), 1948 р. знову стало УГУ. У 50-х роках XX ст. геологорозвідувальна служба України зазнала корінної зміни [2, 3]. Рішенням Ради Міністрів УРСР від 22 липня 1957 р. утворено Головне управління гео-

логії й охорони надр (Головгеологія УРСР), основними підрозділами якого стали комплексні територіальні геологорозвідувальні трести. На початку 1965 р. Указом Президії Верховної Ради УРСР від 18 лютого 1965 р. Головгеологію УРСР реорганізовано в Міністерство геології УРСР. Під цією назвою геологічна служба існувала до 1988 р., тобто до часу, коли вона одержала нову назву – Головне координаційне геологічне управління (ГКГУ). Підрозділами ГКГУ стали виробничі геологічні об'єднання (ВГО) – Північукргеологія, Західукргеологія, Донбасгеологія, Південьукргеологія, Ворошиловградгеологія та інші організації, на базі яких сформувалася низка названих вище державних геологічних підприємств [3]. У геологічних експедиціях цих підрозділів виконували досить значні мінералого-петрографічні й геохімічні дослідження у зв'язку з геологічним картуванням, розшуками та розвідкою родовищ корисних копалин. Їхні результати висвітлені у виробничих звітах, які зберігаються в геологічних фондах.

Першого жовтня 1991 р. ГКГУ реорганізовано в Державний комітет України з геології і використання надр (Держкомгеології), який у наступні роки перетворювали на Комітет України з питань геології та використання надр (1999), Департамент геології та використання надр Міністерства екології та природних ресурсів України (2000), Державну геологічну службу – урядовий орган державного управління в складі Мінекоресурсів України (2001), Державну геологічну службу як урядовий орган державного управління у складі Міністерства охорони навколишнього природного середовища України (2005), нині – Державна служба геології та надр Міністерства екології та природних ресурсів України.

Серед найважливіших геолого-картувальних і розшукових результатів 1950–1960 рр. називають [2] відкриття таких родовищ: Малишівського (Самотканського) Ti-Zr руд (Є. Матвієнко, Г. Виноградов), флюоритового Бахтинського (Е. Жовінський), Черкаського бентонітових глин (О. Фурса), манґанового Великотокмацького (Ю. Бас), нікелевого Побузького (В. Рябенко, Г. Виноградов), а в 1970–1990 рр. [3] – понад 1 000 родовищ і проявів різноманітних корисних копалин, серед яких Шевченківське родовище літію, Гримнівське та Шевченківське – самородної сірки, Азовське й Анадольське – рідкісних земель, Давидківське – титан-апатитових руд, Козацьке та Макаринецьке – графіту, Північнополозьке – вогнетривких глин. Обґрунтовано нові райони для розшуків золота, урану, міді, апатиту, фосфоритів, рідкісних металів (О. Бабинін, В. Васильченко, В. Захарова, В. Кічурчак, М. Кушина, Я. Косовський, М. Приходько, О. Фалькович та ін.).

Загалом геологічною службою України за віковий період створено значний мінерально-сировинний потенціал, завдяки якому Україна ввійшла до числа провідних мінерально-сировинних держав. У її надрах виявлено понад 200 різновидів корисних копалин, відкрито майже 20 000 родовищ і проявів, з яких 7 667 родовищ 94 видів корисних копалин мають промислове значення [2, 3].

У геологічній службі України створено два науково-дослідні інститути – Український державний геологорозвідувальний інститут (УкрДГРІ) та Інститут мінеральних ресурсів (ІМР), діяльність яких висвітлена у спеціальних публікаціях: Український державний геологорозвідувальний інститут. 1957–1997 [3, 8]; Институт минеральных ресурсов – Крымское отделение УкрДГРИ – 50 лет [4]. У цей період налагоджено тісну співпрацю виробничої геологічної служби з науково-дослідними установами АН і вищими навчальними закладами України й за її межами, а також з науковими товариствами – Львівським геологічним та Українським мінералогічним (УМТ). Ця співпраця стосувалася спільних досліджень і публікацій, проведення науково-практичних нарад з різних проблем геологічної науки та виробництва.

У геологічній службі поряд з виробничою діяльністю проводили й наукові дослідження. Їх, зазвичай, виконували спеціальні тематичні підрозділи, також вони тісно пов'язані з виконанням госпдоговірних робіт науковими установами під час проведення геолого-знімальних, розшукових, геологорозвідувальних і експлуатаційних робіт.

У розвитку мінералогії важливу роль відіграли періодичні виїзні наукові сесії (наради) УМТ на об'єктах активної діяльності геологічного виробництва, пов'язаного з розшуками, розвідкою й експлуатацією різних видів мінеральної сировини, а також спільні науково-практичні конференції з проблем золотоносності, алмазоносності, рідкіснометалевого й іншого зруденіння надр України. У них активну участь брали геологи виробничих галузей. Серед цих нарад УМТ назвемо такі: "Мінералогія Донецького басейну" (Комунарськ, 1971); "Мінералогія Криворізького басейну" (Кривий Ріг, 1973); "Типоморфізм кварцу" (Володарськ-Волинський, 1974); "Проблеми екологічної мінералогії" (Берегово, 1989) та ін.

Стисло проаналізуємо найвагоміші здобутки представників геологічної служби у мінералогічних дослідженнях в Україні цього періоду. Вони пов'язані, головно, з науково-дослідними інститутами та окремими персоналіями виробничої геологічної служби, які згодом стали відомими науковцями й педагогами.

Розпочнемо з **Інституту мінеральних ресурсів**, при якому з 1959 р. досить активно працювало Кримське відділення УМТ. На жаль, існування Кримського відділення УкрДГРІ 2014 р. було припинено, а нині й увесь Крим анексований Російською Федерацією. У згаданій вище спеціальній публікації [4] досить детально проаналізовано різні аспекти досліджень інституту. Праця має вісім розділів, у яких розглянуто історію створення, кадри, профіль і головні підсумки діяльності в галузі прогнозування родовищ корисних копалин, збагачення й речовинного складу мінеральної сировини та продуктів її переробки, гідрогеології, інженерної геології, екології та техніки розвідки. Завершується збірник стислими відомостями про музей, бібліотеку, міжнародні зв'язки, наукові наради.

Інститут мінеральних ресурсів засновано 1956 р. на базі Кримського філіалу АН СРСР, з 1994 по 2000 рр. – це Український державний інститут мінеральних ресурсів, а з 2000 р. – Кримське відділення УкрДГРІ. Інститут мав головно мінералогічне, технологічне й прогнозно-розшукове спрямування. У статті Ю. Полканова і Є. Марченка "История минералогических исследований в Крыму", опублікованій на сторінках тематичного збірника "История минералогических исследований на Украине" [5], зазначено, що вже до 70-х років XX ст. інститут став великим науковим центром мінералогічних досліджень, був оснащений сучасним обладнанням (апаратура для рентгенографічних аналізів, ІЧ- та ЕПР-спектрографи, електронні мікроскопи тощо). Основні напрями робіт стосувалися прикладних (технологічних і прогнозно-розшукових) питань, генетичної мінералогії й удосконалення методів дослідження та розробки нових способів аналізу і розшуків корисних копалин. Початково основна тематика мінералогічних досліджень стосувалася тільки Криму, головну увагу приділяли залізним рудам, соляним озерам, магматичним породам. Перші підсумки робіт узагальнені в таких монографіях: "Минералогия железорудной формации Керченского бассейна" (Юрк, Шнюков, Лебедев, Кириченко, 1960), "Вулканизм Горного Крыма" (Лебединский, Макаров, 1962), "Минералогия, геохимия и условия формирования донных отложений Сиваша" (Стащук, Супрычев, Хитрая, 1964).

У 70-х роках XX ст. мінералоги ІМР розширили свої дослідження по інших регіонах України. З'явилися перші статті про турмалін УЩ (Юрк, Рябоконь, Шнюков, 1960),

бритоліт з кристалічних порід Східного Приазов'я (Юрк, Марченко, Гончарова, 1961), акцесорний чевкініт з докембрійських пневматолітово-метасоматичних утворень Приазов'я (Марченко, Гончарова, 1962), акцесорний тайніоліт і акцесорні мінерали стронцію з лужних порід Приазов'я (Еременко, Вальтер, 1963, 1967), муасаніт з третинних відкладів Приазов'я (Юрк, Кашкаров, Полканов и др., 1965), калієву селітру і першу знахідку гідротермального ангідриту в Україні (Супрычев, Шутов, 1966, 1967), гідротермальний апофіліт (Супрычев, 1968), бавеніт з гранітних пегматитів (Юрк, Гуров, Марченко, 1969), акцесорний ортит з гранітів і пегматитів (Юрк, Марченко, Чашка, 1970), першу знахідку томсоніту в Україні (Юрк, Гуров, Гурова, 1970), мінералогію Микитівського родовища (Большаков, Кирикилица, Пивоваров, Титушко, 1973), типоморфізм апатиту з карбонатитів (Марченко, Чашка, Сторчак и др., 1975), броценіт – першу знахідку в СРСР (Чашка, Марченко, Хвостова, Быкова, 1976).

Уже в той час *Ю. Полканов* та *І. Кашкаров* провели активні мінералого-технологічні дослідження титан-цирконієвих розсипищ. У 1963 р. на Самотканському Ti-Zr родовищі науковці виявили алмази. Подальшими дослідженнями відкрито нове геологічне явище – значне поширення алмазу в піщаних відкладах. Було розроблено технологію видобування й методи вивчення алмазів, оцінено їхні технологічні властивості й технічну якість, закладено засади розшукової і технологічної мінералогії дрібних алмазів. Одночасно Ю. Полканов і Г. Єрьоменко почали вивчати генезис незвичайних "сланцюватих" алмазів з Ti-Zr розсипищ; дослідники припускали імпактне походження таких алмазів і надіслали свій матеріал для вивчення до Всесоюзного інституту абразивів і шліфування (м. Ленінград) фахівцеві з рентгенографії алмазів М. Сохор. Результати цих досліджень опубліковані 1973 р. синхронно в трьох журналах під такими назвами: "Импактные алмазы в мелкозернистых россыпях Украины" (Ю. А. Полканов, Г. К. Еременко, М. И. Сохор. Докл. АН УССР, № 11); "Необычные сильно деформированные алмазы из мелкозернистых россыпей" (Ю. А. Полканов, М. И. Сохор, Г. К. Еременко. Зап. Всесоюз. минерал. об-ва, вып. 3); "Находка гексагональной полиморфной модификации лонсдейлита в россыпях" (М. И. Сохор, Ю. А. Полканов, Г. К. Еременко. Докл. АН СССР, № 4). Такою була історія відкриття в земних породах лонсдейлітових алмазів, що утворилися по графіту під дією потужних ударних хвиль (Вальтер, 2005). У той час космогенні мінерали виявлено в полтавських відкладах Конксько-Ялинської западини (Еременко, Полканов, Геворкян, 1974).

Піонерними вважають спектроскопічні дослідження (ЕПР і люмінесценція) імпактних алмазів (Полканов, Еременко, Шульман и др., 1972; Еременко, Полканов, Хренов и др., 1973). Дослідники довели їхній дуалістичний характер: з одного боку, простежено риси, притаманні ендогенним алмазам, з іншого, – специфічні риси, за якими імпактні алмази однозначно відрізняються від алмазів іншого походження.

У 1964–1974 рр. відділ алмазів і благородних металів в ІМР очолював *О. Бобрієвич*, під керівництвом якого сформувалась "алмазна" група (Г. Смирнов, М. Головко, О. Тарасюк) і розпочались широкомасштабні розшукові роботи, за основу яких узято метод піропового картування, що відіграв провідну роль у відкритті кімберлітових трубок у Якутії. Поряд зі шліховим випробуванням алювію проводили дрібномасштабне випробування крупнозернистих відкладів. Ці роботи виконували разом з виробничими геологічними організаціями. За їхніми результатами виявлено багато нових пунктів знахідок дрібних алмазів у басейнах рік Міус–Кримка, Дністер і Південний Буг та в їхньому межиріччі (балтська світа), на північному узбережжі Азовського моря й північно-західному – Чорного. Надзвичайно важливим було виявлення в розсипах дрібних алмазів

кімберлітового типу, а також численних проявів супутника алмазу – піропу, важливого індикатора кімберлітового магматизму. Сенсаційним стало визначення серед теригенних відкладів центральної частини Донбасу поряд з малохромистим піропом хромового піропу з вмістом Cr_2O_3 = 4,68–6,27 %, що є близьким до піропів з алмазоносних кімберлітів (Бобриевич, Головко, Дружинин и др., 1977).

Співробітники інституту з моменту його створення до 1990 р. брали активну участь у прогнозуванні, вивченні й оцінюванні промислових перспектив нових залізорудних родовищ УЩ (Криворізько-Кременчуцька та Одесько-Білоцерківська металогенічні зони, Приазов'я) та родовищ манґану Південноукраїнської манґанорудної провінції (Ю. Лебедєв, С. Кирикилиця, В. Плашудін, В. Пономарьов та ін.). На підставі детального вивчення мінералогії цих руд розроблено технологію збагачення родовищ манґану Південноукраїнської манґанорудної провінції. Проводили також дослідження мінералого-петрографічних особливостей бокситів південно-західного схилу УЩ, визначено розшуково-оцінні ознаки бокситопроявів і дано негативну оцінку бокситоносності Криму (Т. Добровольська, З. Сафонова).

У 70–80 роках XX ст. опубліковано узагальнені праці по окремих регіонах, мінералах і групах мінералів. Серед них такі монографії: "Рудоносность Азово-Черноморского киммерийского бассейна" (Юрк, Лебедев, Кириченко, 1970), "Алуниты Закарпатья" (Лейе, Клитченко, Авгитов и др., 1971), "Особенности минералогии фтора Украинского кристаллического щита" (Юрк, Гуров, 1973), "Алмазы песчаных отложений Украины" (Юрк, Кашкаров, Полканов и др., 1973), "Акцессорные минералы и элементы гранитоидов докембрия Приазовья" (Юрк, Марченко, Чашка, 1973), "Минералогия титано-циркониевых россыпей Украины" (Цымбал, Полканов, 1975). Результати досліджень з алмазної тематики узагальнені в колективних монографічних працях, опублікованих за редакцією М. Семененка: "Рифейский вулканизм и металлоносность западной части Украинского щита" (1968), "Алмазоносность юго-западной окраины Русской платформы" (1970), "Алмазоносность терригенных образований балтской свиты Украины" (1973).

У Закарпатті, крім досить ґрунтовного мінералогічного вивчення алунітових руд, висвітлених у названій вище монографії, проведено мінералогічні дослідження цеолітовмісних порід (Юрк, Супрычев, 1973) і бентонітових глин (Лебединский, Кириченко, Левитский, 1975), вивчено генезис і кристалохімічні особливості монтморилоніту й каолініту Вигорлат-Гутинської смуги (Лебединский, Тарасенко, 1974, 1976). Стійким мінеральним асоціаціям у метасоматитах Берегова присвячена стаття "Устойчивые минеральные ассоциации Береговского рудного поля" (Фиала, Кириченко, 1987), у якій виділено і схарактеризовано дві фації пропілітів, три фації фельдшпатолітових порід, аргілізитову фацію і дві фації вторинних кварцитів з характерними для кожної з них парагенетичними мінеральними асоціаціями. За рекомендацією В. Лебединського та Л. Кириченка у межах Вишівського рудного поля відкрито єдине в Україні Киштинське родовище лужних бентонітів.

У той час з'явилися публікації про апатит і апатитоносну провінцію лужних порід та карбонатитів України (Кирикилица, Марченко, Еременко и др., 1977, 1980, 1984), типоморфізм апатиту і розподіл малих елементів у багатих залізних рудах Кривбасу (Лебедев, Епатко, Скворцов и др., 1984), фосфоритоносність пограничних відкладів крейди й палеогену Криму (Кирикилица, Марченко, Васенко, 1979), про першу знахідку дисилікованих пегматитів і апатит-цельзіанових метасоматитів у докембрії УЩ (Марченко, Коньков, Масенко, 1979), а також складено і видано карту фосфоритів України (Мар-

ченко, 1978). У 1980-х роках чимало зроблено у вивченні комплексних апатит-титанових і апатит-рідкісноземельних руд Стремигородського, Новополтавського та інших родовищ УЩ (І. Кашкаров, С. Кирикилиця, Є. Марченко, С. Тихонов та ін.), гюмбеліту з галогенних пермських утворень Північно-Західного Донбасу (А. Дворніков, Є. Тихоненкова, Р. Сізова), у дослідженні мінерального складу та фізико-хімічних властивостей нетрадиційної агрохімічної сировини (Л. Кириченко, В. Байраков та ін.) та вогнетривких глин (І. Прохоров). Важливим є видання монографії "Гранитные пегматиты Украины" (Шавло, Кирикилица, Князев, 1984) та низки науково-популярних праць В. Супричова ("Крымские самоцветы", 1973; "Сказания о камне-самоцвете", 1975; "Самоцветы. Геммологические этюды об ограночных камнях Украины", 1980; "Занимательная геммология. Очерки о поделочных самоцветах Украины", 1984) та Ю. Полканова ("Минералы Крыма", 1989).

В історії вивчення мінерального царства Криму Ю. Полканов та Є. Марченко виділили [5] довгий початковий (донауковий) етап з доісторичним і антично-середньовічним періодами та науковий етап з експедиційним (1785–1880), описовим (1880–1918), прикладним (1918–1956) і сучасним (з 1956 р.) періодами. Стисло схарактеризовано відкриття в Криму мінералів, що одержали місцеву назву, – алуштит, босфорит, камишбуруніт, керченіт, сакеїт. Розглянуто роль місцевого населення, музеїв, різних товариств у вивченні й освоєнні мінеральних багатств краю. У публікації О. Отрешка "К истории изучения минералогических закономерностей локализации главнейших неметаллов Украины" [5] узагальнено дані про родовища графіту, каолінів, вогнетривких і бентонітових глин, пегматитів, солей, фосфоритів, самородної сірки, флюориту, цеолітів, давсоніту. Зазначено про внесок науковців ІМР у вивчення цих руд (Л. Кириченко, В. Лебединський, О. Отрешко, І. Прохоров, В. Супричов, Ю. Юрк та ін.).

Надзвичайно важливі мінералого-технологічні дослідження присвячені відходам переробки мінеральної сировини, зокрема, червоним шлакам – відходам переробки бокситів на глиноземному Миколаївському заводі (Т. Добровольська, Р. Попов, С. Лапшина, Т. Пономарьова та ін.). З'ясовано, що червоні шлаки представлені тонкодисперсним глинистим матеріалом, головними мінеральними фазами якого є оксиди й гідроксиди заліза (гематит-гідрогетит, гематит, магнетит) та алюмінію (гібсит, беміт, новоутворення), домішки – кварц, кальцит, циркон, пірит, рутил, анатаз, брукіт, хроміт; уперше виявлено золото (0,08–0,20 г/т). За активної участі Т. Добровольської та інших вивчали золотоносність відходів переробки манґанових руд на збагачувальних фабриках Марганецького й Орджонікідзевського гірничозбагачувальних комбінатів (ГЗК), хвостів збагачення ільменітоносних пісків Іршанського ГЗК та пісків титан-цирконієвих розсипів Вільногірського гірничо-металургійного комбінату.

ІМР у 2000 р. став Кримським відділенням УкрДГРІ Мінекоресурсів України. Його доробок у розвиток мінералогії після здобуття Україною незалежності стисло проаналізували О. Палкіна і Ю. Полканов у праці "Кримські мінералоги, історія їх досліджень і досягнень" [7]. Автори зазначили, що відділення є головною організацією галузі з прогнозування і геолого-технологічного вивчення родовищ твердих корисних копалин. Мінералогічні дослідження проводили за такими напрямами: залізні й манґанові руди, розшуки агрохімічної сировини, зокрема фосфоритів, а також родовищ золота, алмазів, рідкісноземельних елементів тощо.

На зламі тисячоліть під керівництвом Ю. Брагіна Кримське відділення продовжувало вивчення особливостей нагромадження залізо-манґанових мінералів у хвостосховищах Нікопольсько-Марганецького та Кременчуцько-Криворізького рудних районів.

Розроблено бізнес-план розробки Валявкінського техногенного родовища залізних руд. Надзвичайно важливими є здобутки Ю. Брагіна з вивчення фосфоритів України. За його прогнозами в Артемівському районі Донбасу виявлено зернисті фосфорити з глауконітом (відкриті перспективні Новоамвросіївське та Осиківське родовища). Мінералогічний склад фосфоритів вивчала Л. Чайкіна, яка з'ясувала, що фосфор у рудах міститься не тільки у фосфориті, а й у зернах глауконіту, концентрати якого є новим унікальним екологічно чистим добривом. Узагальнені результати досліджень висвітлено в монографії "Зернистые фосфориты Украины" (Брагин, 2000). Цікавим є виявлення в зоні зчленування Донбасу з Приазовським масивом УЩ нового виду глиноземної сировини, представленої алюмінітом (В. Артеменко та ін., 1999). Доведено, що формування алюмініту має парагенетичний зв'язок з низькотемпературним золото-ртутним зруденінням (В. Устинов, В. Гриненко, В. Артеменко, О. Артеменко, 2004).

Мінералогію золотоносних руд у різний час під керівництвом Ю. Аверіна вивчали В. Артеменко, О. Артеменко, В. Грицик, Т. Любарська, І. Носальська, О. Черніцина, В. Шехоткін, В. Ширкунов, Н. Ященко та ін. Детальні мінералого-петрографічні дослідження сприяли виявленню геолого-генетичних чинників локалізації золотого зруденіння; завдяки їм побудовано геолого-генетичні моделі родовищ і відкрито перспективні рудопрояви. Уперше виконано прогнозування нових формаційних та морфологічних типів золотого зруденіння в сланцях Карпат, карбонатних формаціях фанерозою, вулканоструктурах Закарпаття, гіпергенного золота в каоліновій корі звітрювання УЩ, а В. Шехоткін досить детально вивчив метасоматичну зональність і стадійність мінералоутворення на родовищі Сауляк у Закарпатті.

Нові дані одержано про тонковкраплене золоте зруденіння у верхньопалеозойських теригенно-карбонатних комплексах Південного Донбасу (В. Артеменко, О. Артеменко, О. Черницина, 2002). У цій частині Донбасу серед теригенно-карбонатних відкладів C_1 відшукано рідкіснометалево-рідкісноземельну мінералізацію, що генетично пов'язана з золото-сульфідним зруденінням (О. Артеменко, В. Артеменко, 2002), виявлено рідкісний мінерал таконіт у зоні окиснення теригенно-карбонатних порід (О. Артеменко, О. Черницина, 2006). Спільна діяльність мінералогів і технологів (В. Артеменко, О. Артеменко, Г. Любарська, І. Носальська, О. Черніцина, В. Шехоткін, В. Ширкунов та ін.) дала змогу створити екологічно чисті методи, які поєднують традиційні прийоми з біофлотацією або біовилуговуванням, для збагачення руд, що містять тонкодисперсне золото, благородні й кольорові метали, а також ртутних і піритових руд. За результатами цих досліджень одержано деклараційний пакет України на винахід "Спосіб видобування золота із золотовмісних руд або продуктів їхнього збагачення". В інституті виконано важливі дослідження з оцінки потенційно перспективних утворень України на платиноїди, складено і впроваджено "Тимчасові методичні вказівки щодо проведення ревізійно-випробувальних робіт на платину і метали платинової групи в перспективних формаціях України" (Аверін, Головко, Палкін та ін., 1990).

Тоді ж мінералоги Кримського відділення виконали великий цикл робіт з проблем алмазоносності України (Ю. Полканов, Г. Смирнов, О. Тарасюк, О. Палкіна, І. Палкін, О. Тищенко та ін.). Вони підтвердили алмазоносність різновікових теригенних відкладів України, вивчили мінерали-індикатори кімберлітів, виділили й науково обґрунтували найперспективніші ділянки для розшуків алмазоносних кімберлітів, дослідили алмази, знайдені на території України, зіставивши їх з алмазами материнських порід інших регіонів, виявили полігенність алмазів. Вивчено типоморфні ознаки алмазів різного генетичного типу і створено галузевий стандарт для визначення походження алмазів. Їх

узагальнено в публікації "Проблема алмазоносности Украины, типоморфизм мелких алмазов и создание отраслевого стандарта происхождения алмазов" (Палкина, Полканов, Хренов, 2003).

Г. Єрьоменко та Ю. Полканов є співавторами монографії "Ударнометаморфогенные минералы углерода" (Вальтер, Еременко, Квасница, Полканов, 1992), у якій наведено результати виконаних раніше досліджень українських розсипних алмазів, алмазів Попігайського кратера (межа Красноярського краю та Якутії, РФ) та імпактних алмазів Білилівської астроблеми (Житомирська обл., Україна). Виконано генетичну класифікацію рівнів морфології зерен імпактних алмазів. Важливою є праця Ю. Полканова "Технологічна мінералогія дрібних алмазів" (2006), у якій зазначено, що наявність у Придністер'ї незвичайних алмазів дністерського типу засвідчує можливість відкриття в Україні нових алмазоносних материнських порід. Досвід технологічної мінералогії дрібних розсипних алмазів успішно застосований у ході дослідження й оцінки алмазів імпактитів, у тім числі на стадії промислових випробувань, під час доводки й розділення алмазного концентрату на технічні сорти.

Кримські мінералоги вели науковий супровід геологорозвідувальних робіт з розширення і створення мінерально-сировинної бази рідкісних та рідкісноземельних металів (Г. Єрьоменко, Є. Марченко, Р. Овчаренко та ін.) на Полохівському та інших родовищах літієвих руд нового типу, Азовському родовищі цирконій-рідкісноземельних руд, Новополтавському родовищі апатитових і рідкіснометалево-апатитових руд (особливу увагу приділено фергюсонітовій і гатчетолітовій мінералізації та рудам кори звітрювання). Це передбачало глобальне вивчення речовинного складу руд і продуктів їхнього технологічного збагачення. Уперше проведено типізацію рідкісноземельних руд України (Марченко, 1995; Марченко, Зарицкий, 1995). У різний час вивчали речовинний склад і збагачення флюоритових руд України А. Вальтер, Т. Шапошников, Є. Гуров, О. Гурова. У 1990-х роках складено великомасштабні прогнозні карти Покрово-Кириївського і Бахтинського родовищ флюориту, а також прогнозні (на флюорит) карти Волноваської, Кіровоград-Черкаської і Сущано-Пержанської зон (І. Кирилов).

Надзвичайно багатою є інформація про мінералогію Криму в численних публікаціях О. Тищенка, а саме: "Среди минералов: Альманах" (М., 2001), "Мінералогічні пам'ятники природи Криму" (2002), "Мінерали Криму – перші знахідки в Україні" (2004), "Огляд мінералогічних пам'яток природи України" (2006), "Мінерали Криму – знахідки 2006–2010 рр." (2011), а також "Минералы Крыма" (2015), у якій наведено дані про 421 мінерал (їх досліджено з різним ступенем детальності). Учений виділив і стисло описав 45 мінералогічних пам'яток, серед яких назвемо такі: гора Алчак (мис Алчак поблизу Судака) з жилами ісландського шпату і скаленоедричними й ромбоедричними кристалами кальциту; андезитова сопка з першою знахідкою кристалів і друз датоліту; Аю-Даг з залізистим апатитом в асоціації із залізистим кордієритом і фаялітом (друга знахідка у світі) та кристалами піриту; Чорностаївський рудопрояв сірки з алюмінітом (перша знахідка в Україні); Ельтиген-Сертельське залізорудне родовище з анапаїтом, баритом, вівіанітом, меселітом і метавівіанітом; Карадазький гірський масив з аметистом, анальцимом, гейландитом, мезолітом, офретитом, дакіардитом, сердоліком, стильбітом, фторапофітом, цеолітами (18 видів), еріонітом, югаваролітом, яшмами. Багато мінералогічних пам'яток Криму є серед музейних і приватних колекцій. Зокрема, у мінералогічному музеї ім. О. Є. Ферсмана у Москві зберігається й виставлена в експозиції найліпша колекція мінералів Керченського півострова, що налічує близько 90 кримських мінеральних видів.

Кримське відділення було організатором низки наукових форумів, серед яких особливе місце посідають міжнародні науково-практичні конференції "Судакські геологічні читання" (1999–2013), основні організатори яких – С. Гошовський, І. Палкін та Ю. Полканов. До цих читань видано матеріали, путівники екскурсій і маленькі популярні книжечки Ю. Полканова, присвячені різним корисним мінералам: "Золото в россыпях поэзии и народной мудрости", "Алмазы", "Янтарь и гагат", "Жемчуг" та ін. Тематика читань на початкових етапах стосувалася проблем прогнозування і розшуків корінних алмазних родовищ, а згодом – актуальних проблем геології, прогнозування й оцінювання родовищ твердих корисних копалин. Проблеми мінералогії розглядали в школі передового досвіду "Застосування мінералогічних досліджень при пошуках корисних копалин" (1982) і засідання Комісії з нових мінералів Всесоюзного мінералогічного товариства (1983). Техногенним розсипам були присвячені Перша і Друга міжнародні науково-практичні конференції (2001, 2003) та ін.

Співробітники Інституту мінеральних ресурсів відкрили [4] два нові мінерали, затверджені Комісією з назв мінералів Міжнародної мінералогічної асоціації (КНМ ММА): симферит $Li(Al,Fe^{3+}Mn^{3+})_2[PO_4]$ (Приазов'я, Балка Крута, Україна (Байраков та ін., 2005)), ханнешит (Na,Ca), $(Ba, Sr, TR, Ca)_3[CO_3]_5$ (масив Ханнешит, Афганістан (Еременко, Велько, 1982)), та один мінеральний різновид – Та-ферміт (Ta_2O_5 – 8,1–10,1 мол. %) (Центральний Мадагаскар, пегматитове поле Ітремо (Еременко и др., 1991)). На честь співробітників ІМР названо новий мінерал, затверджений КНМ ММА, – полкановіт $Rh_{12}As_4$ (розсипи верхів'я р. Міас, Південний Урал, Росія (Бритвин и др., 1998)). Загалом науковці ІМР виявили чотири перші знахідки мінералів в СРСР та 38 перших знахідок в Україні, з яких 12 належать Є. Марченку, 10 – О. Тищенку [4].

Український державний геологорозвідувальний інститут створено 1957 р. на базі Українського відділення Всесоюзного науково-дослідного геологічного нафтового інституту. Відтоді й до 1991 р. він мав назву Український науково-дослідний геологорозвідувальний інститут (УкрНДГРІ). У його структурі були головний інститут (м. Львів) та Чернігівське й Київське геофізичні відділення. УкрДГРІ – багатопрофільний науково-дослідний інститут, предметом діяльності якого були комплексні дослідження геологічної будови надр України, оцінка перспектив нафтогазоносності, розробка й удосконалення технічних, технологічних і методичних засобів виконання геологорозвідувальних робіт на нафту й газ. Головний об'єкт досліджень – Карпатський регіон з прилеглими територіями. У менших обсягах вивчали Причорномор'я, Дніпровсько-Донецьку западину (ДДЗ) та інші регіони [8].

Спеціальні мінералогічні дослідження в інституті не проводили, тільки у зв'язку з літолого-стратиграфічними та геохімічними роботами. Літолого-стратиграфічні дослідження стосувалися вивчення речовинного складу гірських порід, передусім осадових і пірокластичних, особливо важливих у нафтогазовій промисловості. Такі дослідження були спрямовані на з'ясування умов осадонагромадження і післяседиментаційних процесів становлення породних комплексів, вони мали важливе значення щодо прогнозування пасток вуглеводнів різного походження і зон їхнього розвитку, сприяли відкриттю нафтогазових родовищ (Скоробогатьківське, Волошківське, Карпилівське в ДДЗ та ін.). Результати цих досліджень висвітлені в численних наукових звітах і публікаціях, а також у захищених дисертаційних роботах М. Бобровник, В. Верниківського, Г. Ворони, С. Восанчук, Є. Вульчина, В. Глушка, А. Голдінова, Г. Досіна, А. Жили, В. Іванишина, Є. Іванової, Т. Кривошеєва, С. Ларіона, А. Ларченкова, О. Лукіна, Г. Мазур, М. Ого-

родник, Н. Оршинської, Р. Петрової, А. Пилипчука, Є. Поляк, С. Рейфмана, Н. Савишиної, О. Самарської, В. Свириденка, С. Спітковської, Л. Столяр, О. Ткаченко та ін.

У цих матеріалах міститься досить значна мінералогічна інформація про теригенні й аутигенні мінерали, їхні асоціації в осадових нафтогазоносних комплексах різного віку ДДЗ, Волино-Поділля, Карпатського регіону, Переддобруджського прогину і Причорномор'я. За типовими мінералами й мінеральними асоціаціями визначено першоджерела, фаціально-формаційні умови процесів мінералоутворення на стадіях діа-, ката- і метагенезу, деталізовано стратиграфічні схеми, розчленування і кореляцію розрізів, виконано прогнозування нетрадиційних пасток вуглеводнів тощо.

Геохімічні дослідження в УкрДГРІ були спрямовані на розшуки надійних критеріїв прогнозування нафтогазових регіонів, комплексів і локальних структур, а також на підготовку параметрів для підрахунку запасів вуглеводнів [8]. Для вирішення цих завдань вивчали хімічні властивості пластових флюїдів, порід колекторів і покришок, геохімічні закономірності зміни складу й інших параметрів нафти, газів, конденсатів, пластових вод, вмісних порід. Ці дослідження провадили Є. Боярська, Л. Габінет, Н. Землянський, Л. Полуніна, Г. Скляр, І. Смовська, О. Шевченко, Ю. Шевченко, Я. Юркевич та ін. Значну увагу приділяли також вивченню термобарогеохімічних умов перспективних регіонів України, які започаткував Р. Новоселецький і продовжили О. Полутранко та інші фахівці. Це збагатило теорію генерації вуглеводнів і розкрило коло критеріїв прогнозування нафтогазоносності. Важливим є складений за результатами аналітичних досліджень довідник фізико-хімічних властивостей нафти, конденсатів і газів, який використовують під час аналізування питань формування і збереження покладів, підрахунку запасів вуглеводнів, вибору раціональних схем їхньої переробки і використання (Л. Габінет, Г. Карпенко, Л. Полуніна, І. Смовська, І. Сухий, О. Шевченко).

У 2000 р. центром УкрДГРІ став Київ з відділеннями Дніпропетровським, Кримським, Львівським, Чернігівським. Інститут повною мірою забезпечує науковий супровід геологорозвідувальних робіт в Україні на всі види корисних копалин. Нині головні напрями його діяльності такі [3]: нафтогазова геологія, геологія рудних і нерудних корисних копалин, геолого-екологічні, гідрогеологічні, геофізичні дослідження, геологічне картування та ін. У напрямі геології рудних і нерудних корисних копалин оцінено перспективи геологічних формацій УЩ, Волино-Причорноморської й Донецької металогенічних провінцій на метали платинової групи, конкретизовано перспективні ресурси золоторудних полів та створено багатопрофільні геолого-генетичні моделі золоторудних родовищ УЩ, оцінено перспективи рідкіснометалевого зруденіння, укладено монографію "Родовища високорентабельних уранових руд світу", укладено й видано "Методичний посібник оцінки ресурсів твердих корисних копалин стосовно умов України", створено довідник "Геолого-промислові типи родовищ твердих корисних копалин України і світу" (напрацювання О. Боброва, А. Василенко, А. Войновського, Л. Ісакова, О. Лисенка, С. Нечаєва, Л. Степанюка та ін.).

У центральному інституті створено музей, мінералогічна колекція якого започаткована 1983 р. у приміщенні Міністерства геології України. Офіційне відкриття музею в УкрДГРІ відбулося 30 березня 2006 р. Колекція музею зібрана під час багаторічних експедицій науковців інституту. Вона охоплює всі корисні копалини України та взірці з ближнього й далекого зарубіжжя. Для організації музею багато зусиль і праці доклали І. Тарасова, М. Красножон, Т. Колісник [3].

Мінералогічні дослідження продовжувалися в Кримському відділенні (їх схарактеризовано вище) і розвивалися в центральному (Київському) інституті та в інших відді-

леннях у тісному зв'язку з регіонально-геологічними, петрологічними і металогенічними (мінерагенічними) дослідженнями. Їхні результати висвітлювали переважно на сторінках новоствореного 2000 р. наукового журналу "Збірник наукових праць УкрДГРІ" (О. Бобров, В. Гулій, М. Лебідь, Б. Малюк, С. Нечаєв та ін.) та у заснованому 1994 р. Державною геологічною службою науковому журналі "Мінеральні ресурси України".

У Львівському відділенні 2006 р. створено сектор рудних і нерудних корисних копалин (керівник Ю. Федоришин) і розпочато тематику з вирішення проблем алмазоносності, а також вивчення трапового комплексу Волині для розшуку промислових концентрацій міді. Виконання цієї тематики супроводжувалося важливими мінералого-петрографічними дослідженнями, які висвітлені в окремих публікаціях, що стосуються перших досліджень розплавних включень у плагіоклазі з афанітових базальтів трапової формації Волині (І. Бакуменко, Ю. Федоришин), структурно-петрографічної мінливості базальтових виливів (Ю. Федоришин, А. Ткачук, Н. Нестерович та ін.), природи мигдалекам'яних утворень у базальтах Волині (Ю. Федоришин, І. Наумко, Н. Нестерович та ін.), створення моделі магматично-гідротермального мінералогенезу в ході формування породно-рудних комплексів трапової формації (Н. Бацевич, І. Наумко, Ю. Федоришин), а також у докторській дисертації Ю. Федоришина "Модель прогнозу та пошуків джерел корінної алмазоносності і її реалізація на території Українського щита" (2007).

Досить значним є внесок у розвиток української мінералогії окремих співробітників геологічної служби. Серед них багато стали відомими науковцями й педагогами, кандидатами і докторами наук, авторами та співавторами низки публікацій, у тім числі монографій, як власне мінералогічного, так і спорідненого з мінералогією спрямування. Назвемо найвідоміших (крім названих вище дослідників ІМР): О. Бобров, А. Василенко, І. Василишин, Л. Галецький, Ю. Гейко, С. Гурський, Р. Довгань, В. Зайцева, О. Заріцький, Л. Ісаков, В. Кардаш, В. Кічурчак, Я. Косовський, М. Костенко, Е. Лазаренко, М. Лебідь, О. Лисенко, Б. Малюк, С. Металіді, В. Металіді (чи не єдиний кандидат геолого-мінералогічних наук за спеціальністю 04.00.20 – мінералогія), В. Мельничук, С. Нечаєв, В. Панченко, Л. Приказчиков, В. Приходько, В. Сукач, С. Стрекозов, О. Фалькович, В. Шклянка та багато інших. Більшість з них є авторами і співавторами низки монографічних праць, а саме: "Метасоматичні утворення у вулканічних породах Закарпаття" (Е. Лазаренко, 1960), "Минералогия Закарпатья" (Е. Лазаренко, Э. Лазаренко, Барышников, Малыгина, 1963), "Металлогения Закарпатья" (Э. Лазаренко, Гнилко, Зайцева, 1968), "Минерализация Волновахской зоны разломов" (Нечаев, 1970), "Минералогия и генезис камерных пегматитов Волыни" (Е. Лазаренко, Павлишин, Латыш, Сорокин, 1973), "Железисто-кремнистая формация докембрия Мариупольского рудного поля" (Зарицкий, Каныгин, Кирикилица и др., 1974), "Минералы гельвиновой группы и их месторождения" (Зубков, Галецкий, Металиди, 1976), "Редкометальные пегматиты Украины" (Розанов, Лавриненко, 1979), "Железорудные месторождения докембрия Украины и их прогнозная оценка" (Белевцев, Епатко, Веригин и др., 1981), "Минералогия Приазовья" (Е. Лазаренко, Лавриненко, Бучинская и др., 1981), "Сущано-Пержанская зона (геология, минералогия, рудоносность)" (Металиди, Нечаев, 1983), "Ртутоносность углей Донецкого бассейна" (Дворников, Кирикилица, 1987), "Железисто-кремнистые формации докембрия европейской части СССР. Прогнозная оценка железорудных месторождений" (Веригин, Епатко, Орлов и др., 1990), "Железисто-кремнистые формации докембрия европейской части СССР. Зеленокаменные пояса и роль вулканизма в формировании месторождений" (Бобров, Ивантишина, Колий, Лазько, Малюк и др., 1990), "Минеральные ресурсы Украины. Неметаллическое минеральное

сырье для черной металлургии" (Кулиш, Лебедь, Суходольский, 1993), "Карта редкометального оруденения Украинского щита масштаба 1:1 500 000" (Бочай, Галецкий, Колосовская, Покидько, 1995), "Карта золотоносности Украины. М-б 1:1 500 000" (Бочай, Галецкий, Кулиш и др., 1997), "Месторождения золота в гнейсовых комплексах докембрия Украинского щита" (Яценко, Бабынин, Гурский, Братчук, Марченко, Паршина, Росихина, Сливко, Фалькович, 1998), "Геологічна будова та золотоносність Сорокинської зеленокам'яної структури" (Бобров, Сіворонов, Гурський, Бакаржиєв, Маківчук, Лисенко, Шевчук, 2000), "Майське золоторудне родовище (геологія, речовинний склад руд, модель утворення)" (Бобров, Сіворонов, Меркушин, Гурський, Бакаржиєв, Маківчук, Скакун, Гнутенко, Ляхов, Фаворов, Сергієнко, Шевчук, 2000), "Алмазоносные формации и структуры юго-западной окраины Восточно-Европейской платформы. Опыт минерагении алмаза" (Г. Яценко, Гурский, Сливко, Гейко, Приходько, Росихина, Дроздецкий, В. Яценко, 2002), "Комплексна металогенічна карта України масштабу 1:500 000" (Войновський, Бочай, Нечаєв та ін., 2002), "Геолого-генетична типізація золоторудних родовищ України" (Бобров, Сіворонов, Гурський та ін., 2004), "Перспективы коренной алмазоносности Украины" (Гейко, Гурский, Лыков и др., 2006), "Концептуальні засади державної мінерально-сировинної політики щодо використання стратегічно важливих для економіки країни корисних копалин" (Гурський, 2008), "Металогенія золота протоплатформних структур Українського щита (Кіровоградський блок)" (Г. Яценко, Гайовський, Сливко, Братчук, Махай, Якубенко, В. Яценко, 2009), "Самородна мідь України. Геологічна позиція, мінералогія і кристалогенезис" (Квасниця, Павлишин, Косовський, 2009), "Родовища бурштину України та їх геолого-економічна оцінка" (Рудько, Литвинюк, 2017). Наведемо також низку геолого-економічних оглядів, виконаних Геоінформом: "Графит" (Бордюгов, Сальников, Рудаков, 1997), "Каолин" (Бордюгов, 1997), "Магнезит и талькомагнезит" (Бордюгов, 1997), "Железо" (Белоус, 1998), "Свинец и цинк" (Третьяков, Сальников, 1998), "Сера самородная" (Бордюгов, 1998), "Бериллий" (Белоус, 1999), "Германий" (Бордюгов, 1999), "Золото" (Третьяков, Сальников, 1999), "Серебро" (Третьяков, Сальников, 1999), "Цирконий, гафний" (Бочай, 1999), "Калийные соли" (Бордюгов, 2001).

Досить численними є власне мінералогічні праці В. Мельничука – довголітнього геолога-практика, а нині науковця й педагога. Він є автором і співавтором низки статей, які узагальнені в п'ятому і шостому розділах його докторської дисертації "Геологія та міденосність нижньоведських трапових комплексів південно-західної частини Східноєвропейської платформи" (2010). У п'ятому розділі проаналізовано закономірності розміщення і критерії прогнозування мідного зруденіння в трапових комплексах Волинського міднорудного району та особливості міденосності трапових комплексів, схарактеризовано мідні руди і супутню благороднометалеву мінералізацію, наведено критерії прогнозування мідного зруденіння, мінералогічні чинники та металогенічне районування. У шостому розділі розглянуто тристадійну модель ранньовендського трапового магматизму та модель гідротермального рудогенезу міді.

Унікальними є видання з досить важливою і цікавою мінералогічною інформацією, підготовлені за участю великої кількості працівників геологічної служби:

атлас "Геологія і корисні копалини України" (2001) – гол. ред. Л. Галецький, провідні автори В. Бєланов, В. Слєднєв, В. Косовська, В. Соловицький, Л. Бочай, В. Веліканов; його англійську версію видав Університет Торонто (Канада) 2007 р., згодом ці матеріали ввійшли до розділу "Мінеральні ресурси надр" у Національному атласі України (2008);

двотомне монографічне зведення “Металічні і неметалічні корисні копалини”: Т. 1. “Металлические полезные ископаемые” (науч. ред. Н. Щербак, А. Бобров, 2005, укр. вид. 2006); Т. 2. Неметалічні корисні копалини (наук. ред. М. Щербак, С. Гошовський, 2006); від геологічної служби України у ньому брали участь Д. Гурський, В. Калінін, С. Нечаєв, А. Бакаржієв, М. Лебідь, О. Маківчук, Ю. Третьяков та інші;

чотири томи книг “Геологічні пам’ятки України” (за ред. В. Калініна та Д. Гурського, 2006, 2007, 2009, 2011);

двотомні матеріали міжнародного геологічного форуму “Актуальні проблеми та перспективи розвитку геології: наука і виробництво” (К. : УкрДГРІ, 2014), проведеного в Одесі;

двотомні матеріали Четвертої міжнародної науково-практичної конференції “Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування”, присвяченої 100-річчю геологічної служби України та 25-річчю Державної комісії України з запасів корисних копалин (2017), організованої Державною службою геології та надр України і Державною комісією України з запасів корисних копалин у Трускавці. Ці дві книги містять доповіді восьми секцій, присвячені класифікації запасів і ресурсів корисних копалин, інвестиційному потенціалу мінерально-сировинної бази України, методиці і практиці геолого-економічної оцінки родовищ, правовим аспектам надрокористування, питанням енергетичного потенціалу, екологічній безпеці, перспективам оптимального використання питних і мінеральних вод та проблемам медичної геології. Їхніми авторами є головно представники геологічної служби України.

У мінералогічному аспекті важливими є відомості, наведені в розділах книги [3] “Створення мінерально-сировинної бази України – результат вікової діяльності геологічної служби” та “Геологічні пам’ятки – національне надбання”. У першому розділі проаналізовано основні промислові різновиди корисних копалин: паливно-енергетичні, металеві та неметалеві. Зазначено, що за нашого часу промисловістю освоєно 3 295 родовищ, на базі яких діє понад дві тисячі гірничодобувних і переробних підприємств. Серед металевих корисних копалин схарактеризовано залізні, манґанові та хромові руди, кольорові, рідкісні, благородні й радіоактивні метали. З них нині у великих обсягах добувають залізні й манґанові руди, U, Ti, Zr, з різним рівнем ґрунтовності вивчено родовища Cr, Pb, Zn, Cu, Mo, Li, Ta, Nb, рідкісноземельних елементів.

Серед неметалевих корисних копалин висвітлено таку сировину: флюсову (флюорит, вапняки й доломіти), формувальну (бентонітові глини, піски), вогнетривку (талькомагнезит, кварцити і кварцові піски, вогнетривкі й тугоплавкі глини, вторинні каоліни), агрономічну (апатит, фосфорити, калійні солі, сапоніт, глауконіт), хімічну (самородна сірка, барит, вапняки, кам’яна та магнієва солі, бішовіт), ювелірну (коштовне каміння), ювелірно-виробну (напівкоштовне каміння) та виробну і п’єзооптичну (алмаз, бурштин, топаз, берил, гірський кришталь, моріон), скляну та фарфоро-фаянсову (первинні каолініни, польовий шпат, кварцовий пісок), електро- та радіотехнічну (графіт, піропфіліт), будівельну (будівельне каміння, цегельно-черепична, цементна сировина та ін.).

Серед описаних у другому розділі геологічних пам’яток вражаючими є суто мінералогічні. Серед них – карстові печери Атлантида (на Хмельниччині) і Оптимістична (на Тернопільщині) у гіпсах тираської світи баденію, на стінках, склепіннях і підніжжях яких поширені унікальні за морфологією агрегати та кристали гіпсу завдовжки до 1,7 м, а також Карадазький заповідник у Криму з великим різноманіттям цінних мінералів (опал, сердолік, агат та ін.) і мальовничими “Золотими воротами” (грот-арка в морі), що

сформовані магматичними породами, грязьовий вулкан Вернадського на Керченському півострові.

Зазначимо, що у ДНВП "ГеоінформУкраїни" нині зберігають близько 55 000 геологічних звітів [3], у яких міститься досить значна мінералогічна інформація за результатами не тільки мінералогічних, а й петрографічних і геохімічних досліджень. Вона, звичайно, частково використана в опублікованих працях, проте значна її частина, особливо таємної тематики, ще потребує вивчення. З огляду на це згадаємо дуже давній лист у редакцію "Мінералогічного збірника" (№ 2 за 1948 р.) професора Львівської політехніки В. Кузнєцова щодо потреби публікацій на сторінках збірника мінералогічних результатів геологічних і петрографічних досліджень, які є в річних та кінцевих геологічних звітах і доступні, здебільшого, тільки самому підприємству, а величезний фактичний матеріал недосяжний для наукового використання. У відповіді на цей лист сказано: редакція "Мінералогічного збірника" Львівського геологічного товариства повністю поділяє думку В. Кузнєцова, що місцем публікації у вигляді резюме геологічних і мінералогічних даних по Україні може бути "Мінералогічний збірник" (тоді єдине щорічне мінералогічне видання в Україні), і звертається з проханням до всіх геологів, що провадять дослідження України, надсилати такі матеріали за адресою: м. Львів, вул. Щербакова, 4, кафедра мінералогії Львівського університету, редакція "Мінералогічного збірника". На жаль, такі матеріали були поодинокими. Більш систематичними вони стали лише після заснування 1994 р. уже згадуваного журналу "Мінеральні ресурси України", авторами публікацій якого є переважно працівники геологічної служби. У ньому досить часто також друкують і статті навіть суто мінералогічного спрямування, головно, прикладного характеру.

Список використаної літератури

1. *Бушак С. М.* Як створювалася професійна геологічна служба України / С. М. Бушак // Наук. праці Ін-ту фундамент. досліджень. – К. : Знання України, 2001. – С. 155–163.
2. Геологічна служба України – 80 років : зб. статей / гол. ред. С. В. Гошовський ; над збірником працювали Д. В. Бочай, Д. Ф. Володін, Д. С. Гурський, Л. О. Демякін, В. І. Калінін, В. В. Кухар, М. І. Лебідь, Д. О. Макаренко, Б. О. Ніколаєнко, В. І. Почтаренко, Н. Г. Пишна, Є. О. Яковлев. – К. : Геоінформ, 1988. – 132 с.
3. Геологічна служба України – 100 років. Ювілейний довідник / гол. ред. С. В. Гошовський ; укладачі М. Д. Красножон, Н. Г. Люта, М. М. Костенко, А. П. Василенко, О. А. Лисенко, І. В. Саніна, С. О. Некрасова. – К. : Український геологорозвідувальний інститут, 2018. – 328 с.
4. Институт минеральных ресурсов – Крымское отделение УкрГГРИ – пятьдесят лет / гл. ред. И. Е. Палкин ; составители А. К. Авгитов, И. Е. Данильченко Т. И. Добровольская, Г. К. Еременко, Ю. А. Лейе, А. В. Лущик и др. – Симферополь, 2006. – 94 с.
5. История минералогических исследований на Украине : сб. науч. трудов / отв. ред. Ю. П. Мельник. – Киев : Наук. думка, 1991. – 160 с.
6. *Макаренко Д. Є.* Геологічній службі України – 80 / Д. Є. Макаренко // Мінерал. журн. – 1998. – Т. 20, № 1. – С. 1–8.
7. *Палкіна О. Ю.* Кримські мінералоги, історія їх досліджень і досягнень / О. Ю. Палкіна, Ю. О. Полканов // Зап. Укр. мінерал. т-ва. – 2004. – Т. 1. – С. 79–84.

8. Український державний геологорозвідувальний інститут. 1957–1997 / упорядник Г. Д. Досін ; відп. за випуск М. М. Іванюта. – Львів, 1997. – 66 с.

Стаття: надійшла до редакції 01.07.2018
прийнята до друку 06.08.2018

Orest Matkovskyi[1], Volodymyr Pavlyshyn[2]

[1]*Ivan Franko National University of Lviv,*
4, Hrushevskoho St., Lviv, Ukraine, 79005,
mineral@franko.lviv.ua
[2]*M. P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NAS of Ukraine,*
34, Acad. Palladin Av., Kyiv, Ukraine, 03680,
pavlishyn@gmail.com

THE ROLE OF THE GEOLOGICAL SURVEY OF UKRAINE IN THE DEVELOPMENT OF MINERALOGICAL RESEARCH (TO THE 100th ANNIVERSARY OF THE UKRAINIAN GEOLOGICAL COMMITTEE FOUNDATION)

The role of the Geological Survey of Ukraine in the development of mineralogy during the 100-year period of its activity has been briefly analyzed. The creation of the Ukrainian Geological Committee (UGC) and its periodical "Bulletin of the Ukrainian Geological Committee" in 1918 was an important event. During the first decades, the founders and first leaders of the UGC (V. Luchytskyi, V. Chyrvinskyi, M. Bezborodko, I. Hinzburh and other researchers of the time) played an important role in the development of mineralogy. Activation of mineralogical research in Ukraine began in the post-war years, and it was particularly productive in the second half of the twentieth century. One of the main factors of such activation was the large-scale activity of the Geological Survey of Ukraine. This activity was accompanied by the discovery of a number of mineral deposits and the primary source of mineralogical information. Two research institutes were created – the Ukrainian State Geological Research Institute (UkrSGRI) and the Institute of Mineral Resources. Since the beginning of the work of the UGC, close co-operation has been established with the scientific institutions of the Academy of Sciences and higher educational institutions of Ukraine on joint research and publications, holding conferences on various problems of science and production.

The article summarizes the most significant achievements of representatives of the Geological Survey in the field of mineralogy of Ukraine. Many of them subsequently became famous scientists and educators – O. Bobrov, L. Haletskyi, D. Hurskyi, E. Lazarenko, V. Melnychuk, S. Nechaiev, Yu. Polkanov. Their mineralogical articles are published in the scientific journals of the Geological Survey of Ukraine – "Mineral Resources of Ukraine" and "Scientific Proceedings of UkrSGRI".

Key words: Ukrainian Geological Committee, Geological Survey of Ukraine, Ukrainian State Geological Research Institute, Institute of Mineral Resources.

MINERALOGICAL COLLECTION
2018. N 68, Is. 1. P. 24–29
ISSN 2078-6220

МІНЕРАЛОГІЧНИЙ ЗБІРНИК
2018. № 68, вип. 1. С. 24–29
ISSN 2078-6220

УДК 548.5:549.6:552.3

Ганна Кульчицька, Ірина Герасимець, Володимир Бельський

Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка НАНУ, просп. акад. Палладіна, 34, Київ, Україна, 01142,
office.igmr@gmail.com

ГЕНЕЗИС СКЕЛЕТНИХ І ЗОНАЛЬНИХ ПСЕВДОМОНОКРИСТАЛІВ

Досліджено скелетоподібні утворення в сієнітах з рідкіснометалевою мінералізацією (Український щит) – футляроподібні та зональні кристали. Попри чітке огранювання, полікристальний і полімінеральний склад утворень не дає підстав трактувати їх як скелетні кристали. Скелетні псевдомонокристали особливо характерні для мінералів рідкісних земель, Ti, P, Fe – бритоліту, аланіту, чевкініту, ільменіту, апатиту, гастингситу. Щоб пояснити багатокомпонентний склад псевдомонокристалів, залучають процеси метасоматозу, тоді як він ліпше узгоджується з ліквацiйною гіпотезою. Для сієнітових масивів з рідкіснометалевою мінералізацією накопичено багато фактів, які свідчать про інтенсивні ліквацiйні процеси в сієнітовій магмі, зокрема, про відокремлення фемічного розплаву від салічного, сольового від силікатного. Унаслідок кристалізації крапель лікватів, збагачених сольовими або фемічними компонентами, утворилися футляроподібні й зональні багатогранники з двома і більше мінеральними фазами. Припускають, що, крім переохолодження, яке є вагомим чинником утворення скелетних кристалів, на процеси ліквації впливали флуктуації тиску компонентів у паровій фазі.

Ключові слова: скелетні, футляроподібні, зональні кристали, мінерали рідкісних земель, сольові ліквати.

Згідно з класичним визначенням [14], скелетним називають такий кристал, у якого через значну різницю швидкості росту в різних напрямах речовина заповнила тільки частину, а не все тіло багатогранника. Термін *скелет* говорить за себе і свідчить, що його доцільно вживати для монокристальних утворень, які є ніби остовом кристала. Якщо скелетний кристал помістити у відповідні умови, то він перетвориться в один кристал. За аналогією зі скелетами тварин, виділяють внутрішні та зовнішні скелетні кристали. У внутрішніх ріст відбувається від центра в напрямі до ребер або вершин (реберні та вершинні форми). Прикладом таких кристалів є двомірні сніжинки та тривимірні лійкоподібні кристали галіту. Зовнішні скелетні кристали – це такі форми, у яких сформовані грані кристала, проте не заповнена його внутрішня частина (гранні форми). Представниками гранних форм є трубчасті й футляроподібні кристали. До скелетів також зачислюють епітаксичне наростання однієї кристалічної речовини на вершини або ребра кристала іншої. По суті, утворений у такий спосіб реберник, з одного боку, є футляром для кристала-субстрату, з іншого, – разом із субстратом є зональним двофазовим кристалом.

© Кульчицька Ганна, Герасимець Ірина, Бельський Володимир, 2018

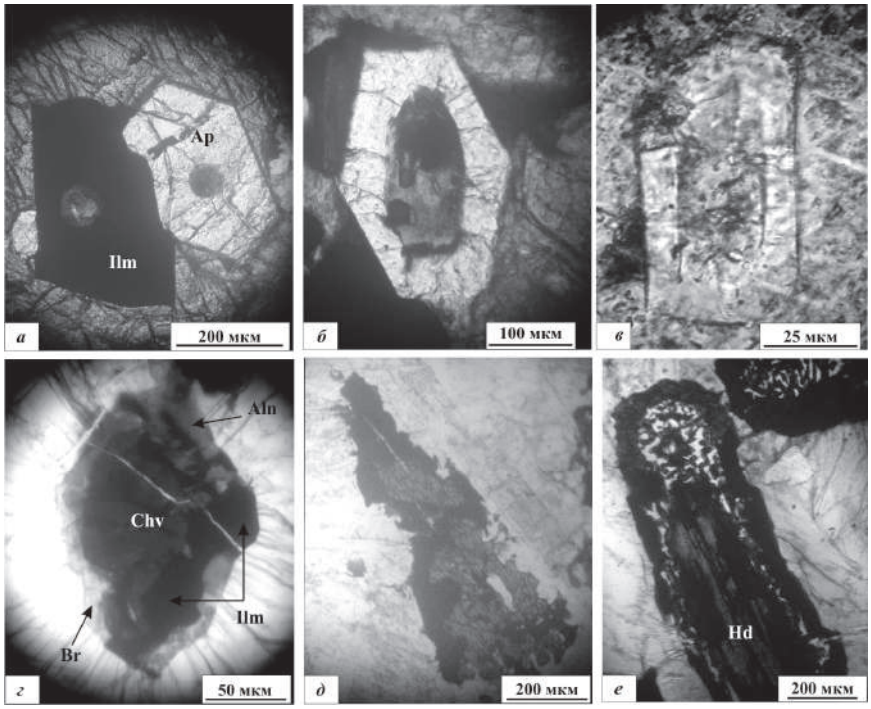
У науковій літературі скелетними часто називають будь-які кристали з остаточно не сформованими гранями або порожнистою серединою. Серед них є монокристальні реберні й вершинні форми, кристали-футляри, зональні полімінеральні утворення, дендритоподібні скелети і дендрити, пойкіліти, бласто- й метакристали. Не завжди можна довести монокристалічність деяких утворень, особливо в разі дослідження тільки полірованих зрізів. Скелетні утворення трапляються в породах різного генезису – від магматичних і метаморфічних до гідротермальних і осадових. Мінеральна гама також різноманітна. Описано скелети (у тім числі футляроподібної форми) діаманта, корунду, берилу, магнетиту, санідину, апатиту, олівіну, різних сульфідів тощо. З огляду літератури можна зробити висновок, що футляроподібні кристали найчастіше наявні серед тих утворень, кристалізація яких відбувалася у в'язкому, порівняно щільному середовищі, будь-то розплав, гель чи волога глина [4, 7, 10], однак є приклади їхньої кристалізації в газовому середовищі. Скелетні кристали арсенопіриту [3], циркону [9], баделеїту, кальциртиту [12] тощо зафіксовано в породних комплексах Українського щита (УЩ). Ми виявили, що різноманітні скелетні утворення достатньо поширені в сієнітах УЩ з рідкіснометалевою мінералізацією.

Кристали-футляри. Першими нашу увагу привернули кристали-футляри аніту. Це вторинні включення, які містяться в площині спайності (001) кристалів калішпату з сієнітів Азовського масиву (Приазов'я) [1]. Їхня особливість у тому, що серцевина кристалів місцями сильно відрізняється від зовнішнього оточення. Розміщення в серцевині флюориту, який перешарований з польовим шпатом, дало підстави трактувати кристали-футляри аніту як вторинні включення крапель F-Fe-силікатного розплаву, що зазнав розшарування всередині краплі.

Кристали-футляри достатньо поширені в Давидківському габро-сієнітовому масиві (крайня північно-східна частина Коростенського плутону). Це, головно, футляри ільменіту й апатиту, у яких співвідношення кристал–серцевина коливається в широких межах. Товстостінні футляри не відрізняються від кристалів з кулястим включенням закристалізованого розплаву у центрі (див. рисунок, *а*). Зі збільшенням розміру включення об'єм розплаву досягає об'єму мінералу-господаря, і він перетворюється на тонкостінний кристал-футляр (див. рисунок, *б, в*). Серцевину тонкостінних футлярів проблематично вважати включенням, хоча загалом її склад такий самий, що й кулястих включень, і більше залежить від місцезнаходження футляру.

Подібний перехід від товсто- до тонкостінних футлярів зафіксували для кристалів олівіну в разі загартування габро-норитового розплаву [13]. Зі зростанням ступеня переохолодження кількість тонкостінних футлярів більшає, що автори зазначеної праці пояснюють збільшенням в'язкості розплаву.

Зональні полімінеральні кристали характерні для силікатів рідкісних земель. Зокрема, видовжені зональні кристали бритоліту з широкою облямівкою аланіту відомі в сієнітах Октябрського масиву (Приазов'я) [5]. Видовжені, а також заокруглені виділення бритоліту, оконтурені аланітом, нерідкісні в сієнітах Азовського масиву [6]. Ширина облямівки буває досить значна, тому зональні кристали бритоліту можна трактувати як футляри аланіту з бритолітовою серцевиною. Зазначимо, що склад бритоліту нестабільний структурно (аморфні та кристалічні ділянки чергуються), хімічно (ізоморфні домішки розподілені нерівномірно) і фазово (містить включення інших мінералів). "Футляр" також неоднорідний і може містити вбудовані фрагменти флюориту, включення циркону й магнетиту.



Псевдомонокристали у сієнітах Давидківського (*а–в*) і Великовисківського (*г–е*) масивів:

а – кристали ільменіту (Ilm) й апатиту (Ap) з кулястими включеннями в центрі; *б*, *в* – апатит з великими включеннями у формі негативних кристалів; *г* – зональний багатогранник, складений чевкінітом (Chv), ільменітом (Ilm), бритолітом (Br) та аланітом (Aln); *д* – незамкнений футляр з монокристального гастингситу (чорний) довкола монокристала геденбергіту (сірий); *е* – овальний футляр, сформований із двох індивідів гастингситу (чорні); геденбергітове ядро (Hd) відокремлене від стінок футляру амфіболпольовошпатовим ажуром.

Ще різноманітніші зональні кристали у Великовисківському масиві (південна частина Корсунь-Новомиргородського плутону). Тут теж трапляються зональні кристали аланіт-бритолітового складу, однак ще частіше – чітко окреслені ромбічні багатогранники з Ті-рідкісноземельним мінералом – чевкінітом. Ядро з аморфного чевкініту оконтурене бритолітом, аланітом, ільменітом у різних співвідношеннях (див. рисунок, *г*). Якщо аланіт домінує, то кристали чевкініту виглядають у ньому як включення або релікти. У цих же породах виявлено зональні кристали гастингсит-геденбергітового складу, які можна було б прийняти за наслідок заміщення піроксену амфіболом (див. рисунок, *д*), якби не той факт, що гастингситова облямівка – це один–два монокристали, які фактично утворюють “футляр” довкола геденбергіту. Футляр буває несуцільний, іноді містить фрагмент чевкініту.

Кристали-футляри з ажурною серцевиною. Футляри аніту виявлено безпосередньо в сієнітах Азовського масиву. На відміну від футлярів у вигляді вторинних включень у калішпаті, їхня серцевина має інший склад. Вона заповнена субпаралельними або хаотично орієнтованими дрібними кристаликами аніту в польовошпатовій матриці, які надають серцевині ажурний вигляд. Щось подібне виявили для вкраплень циркону в альбітитах [2, 8] і магнетиту в ефузивних породах основного складу [11].

У великовисківських сієнітах футляри такого типу мають амфіболовий склад. Один–два індивіди гастингситу, часто розвернуті один щодо іншого на 90°, утворюють футляр, у центрі якого міститься монокристал геденбергіту або фаяліту. Простір між монокристалом і стінками гастингситового футляру заповнений дрібними хаотично розташованими кристаликами гастингситу в польовошпатовій матриці (див. рисунок, *е*). Примітно, що монокристали піроксену в центрі ажурних футлярів зазнали резорбції аж до цілковитого заміщення, тоді як кристали олівіну резорбція не зачепила. Ще один цікавий факт – закруглена (глобулярна) форма футлярів гастингситу.

Обговорення результатів. Очевидним є зв'язок наведених фактів між собою. Між кристалами-футлярами, зональними полімінеральними кристалами і футлярами з ажуром простежено переходи, хоча їхній склад може змінюватись залежно від місцезнаходження. Незважаючи на подібність до скелетних кристалів, їх не можна так називати, оскільки порушено головну умову існування скелету – монокристальність. Кількість індивідів, що утворюють футляр, більше одного, до того ж вони можуть мати різний фазовий склад. Однак повинна бути єдина причина утворення скелетоподібних форм у сієнітах з подібною металевою спеціалізацією.

Є багато гіпотез, навіть підтверджених експериментально [13, 15, 16], щодо причин скелетного росту кристалів. Так чи інакше вони зводяться до певного значення переохолодження в системі. У разі меншого переохолодження утворюються повногранні кристали, у разі більшого – волокнисті індивіди [15]. Проте цими гіпотезами не можна пояснити багатокомпонентний склад футлярів, якщо не залучати процеси метасоматозу [2, 8, 11].

І багатокомпонентний склад, і глобулярна форма описаних вище скелетних утворень добре узгоджуються з гіпотезою їхнього ліквацийного генезису. Для Азовського розшарованого масиву накопичено достатньо фактів, які свідчать про ліквацію сієнітової магми, з одного боку, на силікатний і сольовий розплави, з іншого, – на фемічний і салічний [1]. До одного з ранніх лікватів належить силікатно-фосфатний розплав з рідкісноземельними елементами, що став материнським для різноманітних виділень бритоліту [6]. Давидківський і Великовисківський габро-сієнітові масиви також належать до розшарованих інтрузій [5]. І хоча в цих масивах власне сієніти не розшаровані, у їхніх шліфах можна простежити низку явищ, що свідчать про локальну незмішуваність салічного й фемічного розплавів. Саме ліквацийні процеси могли привести до формування в сієнітовій магмі відокремлених глобул розплаву (збагаченого певними компонентами), які стали родоначальними для футлярів ільменіту, гастингситу, апатиту, аланіту тощо. Подальше розшарування, утворення облямівок, реакційна взаємодія між мінералами відбувалися вже всередині глобули як суто ізохімічний процес, без привнесення компонентів ззовні. Вірогідна тільки часткова взаємодія ліквату з довколишнім розплавом, як це фіксують у випадку утворення облямівок аланіту довкола бритоліту [6].

З фізичної хімії відомо, що склад утвореного ліквату визначений *PT*-параметрами системи; їхня зміна призводить до зміни взаємної розчинності компонентів. Якщо векторна направленість *T*-параметра під час кристалізації магми прогнозована, то флуктуації *P*-параметра, зокрема, значення парціального тиску компонентів у паровій фазі, важче передбачувані. Є підстави припускати, що саме флуктуації тиску мали вирішальний вплив на ліквацийні процеси, саме з ними пов'язане утворення зональних і футлярооподібних кристалів у рідкіснометалевих сієнітах УЩ. Тим паче, що у більш високобаричних за деякими показниками сієнітах Яструбецького масиву скелетоподібних утворень

не виявлено, хоча масив належить до розшарованих і його вважають петрологічним аналогом Азовського [5].

Висновок. Виявлені в сієнітах УЩ зональні та футлярні утворення є полімінеральними і полікристальними. Вони сформувалися внаслідок ізохімічної кристалізації ліквацийних глобул розплаву. Вірогідно, флуктуації парціального тиску компонентів у паровій фазі мали не менший вплив на утворення футляроподібних і зональних полікристалів, ніж процеси охолодження.

Автори вдячні С. Кривдіку за надані для дослідження шліфи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Азовское редкоземельное месторождение Приазовского мегаблока Украинского щита / Е. М. Шеремет, В. С. Мельников, С. Ф. Стрекозов и др. – Донецк : Ноулидж, 2012. – 374 с.
2. Дипірамідальні кристали циркону із лужних порід Приазов'я / В. М. Квасниця, О. А. Вишневський, І. В. Квасниця, І. В. Гурненко // Мінерал. журн. – 2016. – Т. 38, № 3. – С. 9–23.
3. *Иванов А. В.* Морфологические и химические особенности арсенопирита Сергеевского месторождения золота / А. В. Иванов, В. С. Монахов, М. Ю. Дыщук // Минерал. журн. – 2001. – Т. 23, № 4. – С. 116–122.
4. *Кормилицын В. С.* Редкий случай совместного образования скелетных и метаколлоидных агрегатов галенита и сфалерита / В. С. Кормилицын // Зап. Всесоюз. минерал. об-ва. – 1966. – Ч. 95, вып. 2. – С. 210–214.
5. *Кривдик С. Г.* Петрология щелочных пород Украинского щита / С. Г. Кривдик, В. И. Ткачук. – Киев : Наук. думка, 1990. – 407 с.
6. *Кульчицька Г.* Зональні кристали бритоліту: метасоматоз чи кристалізація? / Г. Кульчицька, І. Герасимець // Вісн. КНУ імені Тараса Шевченка. Сер. Геологія. – 2016. – Вип. 4 (75). – С. 35–39.
7. *Мокиевский В. А.* Скелетный рост кристаллов в вязкой среде / В. А. Мокиевский, С. Н. Семенюк // Зап. Всесоюз. минерал. об-ва. – 1952. – Ч. 81, вып. 2. – С. 100–108.
8. *Руденко С. А.* Скелетный рост кристаллов в породах и рудах / С. А. Руденко // Зап. Всесоюз. минерал. об-ва. – 1966. – Ч. 95, вып. 2. – С. 158–168.
9. *Степанюк Л. М.* Циркон Українського щита. Мінералогія та радіогеохронологія / Л. М. Степанюк, О. М. Пономаренко // Записки Укр. мінерал. т-ва. – 2011. – Т. 8. – С. 196–199.
10. Формы вхождения золота в пирит / В. И. Рождествина, Г. И. Неронский, С. И. Бородавкин, Н. В. Федорова // Федоровская сессия : междунар. науч. конф. : тез. докл. – СПб : Горный ун-т, 2008. – С. 92–95.
11. *Центер И. Я.* О преобразовании магнетита в процессе низкотемпературного изменения вулканических пород / И. Я. Центер, Л. И. Ильина, В. И. Куранова // Зап. Всесоюз. минерал. об-ва. – 1986. – Ч. 115, вып. 1. – С. 34–49.
12. *Цымбал С. Н.* Бадделеит и кальциртит из матрикса кимберлитов Кировоградского мегаблока Украинского щита / С. Н. Цымбал, Ю. С. Цымбал, В. Б. Соболев // Рудный потенциал щелочного, кимберлитового и карбонатитового магматизма : школа "Щелочной магматизм Земли" : 31 междунар. конф. : тезисы. – М., 2014. – С. 86–88.

13. *Челищев Н. Ф.* Об эволюции формы оливина в процессе кристаллизации расплава оливинового габбро-норита в экспериментальных условиях / Н. Ф. Челищев // Онтогенетические методы изучения минералов. – М. : Наука, 1970. – С. 124–129.
14. *Шафрановский И. И.* Условия роста, геометрия и симметрия скелетных кристаллов / И. И. Шафрановский, В. А. Мокиевский // Зап. Всесоюз. минерал. об-ва. – 1956. – Ч. 85, вып. 2. – С. 172–186.
15. *Corrigan G. M.* The crystal morphology of plagioclase feldspar produced during isothermal supercooling and constant rate cooling experiments / G. M. Corrigan // Mineral. Mag. – 1982. – Vol. 46. – P. 433–439.
16. *Longren G.* An experimental study of plagioclase crystal morphology: isothermal crystallization / G. Longren // Amer. J. Sci. – 1974. – N 274. – P. 248–273.

Стаття: надійшла до редакції 23.07.2018
прийнята до друку 06.08.2018

Hanna Kulchytska, Iryna Herasymets, Volodymyr Belskyi

M. P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NASU, 34, Acad. Palladin Av., Kyiv, Ukraine, 03142,
office.igmr@gmail.com

GENESIS OF SKELETAL AND ZONED PSEUDOMONOCRYSTALS

We investigated skeletal formations in the syenites with rare-metal mineralization (Ukrainian Shield) – case-shaped and zoned crystals. Despite a clear cut, polycrystalline and polymineral composition of the formations does not allow treating them as skeletal crystals. Skeletal pseudomonocrystals are especially characteristic for minerals of rare-earth elements, Ti, P, Fe, namely britholite, allanite, chevkinite, ilmenite, apatite, hastingsite.

To explain the multicomponent composition of pseudomonocrystals the metasomatism processes are attracted whereas it agrees better with the segregation hypothesis. There are many facts for syenite massifs with rare-metal mineralization that testify to intensive segregation processes in syenite magma in particular the separation of the femic melt from salic, salt from silicate. Due to the crystallization of the segregation drops enriched with salt or femic components case-shaped and zoned polyhedra with two or more mineral phases were formed.

It is assumed, that in addition to supercooling, which is a significant factor in the formation of skeletal crystals, the pressure fluctuations of the components in the vapour phase had no less influence on the processes of segregation.

Key words: skeletal, case-shaped and zoned crystals, minerals of rare-earth elements, salt liquates.

MINERALOGICAL COLLECTION
2018. N 68, Is. 1. P. 30–35
ISSN 2078-6220

МІНЕРАЛОГІЧНИЙ ЗБІРНИК
2018. № 68, вип. 1. С. 30–35
ISSN 2078-6220

УДК 553.065/.061.11

Микола Павлунь

Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, Львів, Україна, 79005,
shvayevskyi@ukr.net

ДЕЯКІ АСПЕКТИ ПРИРОДИ Й ЕВОЛЮЦІЙНОЇ СТРУКТУРИ ЗОНАЛЬНОСТІ ЗРУДЕНІННЯ ГІДРОТЕРМАЛЬНОГО КЛАСУ ТА ЇЇ ТЕОРЕТИКО-ПРИКЛАДНЕ ЗНАЧЕННЯ

Зональність зруденіння є важливою геолого-генетичною характеристикою гідротермальних родовищ. Наведено різні види і типи рудної зональності. Запропоновано ієрархічну характеристику зональності рудної формації (родовища) з погляду структурних рівнів організації речовини.

Ключові слова: зруденіння, зональність, гідротермальні процеси, парагенезис мінералів, рудна формація, родовище.

Генетичні мінералогічні дослідження, які є стрижнем мінералогічної школи академіка Євгена Лазаренка, неодмінно охоплюють вивчення зональності зруденіння, її морфології та природи. Однак уже досить тривалий час такі дослідження провадять фрагментарно і спорадично, а це гальмує поглиблення теоретичних розробок у напрямі з'ясування генезису і прикладного використання зональності, особливо щодо гідротермального зруденіння. Адже його мінералого-геохімічна та інша зональність найчіткіша і найбільш контрастна, до того ж найбільше видів корисних копалин має власне гідротермальне походження (Cu-Mo, W-Mo, Sn-W, Pb-Zn, Au, Au-Ag, Sn-Ag, Co, Cd-In, Hg-Sb, Re-Ga-Ge, Th-Sc-Ag тощо).

З такого погляду зональність зруденіння є надважливою геолого-генетичною характеристикою родовищ гідротермального класу, оскільки дає змогу глибше й повніше розуміти генезис і загальні закономірності просторово-часового поширення зруденіння, вирізняти природні взаємозв'язки мінеральних парагенезисів залежно від мінливих геологічних, геохімічних та фізико-хімічних умов їхнього формування й залягання. Недарма у праці [6] зазначено про взаємозв'язок і взаємозалежність трьох головних питань: генетичної класифікації родовищ, ендогенної зональності (простір) та мінеральних парагенезисів (час): "...Вони є різноманітним відбиттям загального явища, і ми робимо велику помилку, розглядаючи їх незалежно одне від одного. Спільне вивчення цих трьох питань, безперечно, призведе до прогресу наших уявлень про походження і розподіл руд... ...Тип зональності визначений змінами мінерального складу руд у вертикальному й горизонтальному напрямах. Окремі з них можуть відрізнятися за мінеральними видами, типами металів, вмістом тих чи інших елементів і навіть за ледь відчутними змінами співвідношень між ними. Які б характеристики не використовували для

© Павлунь Микола, 2018

з'ясування й вирізнення самостійних зон, зональність і парагенезис будуть поняттями когенетичними, оскільки вони суть два аспекти одного й того ж явища".

З іншого боку, з'ясування характеру зональності генотипного об'єкта дає змогу екстраполювати її за межі родовищ і рудних полів, тобто прогнозувати зруденіння, коректніше діагностувати рудні формації (як структурно-речовинні утворення) та вдосконалювати їхні речовинні класифікаційні ознаки, більш обґрунтовано обирати щільність розвідувальної мережі, превентивно оцінювати поширення зруденіння з глибиною, розшукувати так звані сліпі рудні тіла тощо.

Певні узагальнення наявного фактичного матеріалу і теоретико-практичні уявлення щодо природи гіпогенної зональності зроблено в праці І. Кигая [3] (табл. 1).

Таблиця 1

Генетичні типи ендогенної зональності мінералізації, за [3]

Тип зональності	Головний чинник	Парагенезиси		Типові приклади
		один	декілька	
Структурогенна	Еволюція структур		+	Численні
Міграційна	Різна рухомість розчинних форм, різна стійкість мінералів	+	+	Концентрична зональність рудних вузлів (зрідка)
Термогенна	Градієнт температури	+	?	Континентальні роговики, первинні ореоли
Метаморфічна	Градієнти *T* і *P*	+		Регіональний метаморфізм
Ацидогенна	Градієнт pH флюїдів	+		Навколорудні метасоматити
Редоксигенна	Градієнт Eh флюїдів	+	?	Вертикальна зональність метасоматитів вулканічних областей
Дифузійна	Градієнт концентрації	+		Скарни, навколожильні метасоматити
Літогенна	Відмінності складу та фізико-механічних властивостей вмісних порід	+	+	Зональність ендо- і екзоскарнів, вибірково заміщених порід
Гравігенна	Вплив навантаження (на структури і текстури руд) або сили тяжіння (на концентрацію компонентів у розчинах)			Зникнення штокверків з глибиною, посилене окварцювання з глибиною
Барогенна	Градієнт тиску або різний тиск на породу і флюїд	+		Жили альпійського типу
Амфігідрогенна	Змішування флюїдів різного складу	+		Баритові "шапки" сульфідних родовищ
Поляризаційна (електрохімічної природи)	Вплив поляризації рудних тіл на відкладання наступних рудних парагенезисів	+	+	Пряма вертикальна зональність більшості гідротермальних сульфідних тіл

Розрізняють сформовану в процесі гідротермального рудогенезу морфологічну, хронологічну та речовинну зональність, а Є. Лазько запропонував [4] ще вирізняти термобарогеохімічну зональність, яка має ширше охоплення, ніж речовинна, оскільки її мож-

на виявляти, на відміну від мінералого-геохімічної, на об'єктах мономінерального або майже мономінерального складу (п'єзокварцові кришталеносні жили, деякі жильні утворення з W, Mo, Sn, Au). За морфологією вона може бути вертикальна, горизонтальна, об'ємна та в площині рудної жили. З урахуванням напрямів зміщення мінеральних (геохімічних) парагенезисів чи термобарогеохімічних показників (*PTC*-параметри, сольова концентрація і хімічний склад розчинів, агрегатний стан, густина, співвідношення катіонів та аніонів чи газових компонентів, декрептоактивність флюїдних інклюзивів) щодо центра мінералізації (енергетичного осередку) вирізняють також пряму (центральну, доцентрову), зворотну (відцентрову) і чохлову (симетричну до центра в одному–трьох вимірах) зональність, що особливо стосується гідротермально-метасоматичних процесів.

Хронологічна (водночас генетична) зональність охоплює одностадійну (радіальна, відкладання включно з зональністю мінералів однієї парагенетичної асоціації та зональність різних парагенетичних асоціацій однієї стадії), багатостадійну (пульсаційна) і багатоетапну (пов'язана з різними магматичними (енергетичними) джерелами), а також зональність продуктів різних тектономагматичних епох (циклів) металогенії – глобально-регіональну. Вирізняють також зональність комбіновану – пульсаційно-фаціальну.

Серед типів речовинної зональності розрізняють ізотопну, геохімічну, мінералогічну, текстурних і структурних типів руд [2, 3], а також фізико-хімічну (термобарогеохімічну), яка може бути температурна, іонометрична, газометрична, декрептометрична, фазово-агрегатна, концентраційна, та регіональну металогенічну [10].

Отже, що більше різних параметричних показників зональності буде розкрито, то більш обґрунтованим буде з'ясування теоретичного підґрунтя її генезису та прикладна інтерпретація її будови.

Зазначимо, що одностадійне мінералоутворення може бути тривале, з формуванням декількох послідовних парагенезисів і відповідних зароджень того чи іншого мінерального виду. Тому зональність "відкладання" не завжди є синонімом одностадійної зональності, а генетичні чинники її формування доцільно аналізувати окремо для синхронних одностадійних і асинхронних (послідовних) одно- і багатостадійних мінеральних асоціацій (див. табл. 1). Мінералого-геохімічна зональність буває первинна, для багатостадійних утворень – часто телескопована (накладена), однак є і вторинна зональність, яка формується, наприклад, у зонах вторинного сульфідного збагачення сульфідних руд за умов окиснення. На деяких міднорудних родовищах така зональність становить головну чи навіть єдину цінність родовища [9].

Здавалось би, що після авторитетних міжнародних симпозіумів з цього наріжного питання [1, 7] уже все з'ясовано, однак і нині є чимало невизначених питань і, як наслідок, привід для досліджень та конструктивних дискусій щодо категорій і типів зональності, геологічних та фізико-хімічних чинників і процесів її формування.

Зокрема, з погляду геолого-генетичної інтерпретації зональності зруденіння найважливішими є випадки, коли пульсаційна і фаціальна зональність мають однаково спрямований регресивний характер – відцентровий або доцентровий, а у вертикальному перерізі – висхідний. Іноді ці два типи зональності належать до прогресивної відцентрової, а в перерізі – низхідної. Епізодично виявлені фрагменти комбінації регресивно-пульсаційної та прогресивно-фаціальної зональності, дуже зрідка – навпаки. З'ясування характеру комбінацій елементів зональності вкрай важливе для розуміння загальної динаміки і геолого-структурних чинників розвитку магматогенно-гідротермальних процесів і для прогнозування зруденіння, особливо в масштабах родовища чи рудного поля. А локаль-

ні прогнози вже ґрунтуються винятково на аналізі елементів фаціальної зональності в рудному тілі чи зоні. У такому випадку мінералого-геохімічна зональність не завжди є належним підґрунтям для вирішення такого важливого і складного питання, тому на допомогу приходять дані про фаціальну термобарогеохімічну зональність. І тут вже особливо важливим є регресивний тип висхідної зональності, оскільки на підставі значення палеотемпературного градієнта $\Delta T/100$ м і ступеня термостатованості палеогідротермальної системи (які мають обернено пропорційний зв'язок: що більше значення ΔT, то менший ступінь термостатованості й менший вертикальний розмах сприятливої для формування зруденіння фізико-хімічної зони) можна досить прецизійно, з "мірою і числом", оцінити вірогідну глибину розвитку продуктивного зруденіння загалом і перспективність спряжених по-різному еродованих рудних блоків, рівень їхнього ерозійного зрізу й, відтак, збереженість зруденіння в сучасному ерозійному зрізі [5, 10].

Ще є багато інших, остаточно не з'ясованих питань, які стосуються різних аспектів зональності зруденіння, особливо з урахуванням різноманітних комбінацій чинників її формування.

Надзвичайно цікаві також концептуальні уявлення про структурні рівні організації речовини [8]. З такого погляду зональність зруденіння набуває нового змісту: вона стає найважливішою характеристикою рудної формації (аналогічно до структури мінералу), тому її почали використовувати під час вирізнення й систематики рудних формацій – "природної множини родовищ корисних копалин, що мають статистично стійкий мінералого-геохімічний парагенезис, подібні риси дискретного стадійно-зонального розвитку за дуже близьких геологічних умов" [8, 9] (табл. 2).

Таблиця 2

Група характеристик різноієрархічної зональності

Рівень організації речовини	Об'єкти дослідження		
	мінеральний парагенезис	мінерал	хімічний елемент
Родовище, рудна формація	*1* Закономірність розміщення парагенезисів у рудній формації, $Ф = П \cdot S$	*2* Закономірність розміщення мінералу в родовищі (рудній формації)	*3* Закономірність розміщення хімічного елемента в родовищі (рудній формації), $S = Ф/Е$
Мінеральний парагенезис (порода, руда)		*4* Закономірність розміщення мінералів у парагенезисах, $П = М \cdot S$	*5* Закономірність розміщення хімічних елементів у мінеральних парагенезисах, $S = П/Е$
Мінерал			*6* Закономірність розміщення хімічних елементів у мінералі, $М = Е \cdot S$, $S = М/Е$
Зональність	Рудна	Мінералогічна	Геохімічна

П р и м і т к и: Ф – формація; П – парагенезис; М – мінерал; Е – хімічний елемент; S – зона (простір) родовища.

Згідно з цією концепцією, передбачають повну характеристику складу й будови будь-якого геологічного тіла (утворення), у тім числі просторових закономірностей розташування всіх його складових елементів у різних просторових об'єктах: хімічний елемент – мінерал – мінеральний парагенезис – родовище – рудна формація.

Як випливає з табл. 2, систематична характеристика зональності рудної формації (родовища), зазвичай, ієрархічна (за схемою *1–4–6*). Однак корисно і плідно розглядати також зональність в одному "знаменнику" – хімічний елемент (*3–5–6*), мінерал (*2–4*), парагенезис мінералів (*1*) чи на одному "рівні" – рудна формація (*1–2–3*), мінеральний парагенезис (*4–5*), мінерал (*6*). У цьому разі такі форми зональності не будуть однотипні (не буде повторень), оскільки один хімічний елемент може міститься у різних мінералах, а один мінерал – у різних мінеральних парагенезисах.

Отже, можна вибудувати такі три ряди зональності:

1) "ієрархічний ряд" – S = Ф/П → П/М → М/Е;

2) ряди зі "спільними знаменниками" – S = Ф/Е → П/Е → М/Е; S = Ф/М → П/М;

3) ряди зі "спільними чисельниками" – S = Ф/П → Ф/М → Ф/Е; S = П/М → П/Е.

Так ідеалізовано виглядає різнорівнева рудна зональність. Вона розкриває успадкованість процесів акумуляції мінеральної речовини від хімічного елемента до рудної формації – природної множини родовищ, яка є продуктом дискретного стадійно-зонального розвитку за дуже близьких геологічних умов та відображає найвищий рівень узагальнення зональності зруденіння.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Зональность гидротермальных рудных месторождений. – М. : Наука, 1974. – Т. 1. – 294 с. ; Т. 2. – 218 с.
2. Зональность и глубинность оловянного оруденения / Е. А. Радкевич, И. Н. Томсон, В. П. Полохов и др. – М. : Наука, 1980. – 180 с.
3. *Кигай И. Н.* Генезис гидротермальных месторождений цветных и редких металлов, связанных с гранитами / И. Н. Кигай. – М. : ИГЕМ РАН, 1989. – 48 с.
4. *Лазько Е. М.* О термобарогеохимической зональности / Е. М. Лазько // Зап. Рос. минерал. об-ва. – 1981. – Ч. 110, вып. 1. – С. 16–25.
5. *Павлунь Н. Н.* О термобарогеохимической зональности молибден-ванадиевого месторождения Акчатау в Центральном Казахстане / Н. Н. Павлунь // Докл. АН СССР. – 1984. – Т. 274, № 6. – С. 1450–1454.
6. *Парк Ч. Ф.* Рудные месторождения / Ч. Ф. Парк, Р. А. Мак-Дормид. – М. : Мир, 1966. – 544 с.
7. Проблемы постмагматического рудообразования. – Прага, 1963. – Т. 1, 2.
8. *Рундквист Д. В.* Зональность эндогенных рудных месторождений / Д. В. Рундквист, И. А. Нежинский. – М. : Недра, 1975. – 374 с.
9. *Смирнов В. И.* Геология полезных ископаемых / В. И. Смирнов. – М. : Недра, 1982. – 264 с.
10. Термобарогеохимия золота / Ю. В. Ляхов, Н. Н. Павлунь, А. В. Пизнюр, И. В. Попивняк. – Львов : Світ, 1995. – 278 с.

Стаття: надійшла до редакції 27.07.2018
прийнята до друку 06.08.2018

Mykola Pavlun

Ivan Franko National University of Lviv,
4, Hrushevskoho St., Lviv, Ukraine, 79005,
shvayevskyi@ukr.net

SOME ASPECTS OF NATURE AND EVOLUTIONARY STRUCTURE OF ZONING IN HYDROTHERMAL DEPOSITS AND ITS THEORETICAL-APPLIED SIGNIFICANCE

Zoning of mineralization is an important geological and genetic characteristic of hydrothermal deposits, since it enables one to understand deeper and more fully the genesis and general regularities of spatial and temporal distribution of mineralization, as well as to distinguish natural interconnections of mineral paragenesises depending on the changing geological, geochemical and physical-chemical conditions of their formation and occurrence.

Different types and species of ore zoning are described in the article. The hierarchical characteristic of the zoning of ore formation (deposit) is proposed in terms of the matter structural levels organization: the chemical element – the mineral – the mineral paragenesis – the deposit – the ore formation.

Key words: mineralization, zoning, hydrothermal processes, mineral paragenesis, ore formation, ore deposit.

MINERALOGICAL COLLECTION
2018. N 68, Is. 1. P. 36–39
ISSN 2078-6220

МІНЕРАЛОГІЧНИЙ ЗБІРНИК
2018. № 68, вип. 1. С. 36–39
ISSN 2078-6220

УДК 551.7:552.313:553.43(438.41)

Віктор Мельничук

Національний університет водного господарства та природокористування, вул. Соборна, 11, Рівне, Україна, 33028,
v.g.melnychuk@nuwm.edu.ua

КРИТЕРІЇ ПРОГНОЗУВАННЯ МІДНОГО ЗРУДЕНІННЯ У ТРАПАХ ВОЛИНІ

Проаналізовано стратиграфічні, мінералогічні, петрохімічні, структурно-тектонічні, палеовулканологічні чинники і прямі розшукові ознаки локалізації мідного зруденіння в трапах Волині, за якими виділено 12 рудоносних полів. У них оцінено перспективні та прогнозні ресурси міді.

Ключові слова: мідне зруденіння, трапи, прогнозування, Волинь.

Критерії прогнозування мідного зруденіння трапів – геологічні чинники, які відображають вікові, речовинні, просторові, подієві зв'язки між складовими трапової формації та їхньою потенційною рудоносністю, а також розшукові ознаки, які свідчать про безпосередню наявність міді в трапах та її концентрацію [1–3]. Удосконалювання таких критеріїв наразі є актуальним з огляду на перспективність нижньовендської трапової формації Волині [4] на промислові концентрації самородної міді та розшукові роботи на мідь, що їх нині виконують у межах Ратнівського рудоносного поля.

Стратиграфічні чинники міденосності трапів засвідчують зв'язок мідного зруденіння з відповідними стратонами волинської серії [2]. Найперспективнішими з цього погляду є покриви міденосних толеїтових базальтів лучичівської світи (горизонти $3А_1$, $3А_2$, $3А_3$) і друга пачка покриву таких самих базальтів у туфовому розрізі бабинської світи (горизонт 2Б). Серед туфових пачок бабинської світи найпродуктивніша на мідь перша (горизонт 2А). Значні перспективи (завдяки високій частці проб з промисловими концентраціями міді) має самородномідне зруденіння в нижніх покривах (горизонти $3Б_1$, $3Б_2$) титанистих феробазальтів якушівських верств, а також у покривах олівінових базальтів (горизонти $1А_1$, $1А_2$) заболотівської світи.

Петрографічні чинники міденосності трапів ґрунтуються на використанні петрогенетичних зв'язків мідного зруденіння з певними гірськими породами. Переважна кількість інтервалів з мідним зруденінням загалом припадає на толеїтові базальти верхньоприп'ятського трапового комплексу, тоді як олівінові базальти західнобузького комплексу й титанисті феробазальти біловезько-подільського комплексу менш міденосні. У зональних базальтових покривах міденосними є, головно, фанеритові різновиди палагонітових базальтів (пегматитова фація), а в пачках туфів – переважно їхні зелено- і строкатоколірні різновиди, які за речовинним складом найближчі до базальтів.

Мінералогічні чинники мідного зруденіння ґрунтуються на стійких зв'язках між міддю та іншими мінералами й їхніми асоціаціями, а також на особливостях власне знахі-

© Мельничук Віктор, 2018

док самородної міді (форми її виділень, хімічний склад, морфологічні типи мідної мінералізації тощо) [1]. Головними мінеральними індикаторами самородномідного зруденіння слугують асоціації типоморфних гідротермальних мінералів за участю міді, зокрема, кварцові й морденіт-халцедонові агрегати гідротермальних новоутворень, з якими самородна мідь має парагенетичний зв'язок, а також виділення споріднених з міддю інших самородних металів – заліза, срібла, золота, нікелю. Наявність у породах самородної міді того чи іншого морфотипу [3] є ознакою ймовірності бідних чи багатих руд: для бідних руд характерна розсіяно-вкраплена самородномідна мінералізація, для багатих – прожилково-вкраплена, жовново-самородкова і, особливо, поєднання цих морфотипів. Показником багатих руд є також наявність у породах ідіоморфних виділень самородної міді, особливо досконалих багатогранників та двійників кристалів простих форм {111}, {100}, {110} і {*hk*0}, що свідчить про пересичення розчинів міддю (І. Квасниця, 2006).

Петрохімічні чинники міденосності трапів ґрунтуються на тому, що локалізація в них міді значно залежить від особливостей хімічного складу порід. Найвищі концентрації самородної міді розсіяно-вкрапленого морфотипу визначено в тих базальтах і туфах, які містять порівняно високу кількість CaO та FeO. Самородномідне зруденіння прожилково-вкрапленого морфотипу супроводжується підвищенням у породах вмісту SiO_2. Між вмістом цих петрогенних компонентів і міді статистично визначено прямі значимі кореляційні зв'язки.

Структурно-тектонічні чинники міденосності досліджуваних трапів опосередковано відповідають за контроль концентрацій міді з боку регіональних і локальних тектонічних елементів та структур. Регіональні тектонічні зони (Костопільсько-Лишнівська, Горинська, Мінсько-Вижівська та ін.) загалом контролюють поширення продуктів вулканізму, розподіл їхньої потужності, гідротермальних змін, а разом з ними – мідного зруденіння; подекуди вони обмежують рудоносні поля. Горст-антикліналі (Ратнівська й Хотешівська, Теклінська, Хотиславська, можливо, Оваднівська, Славатицька і Тельчинська) та окремі мульди (як імовірні успадковані вулканотектонічні структури вендського часу) також контролюють мідне зруденіння. Наприклад, Турсько-Лугівське, Північногірницьке і Ратнівське рудоносні поля смугою завширшки 3–10 км охоплюють крила Ратнівської горст-антикліналі з тенденцією до зменшення рудоносності як у бік ядра антикліналі, так і в зворотному напрямі.

Серед локальних структурно-тектонічних чинників міденосності найчіткішим є наявність у трапах ділянок тріщинуватості й катаклазу з прожилковою гідротермальною мінералізацією, у тім числі самородномідною. Там, де прожилкова мідна мінералізація накладена на горизонти з розсіяно-вкрапленою самородною міддю, рудні стратиформні тіла різних міденосних горизонтів бувають локалізовані одне над одним з утворенням своєрідних рудних стовпів.

Палеовулканологічні чинники ґрунтуються на контролюванні міденосності трапів регіональними й локальними палеовулканічними структурами. Територіально Волинському міднорудному району відповідає Брестсько-Волинська структурно-формаційна зона (СФЗ), у якій максимально розвинуті продукти ранньовендського трапового магматизму в ефузивній, пірокластичній і гіпабісальній фаціях, зокрема, мідегенерувальні трапи верхньоприп'ятського комплексу. Найбільше проявів мідного зруденіння приурочено до депресивних (типу лавових озер) або щитоподібних трапових споруд більшої потужності та з більшою кількістю базальтових покривів і часткою базальтів у їхньому складі, які виявляють тісні позитивні кореляційні зв'язки з показниками міде-

носності. У цих спорудах потужність міденосних стратонів, зазвичай, перевищує статистично середнє значення, а частка базальтів у розрізі сягає 80 %. Прикладами міденосних палеовулканічних споруд є Жирицька палеовулканічна депресія та Костопільсько-Лишнівське палеовулканічне пасмо.

Прямими розшуковими ознаками мідного зруденіння в трапах регіону є наявність у породах виділень міді в самородній та сульфідній формі, а також середньо- і висококонтрастні геохімічні аномалії міді. Показники зруденіння, які ґрунтуються на кількісних ознаках, такі: рудні перерізи з промисловим (або близьким до нього) умістом міді (за даними хімічних визначень) у класах 0,1–0,5 і > 0,5 мм; ділянки трапів з сумарною потужністю міденосних інтервалів ≥ 10 м і міднорудних (Cu > 0,1 %) інтервалів > 1,0 м.

Отже, локалізацію самородномідного зруденіння в трапах регіону визначає наявність таких прогнозних критеріїв і ознак: 1) рудогенерувальний верхньоприп'ятський траповий комплекс; 2) палеовулканічні споруди з високою часткою базальтів у розрізі; 3) потужні (понад 20 м) зональні базальтові покриви в бабинській і лучичівській світах та їхніх аналогах; 4) фанеритові різновиди толеїтових базальтів і зеленоколірні туфи з підвищеним вмістом CaO і FeO; 5) регіональні пренітова й цеолітова та локальна морденіт-халцедонова зони гідротермальної мінералізації; 6) активні в ранньому венді розривні і плікативні структури; 7) ідіоморфні виділення самородної міді комбінованих морфотипів; 8) ділянки трапів з сумарною потужністю міденосних інтервалів ≥ 10 м.

За комплексом наведених критеріїв та прямих розшукових ознак у трапах Волині виділено 12 рудоносних полів: Отчинське, Турсько-Лугівське, Північногірницьке, Ратнівське, Катуське, Броницьке, Видертське, Любешівське, Тельчинське, Комарівське, Лишнівське, Чудлянське. У межах Турсько-Лугівського рудоносного поля розміщені рудопрояви Жиричі та Заліси-Шменьки, які можна трактувати як потенційні родовища. Для них обчислено перспективні ресурси за категоріями P_1 і P_2 [4]. У межах Комарівського рудоносного поля найдетальніше досліджено Південнорафалівський рудопрояв, який теж претендує на ранг родовища (обчислено перспективні ресурси і запаси міді за категоріями P_1 та C_2) [4]. Для інших рудоносних полів оцінено прогнозні ресурси міді за категорією P_3.

Список використаної літератури

1. *Мельничук В. Г.* Мінералогічні критерії міденосності вендських трапів Волино-Поділля / В. Г. Мельничук // Мінерал. зб. – 2008. – № 58, вип. 1–2. – С. 134–142.
2. *Мельничук В. Г.* Стратиграфічні чинники мідноносності нижньовендських трапів Волині (Прип'ятський вал) / В. Г. Мельничук // Зб. наук. праць УкрДГРІ. – 2008. – № 1. – С. 50–58.
3. *Мельничук В. Г.* Морфотипи самородномідного зруденіння в трапах Волині і оцінка їх перспективності / В. Г. Мельничук // Мін. ресурси України. – 2009. – № 1. – С. 15–20.
4. Перспективність нижньовендської трапової формації Волинського рудного району на промислові концентрації самородної міді / В. Л. Приходько, В. Г. Мельничук, В. В. Матеюк та ін. // Мін. ресурси України. – 2010. – № 1. – С. 4–11.

Стаття: надійшла до редакції 23.07.2018
прийнята до друку 06.08.2018

Viktor Melnychuk

National University of Water and Environmental Engineering,
11, Soborna St., Rivne, Ukraine, 33028,
v.g.melnychuk@nuwm.edu.ua

CRITERIA FOR THE FORECASTING OF COPPER MINERALIZATION IN VOLYN TRAPS

Stratigraphic, mineralogical, petrochemical, structural-tectonic, paleovolcanological factors and direct search signs of copper localization in the Volyn traps, on which 12 ore-bearing fields have been allocated, are analyzed. The following predictive criteria and features are proposed: (1) ore-forming Verkhnioprypiatskyi trap complex; (2) paleovolcanic structures with a high proportion of basalts in the section; (3) powerful (more than 20 m) zoned basalt sheets in Babynska and Luchychivska suites and their analogues; (4) phanerite varieties of tholeiitic basalts and green coloured tuffs with high content of CaO and FeO; (5) regional prenite and zeolite and local mordenite-chalcedony zones of hydrothermal mineralization; (6) active in the Early Vendian fractured and plicated structures; (7) idiomorphic segregations of native copper of combined morphotypes; (8) areas of traps with total capacity of copper-bearing intervals $\geq$ 10 m. The prospective and predictive copper resources in identified fields have been valuated.

Key words: copper mineralization, traps, forecasting, Volyn region.

MINERALOGICAL COLLECTION
2018. N 68, Is. 1. P. 40–44
ISSN 2078-6220

МІНЕРАЛОГІЧНИЙ ЗБІРНИК
2018. № 68, вип. 1. С. 40–44
ISSN 2078-6220

553.311:552.08:549(477.63)

Мирон Ковальчук[1], Віталій Сукач[2], Олексій Вишневський[2]

[1]*Інститут геологічних наук НАН України,*
вул. Олеся Гончара, 55б, Київ, Україна, 01601,
kms1964@ukr.net
[2]*Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка НАНУ,*
просп. акад. Палладіна, 34, Київ, Україна, 03142,
vyshnevskyy@igmof.gov.ua

ЗОЛОТОНОСНІСТЬ ВАРВАРІВСЬКОГО Й АДАМІВСЬКОГО РУДНИХ ПОЛІВ ВЕРХІВЦІВСЬКОЇ ЗЕЛЕНОКАМ'ЯНОЇ СТРУКТУРИ

Наведено відомості щодо золотоносності різних петротипів з рудопроявів золота Варварівського й Адамівського рудних полів Верхівцівської зеленокам'яної структури (Середнє Придніпров'я). Схарактеризовано розмір, морфологію та хімічний склад золота.

Ключові слова: самородне золото, типоморфні особливості, Верхівцівська зеленокам'яна структура, Середнє Придніпров'я.

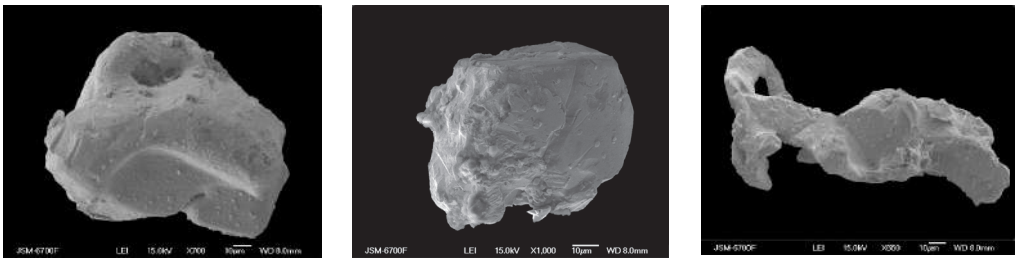
Варварівське й Адамівське рудні поля розташовані в межах Верхівцівської зеленокам'яної структури (Середнє Придніпров'я): Варварівське – у східній частині структури, об'єднує Семеринківський, Варварівський рудопрояви та Гранівську ділянку; Адамівське – на південному фланзі структури, об'єднує Потіцький, Олексіївський рудопрояви та пункти мінералізації.

У межах Семеринківського рудопрояву золото виявили в залізистих кварцитах та кварцито-сланцях, корі звітрювання та алювіальних утвореннях бучацької світи [1]. У породах фундаменту золотоносність пов'язана з пірит-кварцовими прожилками у магнетитових кварцито-сланцях та залізистими кварцитами, які перешаровані з метапісковиками, аподіабазами, актинолітовими сланцями і хлорит-серпентин-карбонатними породами [1, 2]. Вміст золота – до 4,42 г/т. Золото гіпідіоморфної та ксеноморфної форми: грудкоподібне, скручено-видовжене, пластинчасте й у вигляді незакономірних зростків ксеноморфних зерен (рис. 1). Розмір зерен становить 0,07–0,40 мм. Проба золота – 934–944. Серед елементів-домішок наявні Ag (4,04–4,68 %), Cu (0,98–1,86), Zn (0,21–0,70 %). У латеритній корі звітрювання магнетитових кварцито-сланців вміст золота досягає 1,0 г/т, розмір зерен – від 0,07 до 0,40 мм.

Варварівський рудопрояв локалізований у метасоматично змінених породах кварц-хлорит-карбонат-альбітового складу і філітоподібних сланцях [1]. Вміст золота в метасоматитах досягає 0,3 г/т; значно більше його (7,5 г/т) у кварц-хлорит-альбітових метасоматитах з кварц-карбонатними прожилками та сульфідною (пірит, арсенопірит, халькопірит) мінералізацією [1]. У межах рудопрояву виділено три золотоносні смуги,

© Ковальчук Мирон, Сукач Віталій, Вишневський Олексій, 2018

пов'язані з розсіяною сульфідною мінералізацією. Самородне золото представлене зернами розміром 1–2 мм в асоціації з буланжеритом і піритом. Золото високопробне (929), яскраво-жовте, видовжено-пластинчасто-неправильної, грудкоподібної, таблитчастої, неправильно-пластинчастої форми зі зрізаними краями і відростками, відбитками та включеннями інших мінералів, іноді в "сорочці" чорної речовини. Поверхня зерен ямчасто-пагорбкова, шагренева. Золото містить домішки Ag (7,2 %), Fe і Mo (0,1 %) [1].



а *б* *в*

Рис. 1. Морфологія золота із залізистих кварцитів, свердловина 0314:
а – гіпідіоморфне зерно; *б* – грудкоподібне зерно; *в* – незакономірні зростки зерен золота.

У межах Гранівської ділянки золото пов'язане з кварц-альбіт-хлорит-карбонатними (іноді з мусковітом), слюдисто-кварц-карбонатними лиственітами і карбонат-кварц-альбіт-мусковітовими березитами [1, 2]. Вміст золота низький – тисячні–десяті частки грама на тонну; вищі концентрації (до 5 г/т) визначено в тальк-карбонатних породах центральної частини рудопрояву [1]. Золото розміром до 0,12 мм у вигляді овальних, крапле-, грудкоподібних таблитчастих, неправильно-пластинчастих зерен наявне в зернах кварцу, кориніту, буланжериту і дрібнозернистого карбонату. Луски й видовжені зерна золота трапляються на межі зерен кориніту, ваеситу [1]. У золоті з тальк-карбонатних порід виявлено Pt і сліди Pd [1]. У карбонат-кварцовій жилі серед лиственітів золото є всередині скупчень буланжериту й айкініту, міститься в зернах карбонату і кварцу [1]. У зрощеннях з буланжеритом золото видовженої форми, в айкініті – амебоподібної, у кварці – неправильної та у вигляді спіральних дротиків [1]. Розмір зерен – 0,1–1,5 мм. У карбонатах золото відшукали в тріщинах спайності. Золото з карбонат-кварцової жили блідо-жовтого, інколи білого з жовтуватим відтінком кольору, за хімічним складом відповідає електруму (Au – 58,6 %, Ag – 39,3 %) [1]. У тріщинах халькопіриту й піриту визначено високопробне золото (вміст Au становить 94,1 %) яскраво-золотисто-жовтого кольору розміром 0,1–0,2 мм.

Рудопрояви золота Потіцького ультраосновного масиву приурочені до зони тріщинуватості хлорит-карбонат-тремолітових порід. Вмісні породи насичені кварц-карбонатними жилами, прожилками і гніздами, які іноді містять рудну мінералізацію піриту, халькопіриту, арсенопіриту, зрідка – піротину, магнетиту, пентландиту. Вміст золота в окремих пробах досягає 31,85 г/т [1, 2]. Морфологія золота різноманітна (рис. 2). Переважна частина видимого достатньо високопробного (950–978) золота приурочена до приконтактових ділянок пошарових карбонатних прожилків, де дрібні (0,01–0,08 мм) зерна золота наросли на зерна магнетиту, цементують його, перебувають з ним у зростках або ж містяться у вигляді тонких плівок уздовж листочків хлориту й кородують тремоліт [2]. Золото розміром 0,01–0,15 мм розсіяне в породі й представлене цементаційними та інтерстиційними формами (переважають зерна грудкоподібної форми) [2].

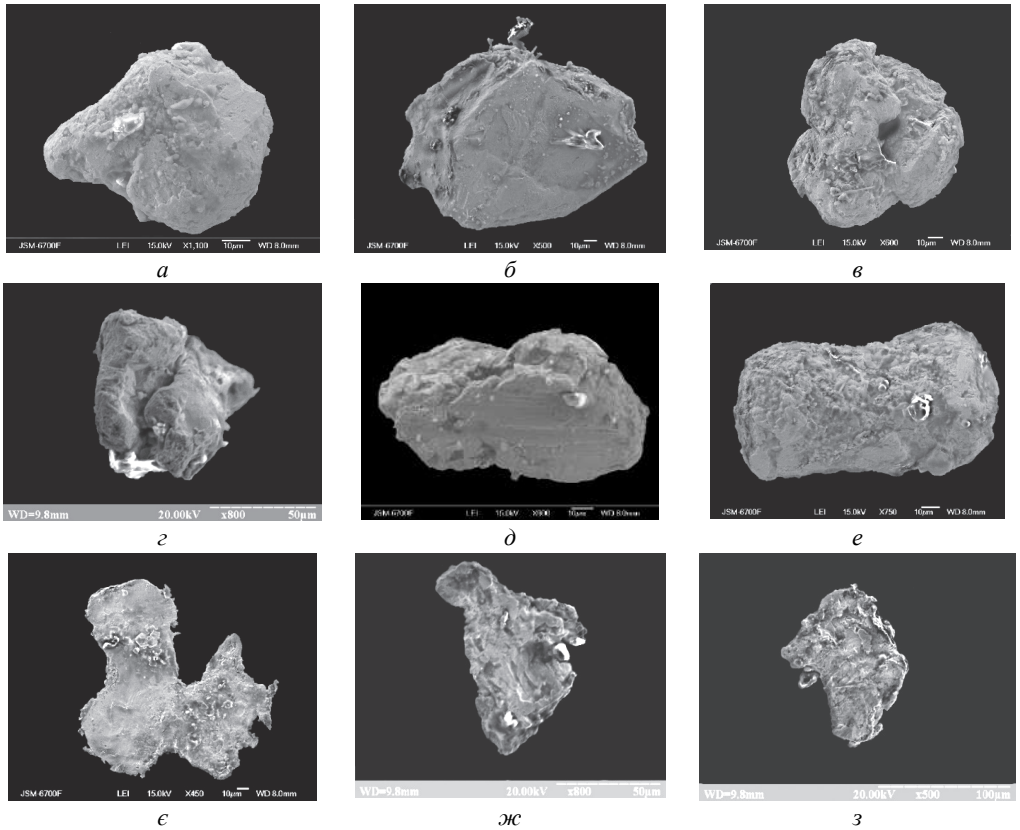


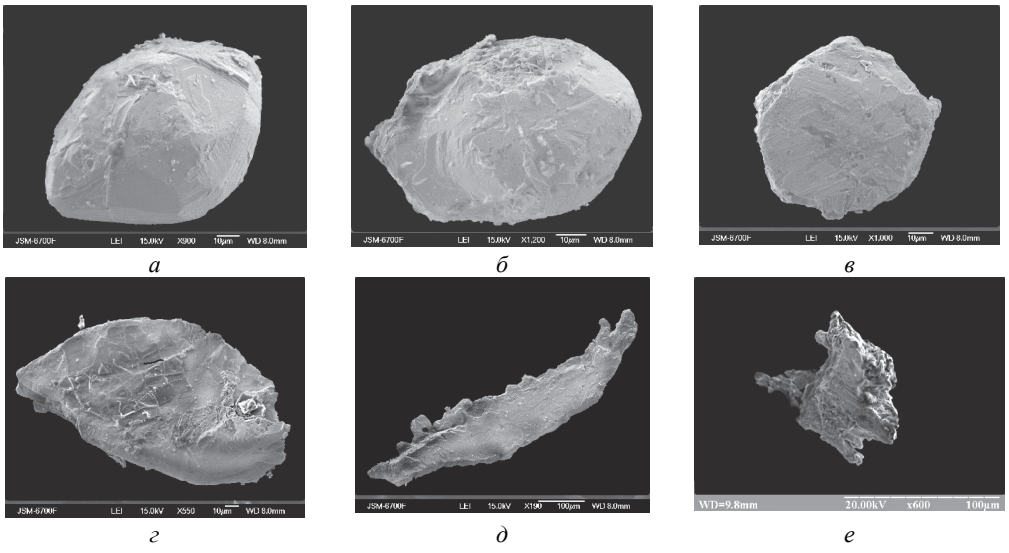
Рис. 2. Морфологія золота із хлорит-тремоліт-кварцових порід, свердловина 069:
а – спотворений кристал; *б* – гіпідіоморфне зерно; *в*, *г* – грудкоподібні зерна; *д* – гантелеподібний зросток грудкоподібних зерен; *е* – стовбуроподібне зерно; *є* – зростки пластинчастих зерен; *ж*, *з* – пластинчасті зерна.

Зрідка трапляються недосконалі кристали октаедричної форми з округлими вершинами. Безпосередньо в прожилках золото більшого розміру (0,1–1,0 мм), воно заповнює міжзерновий простір у карбонатах, кородує зерна кобальтину, міститься у сфалериті [2]. У кислих метавулканітах з пірит-арсенопіритовою мінералізацією золото розміром 0,05–0,10 мм виявлено в крайових частинах зерен арсенопіриту, а також у вигляді включень у кварці. У порожнинах вилуговування відшукали товстотаблитчасті зерна (0,5–1,0 мм) середньопробного (899) золота в асоціації з хлоритом [2]. Поодинокі знахідки екзотично-пластинчастих зерен золота з дірчастою поверхнею. У породах виявлено порожнини, виповнені дрібнолускуватим гідратованим хлоритом і дрібними зернами карбонатів; іноді на стінках порожнин кристалізується пірит [2]. В одній із таких порожнин відшукали кристал самородного золота (проба 899) товстотаблитчастої форми зі сферичними гранями, розмір – 1,0 × 0,5 мм [2].

Поверхня зерен дрібноямчаста, шагренева, гладка. На ній подекуди наявні автоепітаксичні нарости сферичної форми та нарости з ознаками кристалографічного огранювання. Мікрозондовим аналізом визначено, що проба золота 933–978, а серед елементів-

домішок є Ag (1,94–3,25 %), Cu (0,0–2,77), Fe (0,0–0,25), As (0,0–0,21), Bi (0,0–0,1), Zn (0,02–1,53 %).

У південній частині Адамівського рудного поля мігматити перерізає жила кварцу, яка містить самородне золото у вигляді недосконалих, спотворених кристалів, зерен грудкоподібної, округлої, короткостовпчастої, сигароподібної, таблитчастої, пластинчастої і видовжено-неправильної форми розміром 0,01–0,25 мм (рис. 3).



а *б* *в*

г *д* *е*

Рис. 3. Морфологія золота із кварцових жил мігматитів, відслонення 541:

а, *б* – недосконалі кристали; *в* – округло-пластинчасте зерно (п'ятикутник); *г* – видовжено-пластинчасте зерно; *д* – видовжений псевдодендритоїд; *е* – зерно неправильно-таблитчастої форми з відростками.

Поверхня зерен гладка і блискуча, іноді шагренева, з дрібними включеннями магнетиту. Краї зерен золота зрізані, з зазублинами або округлі. Окремі зерна покриті плівкою чорно-бурої речовини. Проба золота 864–981, а серед елементів-домішок у ньому виявлено Ag (0,99–11,62 %), Cu (0,0–1,12), Fe (0,1–0,2), Bi (0,0–0,05), Zn (0,0–0,75 %).

Висловлюємо подяку С. Курилу за співпрацю під час електронно-мікроскопічних досліджень зерен золота.

Список використаної літератури

1. Геолого-формаційні типи золотого зруденіння та мінералого-геохімічна характеристика самородного золота зеленокам'яних комплексів Середнього Придніпров'я / В. В. Сукач. та ін. : звіт про НДР. – Дніпропетровськ, 2006.
2. Особливості речовинного складу самородного золота та золотовміщуючих руд зеленокам'яних комплексів Середнього Придніпров'я / Н. П. Гаєва та ін. : звіт про НДР. – Новомосковськ, 2006.

Стаття: надійшла до редакції 23.07.2018
прийнята до друку 06.08.2018

Myron Kovalchuk[1], **Vitalii Sukach**[2], **Oleksii Vyshnevskyi**[2]

[1]*Institute of Geological Sciences of NAS of Ukraine,*
55b, Olesia Honchara St., Kyiv, Ukraine, 01601,
kms1964@ukr.net
[2]*Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NASU,*
34, Acad. Palladin Av., Kyiv, Ukraine, 03142,
vyshnevskyy@igmof.gov.ua

GOLD CONTENT IN VARVARIVSKE AND ADAMIVSKE ORE FIELDS OF VERKHIVTSIVSKA GREENSTONE STRUCTURE

Data on the gold content in various petrotypes from gold occurrences of Varvarivske and Adamivske ore fields (Verkhivtsivska greenstone structure, Middle Dnieper region) are presented. The size, morphology and chemical composition of gold are characterized.

Key words: native gold, typomorphic features, Verkhivtsivska greenstone structure, Middle Dnieper region.

MINERALOGICAL COLLECTION
2018. N 68, Is. 1. P. 45–48
ISSN 2078-6220

МІНЕРАЛОГІЧНИЙ ЗБІРНИК
2018. № 68, вип. 1. С. 45–48
ISSN 2078-6220

УДК 552.08:549 (477.63)

Віталій Сукач[1], Мирон Ковальчук[2], Олексій Вишневський[1], Сергій Неживой[3]

[1]*Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка НАНУ, просп. акад. Палладіна, 34, Київ, Україна, 03142,*
svital@ukr.net
vyshnevskyy@igmof.gov.ua
[2]*Інститут геологічних наук НАН України,*
вул. Олеся Гончара, 55б, Київ, Україна, 01601,
kms1964@ukr.net
[3]*КП "Південукргеологія", Дніпро, Україна*

ЗОЛОТО З РУДОНОСНИХ ПОРІД ГАЙЧУРСЬКОЇ ДІЛЯНКИ (ЗАХІДНЕ ПРИАЗОВ'Я)

Наведено дані з золотоносності Гайчурської ділянки у Західному Приазов'ї. Досліджено типоморфні особливості самородного золота з використанням електронно-мікроскопічного та мікрозондового аналізів. Визначено, що золото середньо- і високопробне, представлене, головно, ксеноморфними та геміідіоморфними зернами розміром 0,01–0,20 мм.

Ключові слова: самородне золото, типоморфні особливості, Гайчурська структура, Західне Приазов'я.

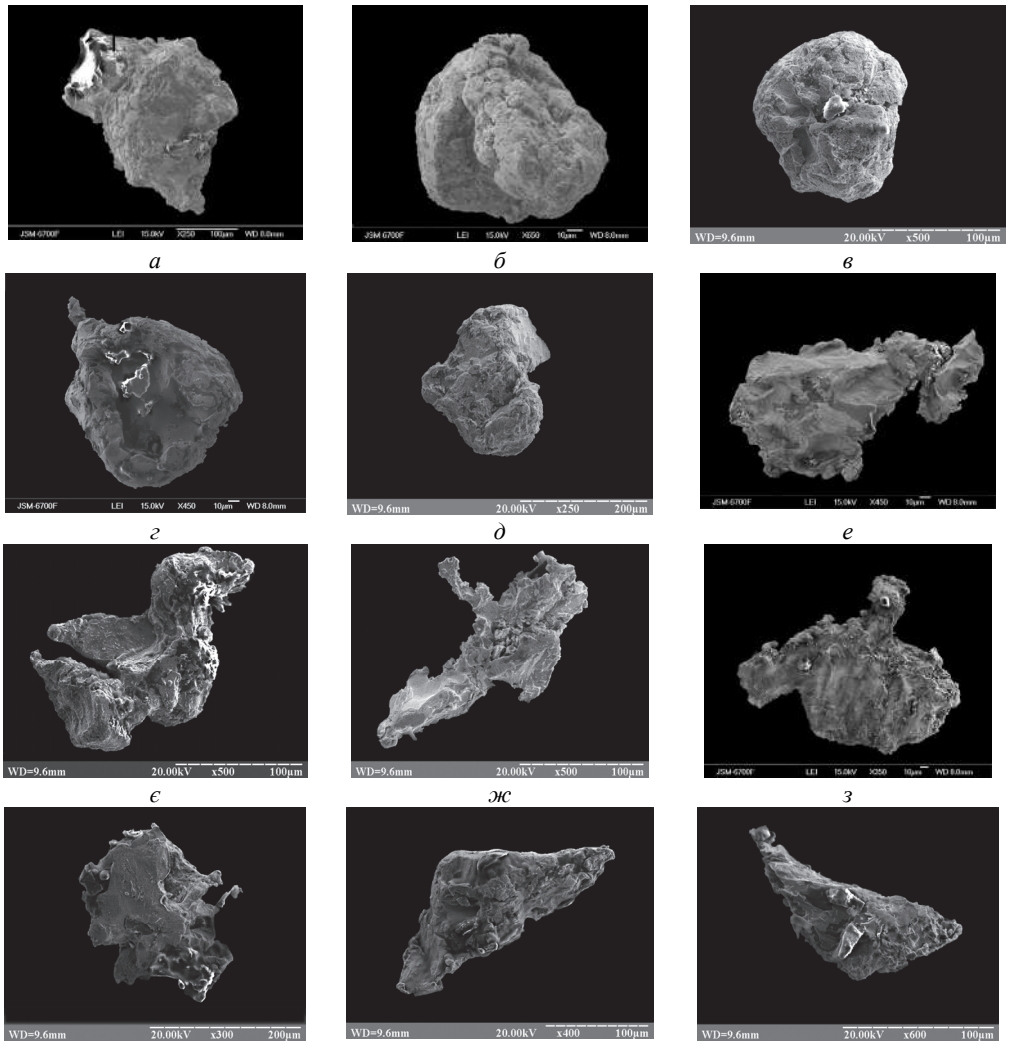
Східна частина Гайчурської структури (Західне Приазов'я) розташована в межах Ремівського блока, а західна – в Андріївській розломній зоні, яка є межею між Вовчанським і Гуляйпільським геотектонічними блоками. Гайчурський прояв золота (центральна частина Гайчурської структури, Центральногайчурське рудне поле) виявили 1980 р. структурно-картувальними свердловинами під час геологознімальних робіт масштабу 1:50 000, які виконувала Новополтавська геологознімальна партія [1]. У межах Гайчурської площі розташовані Гуляйпільське родовище залізистих кварцитів та значна кількість проявів і пунктів підвищеної мінералізації благородних, кольорових, рідкісних та рідкісноземельних елементів.

Гайчурський рудопрояв золота структурно розташований у блоці порід, обмеженому з півдня субширотним регіональним Тернуватським розломом, який, імовірно, є головним рудоконтролювальним і рудолокалізувальним, а з заходу і сходу наявна система розломів вищого порядку північно-східного спрямування, також, вірогідно, рудолокалізувальних і рудорозподільчих. У межах рудного поля виявлено численні пункти мінералізації золота, а в західній частині, на продовженні Гайчурської трогової структури, у зоні Андріївського розлому визначено золото в кількості до 0,5 г/т [2].

Гайчурський прояв приурочений до прирозломної моноклінали з південним падінням; вона складена актинолітитами, амфіболітами, біотитовими і гранат-біотитовими гнейсами та високоглиноземистими сланцями тернуватської товщі, які ритмічно пере-

© Сукач Віталій, Ковальчук Мирон, Вишневський Олексій, Неживой Сергій, 2018

шаровані, а з півдня через тектонічний контакт по Тернуватському розлому межують з метавулканітами косівцевської товщі [2]. Прояв золота пов'язаний із зонами гідротермально-метасоматичної переробки (окварцювання, сульфідизація) метаморфічних утворень під впливом численних дайок і жил гранітоїдів шевченківського й анадольського комплексів.



а *б* *в*

г *д* *е*

є *ж* *з*

и *і* *к*

Морфологія зерен золота Гайчурського рудопрояву:

а – геміідіоморфне зерно, *б*–*є* – грудкоподібні зерна, *ж*–*и* – неправильно-пластинчасті зерна з відгалуженнями; *і*, *к* – зерна трикутникоподібної форми.

Значимий вміст золота визначено у гнейсах в інтервалах, де вони межують з гнейсоподібними меланократовими біотитовими гранітами [2]. Рудне тіло складене кварц-біотит-гранатовими гнейсами із вмістом сульфідів до 15–20 %. Сульфіди представлені

піритом, марказитом, піротином, халькопіритом, рідше трапляються молібденіт, арсенопірит, халькозин. З інших рудних мінералів є магнетит, титаномагнетит, борніт. Золото є пізнішим мінералом, вміст його становить 0,3–10,3 г/т; Au асоціює з Ag, вміст якого досягає 30,0 г/т, та Mo [2]. Хімічний склад золота, визначений на мікроаналізаторі МАР-1 (В. Монахов), такий, %: Au – 91,7, Ag – 7,9, Fe – 0,15, Mo – сліди [2].

Ми досліджували зерна самородного золота під бінокуляром та за допомогою електронно-мікроскопічного й мікрозондового аналізів (електронний мікроскоп РЕМ 106 з мікроаналізатором МАР-1; електронний мікроскоп JSM-6700F, обладнаний енергодисперсійною системою для мікроаналізу JED-2300).

Золото локалізоване в тонких тріщинках у кварці, гранаті й інших мінералах, подекуди утворює тонкі облямівки навколо зерен піриту, наявне у міжзерновому просторі кварцу [2]. Зерна зеленкувато-жовті, ксеноморфні (переважають) та геміідіоморфні. Звичайно це ізометричні (див. рисунок, *б–г*) або неправильної форми (див. рисунок, *д–є*) грудкоподібні зерна розміром від 0,01–0,05 до 0,1–0,2 мм та їхні незакономірні зростки (див. рисунок, *е*, *є*). Підпорядковане значення мають видовжено-пластинчасті форми з різноманітними відростками (див. рисунок, *ж–и*). Подекуди ксеноморфні зерна поєднують грудкоподібні і пластинчасті форми або ж утворюють зростки. Виявлено зерна трикутникоподібної форми (див. рисунок, *і*, *к*).

Геміідіоморфні зерна золота частково ксеноморфні, а частково це зерна зі слідами огранювання або спотворені кристали (див. рисунок, *г*).

Поверхня зерен золота нерівна, ямчасто-пагорбкова, з відбитками зерен інших мінералів, подекуди частково пориста (див. рисунок, *в*). Краї зерен округлі, хвилясто-плавно-зрізані. На мікрорівні на поверхні зерен видно сліди зрощення. Інколи на поверхні зерен золота наявні дрібні добре огранувані автоепітаксичні кристали золота й помітно ознаки гранного росту (див. рисунок, *з*), трапляються поодинокі золотини паличкоподібної форми, які можуть мати біоморфне походження (див. рисунок, *б*, *є*, *з*).

Проба золота – 898–913. Серед елементів-домішок визначено Ag (до 8,68 %), Cu (до 1,72), Zn (до 0,32 %).

Висловлюємо подяку С. Курилу за співпрацю під час виконання електронно-мікроскопічних досліджень зерен золота.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Неживой С. П.* Геолого-прогнозне картування м-бу 1:50 000 Гайчурської площі (аркуші L-37-1-В, Г; L-37-13-А-а, б) : звіт про НДР / С. П. Неживой. – Дніпропетровськ : Дніпропетровська КГП КП “Південукргеологія”, 2010.
2. *Шипилов В. М.* Отчет о геологической съемке м-ба 1:50 000 территории планшетов L-37-I-В, Г / В. М. Шипилов. – Новомосковск : Новомосковская ГРЭ, 1981.

Стаття: надійшла до редакції 23.07.2018
прийнята до друку 06.08.2018

Vitalii Sukach[1], **Myron Kovalchuk**[2], **Oleksii Vyshnevskyi**[1], **Serhii Nezhyvoi**[3]

[1]*Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NASU,*
34, Acad. Palladin Av., Kyiv, Ukraine, 03142,
svital@ukr.net
vyshnevskyy@igmof.gov.ua
[2]*Institute of Geological Sciences of NASU,*
55b, Olesia Honchara St., Kyiv, Ukraine, 01601,
kms1964@ukr.net
[3]*State Enterprise "Pivdenukrgeologiia", Dnipro, Ukraine*

GOLD FROM ORE-BEARING ROCKS OF THE HAICHURSKA AREA (WESTERN PRE-AZOV REGION)

Data on the gold content of the Haichurska area in the Western Pre-Azov region are given. Haichurskyi ore occurrence is located in the near-fault monocline, which is composed of actinolitites, amphibolites, biotite and garnet-biotite gneisses, and high-aluminous schists of the Ternuvatska series, which are rhythmically alternate. Significant content of gold has been determined in gneisses at intervals where they are bordered with gneiss-like melanocratic biotite granites. The ore body is composed of quartz-biotite-garnet gneiss with sulphides content up to 15–20 % (pyrite, marcasite, pyrrhotite, chalcopyrite, less often molybdenite, arsenopyrite, chalcocite). Gold is a later mineral; its content is 0.3–10.3 g/t. Gold associates with silver, the content of which reaches 30.0 g/t, and molybdenum.

We investigated the typomorphic features of native gold using electron microscopic and microprobe analysis. Gold is of medium- and high grade and is represented mainly by xenomorphic and hemiidiomorphic grains with the size of 0.01–0.20 mm.

Key words: native gold, typomorphic features, Haichurska area, Western Pre-Azov region.

MINERALOGICAL COLLECTION
2018. N 68, Is. 1. P. 49–53
ISSN 2078-6220

МІНЕРАЛОГІЧНИЙ ЗБІРНИК
2018. № 68, вип. 1. С. 49–53
ISSN 2078-6220

УДК 551.243(477.43/.44)

Мирон Ковальчук[1], Любов Фігура[1], Ірина Капеліста[2]

[1]*Інститут геологічних наук НАН України,*
вул. Олеся Гончара, 55б, Київ, Україна, 01601,
kms1964@ukr.net
[2]*Національний авіаційний університет,*
просп. космонавта Комарова, 1, Київ, Україна, 03058,
kapelistaja.irina@ukr.net

ЗОЛОТОНОСНІСТЬ МОГИЛІВ-ПОДІЛЬСЬКОЇ ДІЛЯНКИ ТА НАПРЯМИ ЇЇ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Схарактеризовано золотоносність геологічних утворень у межах Могилів-Подільської ділянки (Середнє Придністер'я). Висвітлено результати літохімічного випробування донних відкладів лівих приток Дністра в межах ділянки досліджень. Проаналізовано мінеральний і хімічний склад донних відкладів водотоків та визначено їхній зв'язок з геологічною будовою території. Окреслено основні напрями подальших розшуково-оцінювальних робіт на золото.

Ключові слова: золотоносність, кристалічний фундамент, осадовий чохол, Дністер, Могилів-Подільська ділянка, Середнє Придністер'я.

Дністер та його ліві притоки (Жван, Караєць, Лядова, Серебрія, Немія, Дерло) у межах Могилів-Подільської ділянки (Середнє Придністер'я) містять акцесорну рудну мінералізацію, яка є наслідком розмивання різногенетичних і різновікових рудоносних кристалічних порід фундаменту (архей–протерозой) та осадового чохла (венд–антропоген). Нашу увагу привернула золотоносність цієї ділянки.

Золото в *кристалічних породах фундаменту* виявлено в магматичних (гранітоїди, базити й ультрабазити) і метаморфічних (гнейси, кристалосланці) утвореннях. Зазвичай, золотоносність пов'язана з тектонічними зонами й вузлами перетину цих зон. Підвищений вміст золота визначено в породах, інтенсивно змінених під впливом тектонічних (катаклаз, брекчіювання, мілонітизація), гідротермальних і метасоматичних процесів. Зокрема, золотоносні – тектоно-гідротермально-метасоматично-змінені піроксенові, гранат-біотитові гнейси і кристалосланці в басейнах річок Лядова й Дерло, метасоматично змінені габроїди й ендо- і екзоконтактові зони гранітоїдів у верхів'ї р. Лядова [13].

Золотоносними є майже всі утворення *венду*, головно, у межах тектонічних зон. Уперше золото в породах венду відшукав М. Янгічер [4], хоча про його наявність зазначав ще Г. Виноградов. Уміст золота в базальтах (район Могилів-Подільського) становить 0,005–0,007 г/т. За даними В. Жиліцького [3], найбільш золотоносними (вміст золота – від 0,005 до 0,5 г/т) є породи басейнів річок Лядова та Дерло. Максимальні концентрації золота приурочені до тектонічних зон брекчіювання, окварцювання, сульфідизації, карбонатизації, хлоритизації, серицитизації. У долині р. Лядова в конгломера-

© Ковальчук Мирон, Фігура Любов, Капеліста Ірина, 2018

тах і брекчіях, за даними ЦНДГРІ, виявлено золото до 0,175 г/т, а в цементі конгломератів вміст золота досягає 4 г/т [13]. В утвореннях грушкінської світи (басейн р. Лядова) П. Брацлавський зі співавт. [9] та О. Ковальов зі співавт. [5] визначили золото в кількості від 0,005 до 0,1 г/т.

Поширене золото і серед утворень могилів-подільської серії, до якої належать ольчедаївські, ломозівські, ямпільські та лядівські верстви, часто відслонені по річках Серебрія, Немія, Дерла [2]. В ольчедаївських пісковиках у басейні р. Лядова видиме золото виявлено в кількості 0,001–0,040 г/т [10].

За [3], у межах Дерлівської ділянки в аргілітах і алевролітах ломозівських верств визначено 0,005 г/т золота. Аргіліти й алевроліти з прошарками пісковиків і вкрапленнями сульфідів містять підвищену кількість Pb, Zn, Ag, Li, а з мінералів-супутників золота є сфалерит і галеніт [2, 13]. Ямпільські пісковики цієї ділянки збагачені золотом, сфалеритом, галенітом. В асоціації з Au (0,01–0,07 г/т) наявні Zn, Pb, Cu, Ag, Li, As, Sn [3]. У межах західної частини території золото асоціює з Cu, F, Zn та піритом, а його вміст становить 0,01–0,02 г/т [4]. У лядівських аргілітах ділянки золото (0,01–0,07 г/т) асоціює з піритом, галенітом, сфалеритом, самородною міддю, в окварцьованих аргілітах – з Ag, Sn, Li, Sb [3].

Д. Коваленко та І. Латиш [6] відбирали проби на Жванському родовищі вендських і сеноманських фосфоритів та визначили їхню золотоносність. У халцедоноподібній ясно-сірій гальці з крейдового делювію м. Могилів-Подільський вміст золота досягає 0,3 г/т [7].

Золото в *алювіальних відкладах* Дністра і деяких його приток виявили під час геологічних знімань. Зокрема, В. Веліканов зі співавт. [11] відшукали розсипне золото в руслі Дністра (так званий могилів-подільський шліховий ореол), по ріках Дерло і Немія. Вміст золота в окремих пробах становив 2,8 г/м^3 [13]. Позитивні результати щодо золотоносності сучасних алювіальних відкладів у Могилів-Подільському районі отримав М. Янгічер [14], який визначив, що в асоціації з золотом у шліхах є кіновар і реальгар. Галеніт і халькопірит виявлено в алювії річок Жван, Немія, Дерло, реальгар – в алювії річок Лядова, Серебрія, Немія. В алювії пригирлових ділянок річок Немія й Дерло та в нижній частині р. Лядова відшукали самородну мідь [12]. У басейні р. Дерло провадили роботи з розшуків розсипного золота в сучасних та пліоценових алювіальних відкладах, які дали позитивний результат [13].

Значний внесок у дослідження золотоносності Могилів-Подільської ділянки зробили Р. Довгань та В. Павлюк [12, 13], які протягом багатьох років проводили тематичні роботи з розшуків золота в Середньому Придністер'ї. Дослідники узагальнили значний фактичний матеріал з золотоносності різновікових утворень, побудували численні карти, які ілюструють золотоносність р. Дністер, його лівих приток та ореоли поширення мінералів-супутників золота у водотоках, виокремили перспективні ділянки, окреслили перспективні геологічні формаційні одиниці.

Дослідження типоморфних ознак розсипного золота дали змогу визначити, що регіональною специфікою золотоносності алювію р. Дністер (район гирл річок Немія та Дерло) є наявність кулеподібного, пористого та високомідистого і ртутистого золота, а в ділянках водозбору є декілька генетично різних джерел мінералу, які постачали метал в алювій [7, 8]. Джерелами мідистого золота можуть бути базальти, ефузиви грушківської світи, пірокласти бронницьких верств. Кіновар, яка асоціює з золотом в алювії річок Караєць, Лядова, Немія та Дністер (нижче від впадіння р. Дерла), представлена яскраво-червоними, темно-червоними необкатаними гострокутними зернами розміром 0,20–

1,75 мм, іноді зі збереженими гранями, товстотаблитчастими й ромбоедричними кристалами [2, 12, 14]. Виявлено територіальну близькість ореолів розсіяння кіновари в алювії з первинними ореолами ртуті (ртутоносними є ольчедаївські та ямпільські пісковики, а також аргіліти лядівських верств). Первинний ореол ртуті визначено по Дністру безпосередньо нижче від гирла р. Дерла. Тут ртуть визначено в ольчедаївських (до $6 \cdot 10^{-6}$ %) та ямпільських (від $5 \cdot 10^{-5}$ до $6{,}3 \cdot 10^{-4}$ %) пісковиках. Первинний ореол ртуті (вміст Hg – $3 \cdot 10^{-5}$ %) виявлено в нижній частині р. Лядова біля с. Яришів, він пов'язаний з пісковиками ольчедаївських і ямпільських верст, алевролітами ломозівських верств та аргілітами лядівських [14]. Найчіткіші вторинні ореоли ртуті локалізовані по р. Немія нижче від с. Озаринці, на північ від с. Немія та в пригирловій частині річки [2, 13].

На ділянках, де були відомі прояви або геохімічні аномалії золота, провадили комплексні геохімічні розшуки за вторинними ореолами з метою з'ясування можливостей фіксації ореолів розсіяння золота і його супутників у підземних водах, рослинах, сучасних ґрунтах [2]. За результатами спектрозолотометричного випробування сучасних алювіально-делювіальних відкладів нижньої течії річок Немія і Дерло, вміст золота становить $(0{,}1–0{,}5) \cdot 10^{-4}$ г/л [11]. У відкладах шостої–дев'ятої пліоценових терас Дністра вміст золота досягає 0,6 г/м^3 [13]. У донних відкладах річок Жван (смт Муровані Курилівці) та Немія (с. Борщівці) виявлено низько-, середньоконтрастні площові й локальні аномалії Cu, Sb, As, Bi, Pb [2]. Уздовж Немії у вторинних ореолах розсіяння визначили аномальний уміст Sb, As, Pb, Cu, Sn [2]. Під час випробування донних відкладів р. Лядова виявили низькоконтрастні (удвічі–утричі вище від місцевого геохімічного фону) комплексні аномалії Pb, Co, Ni, Cr, зрідка – Cu, Pb [1]. На підставі результатів золотоспектрального аналізу мулистих відкладів річок визначено 17 ореолів золота [12].

Протягом 2013–2017 рр. І. Капеліста виконувала літохімічне випробування донних відкладів річок Жван, Караєць, Лядова, Серебрія, Немія, Дерло і визначила понадкларковий уміст таких хімічних елементів (водотоки наведено в порядку зменшення вмісту елемента): Ti (Лядова, Серебрія, Дерло, Жван), Zr (Немія, Лядова, Караєць, Серебрія, Дерло), Cu (Немія, Серебрія), Bi (Жван, Серебрія, Дерло, Караєць), Sn (Немія, Лядова), Sc (Лядова, Дело), Y (усі, крім р. Лядова), Yb (усі, крім р. Немія), P (Дерло).

Отже, речовинний склад донних відкладів лівих приток Дністра в межах Могилів-Подільської ділянки віддзеркалює геолого-тектонічну будову, речовинний склад та мінерагенічну спеціалізацію областей денудації, а шліхові й геохімічні аномалії в сучасному алювії можуть слугувати розшуковими критеріями на золото, сульфіди, кіновар та ін. Звичайно ореоли поширення золота, його мінералів-супутників та інших рудних мінералів у породах кристалічного фундаменту й осадового чохла просторово збігаються. Шліхові ореоли золота та його мінералів-супутників в алювіальних відкладах часто приурочені до головних розломів Подільської тектонічної зони і тектонічних порушень меншого порядку.

З огляду на те, що тематичні роботи з дослідження золотоносності Середнього Придністер'я не фінансують, ми пропонуємо такі подальші напрями розшуково-оцінювальних робіт (за деякими з них ми вже працюємо):

- переінтерпретація результатів геологічного вивчення території з метою визначення нових розшукових ознак;
- літологічні дослідження алювіальних утворень Дністра, його терасового комплексу та алювію його лівих приток, що дасть змогу з'ясувати речовинний склад, джерела живлення, простежити зміну палеогеографічних обстановок і областей денудації з часом;

- геолого-мінерагенічне картування лівих приток Дністра з використанням шліхового випробування відкладів;
- літохімічні розшуки за потоками розсіяння, за можливості – за первинними і вторинними ореолами розсіяння для з'ясування загальних принципів поширення золотоносності, виокремлення перспективних ділянок у межах території дослідження, виявлення прихованих рудних тіл чи зон мінералізації, які залягають глибоко, та оцінювання їхнього ймовірного речовинного складу, корегування напрямків подальших розшукових робіт;
- гідрохімічні розшуки для визначення в поверхневих водах гідрохімічних аномалій Au та інших хімічних елементів;
- дослідження типоморфних особливостей самородного золота з алювіальних і терасових відкладів для з'ясування його рудно-формаційної належності, мінерального типу, визначення корінних джерел живлення чи проміжних колекторів.

Список використаної літератури

1. Геологическая карта масштаба 1:50 000 территории листов М-35-104-В и М-35-116-А (отчет ГСП-2 Правобережной геологической экспедиции за 1972–74 гг.) / В. Я. Иванченко и др. – 1974.
2. Державна геологічна карта України масштабу 1:200 000. Волино-Подільська серія. Аркуші М-35-XXVIII (Бар), М-35-XXXIV (Могилів-Подільський). Пояснювальна записка. – К. : Міністерство охорони навколишнього природного середовища України ; Державна геологічна служба ; УкрДГРІ, 2007. – 206 с.
3. *Жилицкий В. Н.* Отчет о результатах общих поисков по оценке перспектив золотоносности Подольской тектонической зоны (юго-западный склон УЩ, Подольское Приднестровье) за 1978–1981 гг. / В. Н. Жилицкий, У. В. Жилицкая. – 1981.
4. Звіт про пошуки мінеральних вод для санаторію "Гірський" у Вінницькій області за 1998–2000 рр. / О. П. Іщенко та ін. – 2000.
5. *Ковалев А. Б.* Отчет о ГГК м-ба 1:50 000 с общими поисками территории листов М-35-115-Г, -116-В за 1986–1990 гг. / А. Б. Ковалев. – 1990.
6. *Коваленко Д. М.* О золотоносности фосфоритоносных отложений Украины / Д. М. Коваленко, И. К. Латыш // Геол. журн. – 1973. – № 6. – С. 145.
7. Морфогенетична класифікація розсипного золота з алювіальних відкладів р. Дністер / М. С. Ковальчук, В. М. Квасниця, Р. М. Довгань та ін. // Геол. журн. – 2001. – № 3. – С. 30–40.
8. Особливості морфології та хімічного складу розсипного золота з алювію р. Дністер (гирла річок Немія та Дерло) / М. С. Ковальчук, В. М. Квасниця, К. І. Деревська та ін. // Геол. журн. – 1997. – № 3–4. – С. 122–126.
9. Отчет о результатах геологической съемки м-ба 1 :50 000 территории листов М-35-103-А, -В, -Г / П. Ф. Брацлавский и др. – 1979.
10. Отчет о результатах поисков алмазов в пределах Правобережной Украины за 1967–1972 гг. / Д. М. Лавров и др. – 1972.
11. Отчет Приднестровской ГСП Побужской ГЭ о работах по геологической съемке м-ба 1:50 000 и структурно-профильному бурению, проведенных в Среднем Приднестровье в 1964–1968 гг. (территория листов М-35-115-А, -Б, -Г, -116-В, 128-А, -Б, -В (сев. половина) / В. А. Великанов и др. – 1968.

12. *Павлюк В. П.* Золотоносність Могилів-Подільської площі (Середнє Придністров'я) / В. П. Павлюк, Р. М. Довгань, О. В. Павлюк // Записки Укр. мінерал. т-ва. – 2008. – Т. 5. – С. 84–95.
13. Складання прогнозно-мінерагенічної карти масштабу 1:200 000 на золото Середнього Придністров'я : звіт про НДР / Р. М. Довгань та ін. – Фурси : Правобережна ГЕ, 2002.
14. *Янгичер Н. Н.* Отчет о результатах поисковых работ на ртуть в Среднем Приднестровье в пределах Подольской металлогенической зоны за 1967–1968 гг. / Н. Н. Янгичер. – 1969.

Стаття: надійшла до редакції 23.07.2018
прийнята до друку 06.08.2018

Myron Kovalchuk[1], **Liubov Fihura**[1], **Iryna Kapelista**[2]

[1]*Institute of Geological Sciences of NAS of Ukraine,*
55b, Olesia Honchara St., Kyiv, Ukraine, 01601,
kms1964@ukr.net
[2]*National Aviation University,*
1, Kosmonavta Komarova Av., Kyiv, Ukraine, 03058,
kapelistaja.irina@ukr.net

GOLD CONTENT OF MOHYLIV-PODILSKA AREA AND DIRECTIONS OF ITS FURTHER RESEARCH

The analysis of gold content in geological formations of Mohyliv-Podilska area (Middle Dniester region) has been carried out. The results of lithochemical testing of the Dniester left tributaries bottom sediments are presented. The analysis of mineral and chemical composition of the watercourses bottom sediments has been carried out, and their relationship to the geological structure of the territory has been established. The main directions of further prospecting and evaluation works for gold are determined.

Key words: gold content, crystalline basement, sedimentary cover, Dniester, Mohyliv-Podilska area, Middle Dniester region.

MINERALOGICAL COLLECTION
2018. N 68, Is. 1. P. 54–57
ISSN 2078-6220

МІНЕРАЛОГІЧНИЙ ЗБІРНИК
2018. № 68, вип. 1. С. 54–57
ISSN 2078-6220

УДК 549.211:552.5(571.56)

Николай Зинчук

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

ОСОБЕННОСТИ АЛМАЗОВ В ДРЕВНИХ ОСАДОЧНЫХ ТОЛЩАХ

Кратко описано типоморфные особенности кристаллов алмаза из россыпей четырёх алмазоносных субпровинций Сибирской платформы – Тунгусской, Центрально-Сибирской, Лено-Анабарской и Алданской.

Ключевые слова: алмаз, типоморфные особенности, россыпи, осадочные породы, Сибирская платформа.

Алмаз – минерал с широким комплексом физико-химических, кристаллографических и других особенностей, которые отражают своеобразие термодинамических и геохимических условий его образования и могут быть типоморфными [1, 2]. Алмазы из отдельных кимберлитовых тел, а также из различных минералого-петрографических разновидностей кимберлитов даже в одном месторождении довольно существенно отличаются по ряду типоморфных особенностей. Зная свойства алмазов из кимберлитовых тел, можно с большой долей уверенности решить вопрос о коренном источнике изучаемой россыпи или группы россыпей.

Благодаря многолетним исследованиям алмазов из коренных и россыпных месторождений Сибирской платформы (СП) (Якутия, Иркутская область, Красноярский край) накоплен громадный фактический материал по типоморфным особенностям алмаза из кимберлитовых тел, современных отложений и разновозрастных вторичных коллекторов (C_1, P_1, $T_{2–3}$, J_1, K_1, $N–Q_1$), выделены типы первоисточников и выполнено районирование СП по алмазам. При этом использовано минералогическую классификацию алмазов, разработанную Ю. Орловым [2], которая имеет глубокое физическое обоснование и содержит 11 генетических разновидностей алмазов (с дополнительным разделением кристаллов отдельных групп по габитусу и морфологическим типам кристаллов).

По результатам комплексного исследования алмазов из россыпей СП мы выделили [1] четыре алмазоносные субпровинции: Тунгусскую (с Байкитской и Саяно-Тунгусской областями), Центрально-Сибирскую, Лено-Анабарскую (с Анабаро-Оленёкской и Приленской областями) и Алданскую. Алданская примечательна тем, что в ней обнаружены единичные округлые алмазы, для которых характерны признаки механического изнашивания, ромбический узор трещин и зелёные пятна пигментации, что обычно присуще кристаллам из докембрийских толщ.

© Зинчук Николай, 2018

В **Тунгусской алмазоносной субпровинции** (ТАС) кимберлитовые минералы и алмазы зафиксированы в углисто-терригенных отложениях $C_{2–3}$ Тычанской и Тарыдакской алмазоносных площадей, которые залегают на размытой поверхности глинисто-карбонатных пород $Є_{2–3}$ или на сохранившейся на них коре выветривания (КВ), перекрыты триасовыми туфами и сложно интрудированы телами траппов.

В **Центрально-Сибирской алмазоносной субпровинции** (ЦСАС) алмазы отмечены в отложениях PZ_3 Малоботуобинского, Моркокинского и Далдыно-Алакитского алмазоносных районов. Среднепалеозойские кимберлитовые трубки этих районов тяготеют к Вилюйско-Мархинской зоне глубинных разломов (тектонической активизации). Преобладание алмазов октаэдрического и переходного к ромбододекаэдрическому габитусов зафиксировано в отложениях PZ_3 Малоботуобинского района (Курунг-Юряхский, Бахчинский и Лапчанский россыпные ореолы). В Моркокинском районе пространственно разобщенные ореолы рассеяния алмазов (Дьюкунахский, Хатырыкский, Ыгыаттинский, Чагдалинский и Нижнеморкокинский) приурочены к междуречью Моркока–Вилюй. Мезозойские россыпи “Новинка” и “Водораздельные галечники” образованы, в основном, благодаря размыванию кимберлитовых трубок Интернациональная и Мир. Значимых отличий между алмазами из верхнепалеозойских и мезозойских отложений на одном и том же участке мы не обнаружили (россыпи “Солур” и “Восточная”). В Далдыно-Алакитском районе (бассейн верхнего течения рек Марха и Алакит) алмазоносными являются отложения конекской свиты (*P*–*C*).

Лено-Анабарская алмазоносная субпровинция (ЛАС) охватывает северо-восточную часть СП и совпадает с полем развития отложений *PR* и PZ_1 Анабарской антеклизы и Оленёкского поднятия, обрамлённых выходами пород *P*, *T*, *J* и *K*. В её пределах выделено пять алмазоносных районов: Анабарский, Среднеоленёкский, Нижнеоленёкский, Приленский и Муно-Тюнгский. Древние (нижнекаменноугольные) россыпи и проявления обнаружены в Кютюнгдинском поле. Тут преобладают (иногда до 95 %) кристаллы разновидности 1, представленные ламинарными кристаллами ряда октаэдр–ромбододекаэдр ромбододекаэдрического (23 %), октаэдрического (18) и переходного между ними (28 %) габитуса, в сумме они составляют более 70 % кристаллов, что характерно для богатых кимберлитовых тел фанерозойского возраста центральной части СП. Среди них велика доля (до 29 %) полуокруглых кристаллов с блоковой скульптурой. Содержание таких кристаллов аномально высокое среди россыпей северо-востока СП. В пределах описываемого поля зафиксировано также очень низкое содержание типичных округлых алмазов “уральского” (“бразильского”) типа (10 %) и додекаэдроидов с шагренью и полосами пластической деформации (до 4,4 %), при этом обнаружено значительное количество (до 7 %) бесцветных кубоидов разновидности 1.

Проведенные исследования свидетельствуют, что в пределах юго-западной части СП (ТАС) и отдельных россыпей и ореолов Малоботуобинского района (Тарыдакский и Дьюкунахский) регионально распространены мелкие кристаллы октаэдрического габитуса. В Тычанском районе выделено отдельные участки, где заметно преобладают кристаллы “мирнинского” типа, однако сделано заключение о множественности первоисточников алмаза, поэтому в районе прогнозируют ещё не открытые коренные источники как среднепалеозойского, так и более древнего возраста.

Результаты комплексного исследования алмазов из разновозрастных россыпей и их сравнение с кристаллами из кимберлитовых тел региона свидетельствуют о том, что каждому из рассмотренных алмазоносных районов присущи определённые комплексы типоморфных особенностей алмаза и набор минералогических ассоциаций. Область

развития отдельных макроассоциаций (семейств) в пределах субпровинции обычно ограничена алмазоносным районом, в пределах которого распространены комплексы разновозрастных прибрежно-морских и терригенных древних вторичных коллекторов PZ_3 и *MZ* возраста. В отдельных россыпях Малоботуобинского района зафиксировано подобие типоморфных особенностей алмазов из отложений PZ_3 и *MZ*, что свидетельствует о формировании этих отложений вследствие размывания древнего коллектора или коренного источника среднепалеозойского и более древнего возраста. Характерны полигенность ассоциаций алмазов из разновозрастных россыпей и широкое проявление россыпной алмазоносности (до промышленных концентраций) в пределах Малоботуобинского и Среднемархинского алмазоносных районов. Среди алмазов ЛАС резко преобладают кристаллы невыясненного генезиса (ассоциация так называемого эбеляхского типа), превалируют кристаллы кубического и тетрагексаэдрического габитуса, полуокруглые октаэдроиды, сложно деформированные двойники и сростки додекаэдроидов, во всех генетических типах отложений типичны округлые алмазы. Проявления россыпной алмазоносности здесь намного более масштабны, чем в других алмазоносных районах провинции.

Своеобразные типоморфные особенности характерны для алмазов нижнекаменноугольных отложений Кютюнгдинского прогиба. Среди них до 90 % составляют кристаллы кимберлитового генезиса, около 10 % – типичные округлые алмазы. По типоморфным особенностям алмазов выделено два района с различными типами первоисточников. В районе Кютюнгдинского грабена и на прилегающей к нему с юго-запада территории распространены, преимущественно, алмазы “кютюнгдинского” октаэдрического типа. На остальной части территории проявлены россыпи, которые сформировались благодаря многократному перемыванию и переотложению вторичных коллекторов в отдельные периоды мезозойской истории россыпеобразования. В этих россыпях преобладают алмазы так называемой нижнеленской минералогической ассоциации невыясненного генезиса, а также типичные округлые образования.

Список использованной литературы

1. *Зинчук Н. Н.* Типоморфизм алмазов Сибирской платформы / Н. Н. Зинчук, В. И. Коптиль. – М. : Недра, 2003. – 603 с.
2. *Орлов Ю. Л.* Минералогия алмаза / Ю. Л. Орлов. – М. : Наука, 1973. – 223 с.

Стаття: надійшла до редакції 26.07.2018
прийнята до друку 06.08.2018

Nikolai Zinchuk

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

FEATURES OF DIAMOND IN ANCIENT SEDIMENTARY SERIES

Typomorphic features of diamond crystals from placers of four diamondiferous subprovinces of the Siberian platform – Tungusskaya, Central-Siberian, Leno-Anabarskaya and Aldanskaya – are briefly described. In doing so, we used mineralogical classification of diamonds by Yu. Orlov; it has a deep physical basis and contains 11 genetic varieties of diamonds (with an additional separation of the crystals of individual groups according to the habitus and the morphological types of crystals).

Key words: diamond, typomorphic features, placers, sedimentary rocks, Siberian platform.

MINERALOGICAL COLLECTION
2018. N 68, Is. 1. P. 58–61
ISSN 2078-6220

МІНЕРАЛОГІЧНИЙ ЗБІРНИК
2018. № 68, вип. 1. С. 58–61
ISSN 2078-6220

УДК 549:553.31(477.63)

Світлана Тіхлівець, Валентина Філенко

ДВНЗ "Криворізький національний університет",
вул. Пушкіна, 37, Кривий Ріг, Україна, 50002,
tikhlivets.svetlana@gmail.com

МОРФОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ МАГНЕТИТУ ПРОДУКТИВНОЇ ТОВЩІ ПІВНІЧНОГО РАЙОНУ КРИВОРІЗЬКОГО БАСЕЙНУ

Наведено результати досліджень морфологічних особливостей магнетиту залежно від його розміщення в розрізі залізисто-кременистої формації Криворізького басейну. Отримані результати дають змогу зрозуміти варіативність технологічних показників залізистих кварцитів Північного району Криворізького басейну.

Ключові слова: магнетит, кристаломорфологія, залізисті кварцити, залізисто-кремениста формація, Криворізький басейн, Український щит.

Нині перед геологічними службами гірничодобувних підприємств Криворізького басейну поставлено завдання забезпечити гірничозбагачувальні комбінати сировиною, яка б давала змогу одержувати високоякісний залізорудний концентрат – такий, що відповідає вимогам світового ринку. Виконати це завдання можна тільки з урахуванням природних можливостей руд, їхньої здатності до збагачення.

Одним з головних напрямів вирішення цієї проблеми є мінералогічне вивчення руд з родовищ Південного, Центрального та Північного районів Кривбасу, що допоможе виокремити поклади руд різного мінерального складу й, відповідно, з різними технологічними показниками.

Продуктивна товща Ганнівського родовища (Північний район) складена бідними магнетитовими рудами п'ятого й шостого залізистих горизонтів. Обом горизонтам притаманна чітка аутигенно-метаморфогенна мінералогічна зональність [4]. Залізисті кварцити зазнали епігенетичних змін – натрієвого метасоматозу, гіпергенезу та ін. [1]. Тіла, складені епігенетичними утвореннями, також мають зональну будову [3].

У процесі мінералогічного картування ми зафіксували численні ознаки варіативності морфологічних і анатомічних особливостей кристалів, хімічного складу та фізичних властивостей рудоутворювальних, другорядних і акцесорних мінералів залізистих кварцитів. Для досліджень відібрано 248 проб руди, з яких виготовлено 236 прозорих і 278 полірованих шліфів.

Головний мінерал руд – магнетит – утворює разом із кварцом рудні прошарки в незмінених магнетитових кварцитах, зрідка наявний у вигляді дрібних включень у нерудних прошарках, а також у рудних і нерудних прошарках метасоматично змінених залізистих кварцитів.

© Тіхлівець Світлана, Філенко Валентина, 2018

Результати мікроскопічних досліджень засвідчили, що характер агрегативності індивідів магнетиту закономірно змінюється в розрізі. Для центральної зони п'ятого залізистого горизонту, яка представлена залізнослюдково-магнетитовими кварцитами, характерні стрічкоподібні, рідше блокові й гілчасті агрегати магнетиту. У магнетитових і кумінгтоніт-магнетитових кварцитах проміжних зон стрічкоподібних агрегатів менше, переважають блокові й гілчасті. До того ж кумінгтоніт-магнетитовим кварцитам притаманні більші індивіди магнетиту в складі агрегатів. Для магнетит-кумінгтонітових кварцитів периферійних зон горизонтів найбільше характерні великі блокові агрегати, а також поодинокі великі субідіоморфні індивіди магнетиту.

У тілах натрієвих метасоматитів також виявлено закономірну зміну морфології магнетитових агрегатів по мінералогічних зонах. Мономінеральні агрегати (стрічко- та блокоподібні) характерні для зон рибекітизації. У зонах егіринізації й окварцювання залізистих кварцитів поширені агрегати складнішої морфології – гілчасто-блокові, гілчасті, вкраплені. Причина полягає в активному заміщенні індивідів і агрегатів магнетиту новоутворюваним егірином (лужні метасоматизувальні розчини) та кварцом (кислі розчини). Близькі до нейтральних розчини, під впливом яких формувалися зони рибекітизації, сприяли збірній перекристалізації магнетиту. Це супроводжувалось укрупненням його кристалів і утворенням агрегатів, близьких за складом до мономінеральних.

Тенденцію до спрощення форми кристалів, наближення її до кристалографічно довершеної можна проілюструвати зменшенням відхилення дигедральних кутів у потрійних точках агрегатів магнетиту від 120° [2]. Вимірювання дигедральних кутів ми виконували за допомогою мінераграфічного мікроскопа в полірованих шліфах після їхнього короткочасного (30–40 с) травлення в парах соляної кислоти. У кожному шліфі вимірювали три дигедральні кути навколо потрійних точок контактів кристалів магнетиту. Обчислення виконано для магнетиту з незмінених і метасоматично змінених залізистих кварцитів (табл. 1, 2).

Таблиця 1

Морфологічна характеристика магнетиту з вихідних незмінених залізистих кварцитів продуктивної товщі Ганнівського родовища

Кварцити, з яких відібрано магнетит	Дигедральні кути у потрійних точках ±(120°-α)		
	n	x	S_x
Залізнослюдково-магнетитові	18	10,1	6,1
Магнетитові	13	9,7	5,5
Кумінгтоніт-магнетитові	10	9,3	5,6
Магнетит-кумінгтонітові	7	8,6	4,5

П р и м і т к и: n – кількість визначень; x – середнє значення показників; S_x – стандартне відхилення.

Наведені в табл. 1, 2 результати засвідчують, що відхилення розміру дигедральних кутів від ідеального (120°) закономірно й поступово зменшується від залізнослюдково-магнетитових до магнетит-кумінгтонітових кварцитів, тобто від центральних до периферійних зон залізистих горизонтів продуктивної товщі. У цьому напрямі зменшується також показник середньоквадратичного відхилення значень дигедральних кутів.

У зонах рибекітизації досліджуваний показник ближчий до ідеального, ніж у зонах егіринізації й окварцювання. Це також підтверджує зроблений висновок про активне розчинення й заміщення кристалів магнетиту в зонах егіринізації й окварцювання, що зумовило їхню ксеноморфність.

Таблиця 2

Морфологічна характеристика магнетиту з натрієвих метасоматитів продуктивної товщі Ганнівського родовища

Метасоматити, з яких відібрано магнетит	Дигедральні кути у потрійних точках ±(120°-α)		
	n	*x*	S_x
Утворені по залізослюдково-магнетитових кварцитах			
Великокристалічні рибекіт-магнетит-егіринові метасоматити	15	7,4	3,7
Залізнослюдково-рибекіт-магнетитові кварцити	13	6,7	2,1
Залізнослюдково-магнетитові окварцьовані кварцити	13	8,2	3,5
Утворені по магнетитових кварцитах			
Великокристалічні рибекіт-магнетит-егіринові метасоматити	15	7,8	3,7
Рибекіт-магнетитові кварцити	7	7,4	1,8
Окварцьовані магнетитові кварцити	14	8,2	2,7

Отже, у розрізі продуктивної товщі Ганнівського родовища й усього Північного району Кривбасу та серед епігенетичних утворень чітко виявлені закономірні зміни морфологічних показників індивідів і агрегатів рудоутворювальних мінералів, їхнього хімічного складу і – як наслідок – технологічних властивостей руд.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Евтехов В. Д.* Особенности минералого-технологического картирования месторождений в метасоматически измененных железистых кварцитах (на примере Кривбасса) / В. Д. Евтехов // Онтогения минералов и технологическая минералогия. – Киев : Наук. думка, 1988. – С. 82–92.
2. *Жабин А. Г.* Онтогения минералов. Агрегаты / А. Г. Жабин. – М. : Наука, 1979. – С. 132–139.
3. *Карпенко С. В.* Мінералогічна зональність метасоматичних тіл продуктивної товщі Ганнівського родовища та її вплив на збагачувальність руд / С. В. Карпенко // Гірничо-металургійний комплекс : досягнення, проблеми та перспективи розвитку-2010 : міжнар. наук.-тех. конф. : тези доп. студентів. – Кривий Ріг : Видавн. центр КТУ, 2010. – С. 15–17.
4. *Карпенко С. В.* Аутигенно-метаморфогенная минералого-геохимическая зональность продуктивной толщи Анновского месторождения (Криворожский бассейн) / С. В. Карпенко, В. Д. Евтехов, А. В. Евтехова // Наук. вісн. НГУ. – 2009.– № 3.– С. 54–57.

Стаття: надійшла до редакції 13.07.2018
прийнята до друку 06.08.2018

Svitlana Tikhlivets, Valentyna Filenko

Kryvyi Rih National University,
37, Pushkina St., Kryvyi Rih, Ukraine, 50002,
tikhlivets.svetlana@gmail.com

MORPHOLOGICAL FEATURES OF MAGNETITE FROM PRODUCTIVE SERIES OF THE KRYVYI RIH BASIN NORTHERN REGION

We investigated the morphological features of magnetite from ferruginous-siliceous formation of the Kryvyi Rih basin depending on the placement of mineral in the formation geological section. The obtained results make it possible to understand the variability of technological parameters of ferruginous quartzites in the Northern region of the Kryvyi Rih basin.

Key words: magnetite, crystallomorphology, ferruginous quartzites, ferruginous-siliceous formation, Kryvyi Rih, Ukrainian shield.

MINERALOGICAL COLLECTION
2018. N 68, Is. 1. P. 62–66
ISSN 2078-6220

МІНЕРАЛОГІЧНИЙ ЗБІРНИК
2018. № 68, вип. 1. С. 62–66
ISSN 2078-6220

УДК 553.493(477.63)

Степан Кривдік[1], Віктор Шаригін[2, 3], Олександр Дубина[1]

[1]*Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка НАНУ, просп. акад. Палладіна, 34, Київ, Україна, 01142,*
kryvdik@ukr.net
[2]*ФДБУН Інститут геології і мінералогії імені В.С. Соболєва СВ РАН, Новосибірськ, РФ*
[3]*ФДБОУ ВПО Новосибірський державний університет,*
sharygin@igm.nsc.ru

Ta-Nb МІНЕРАЛІЗАЦІЯ В ЛУЖНИХ ПОРОДАХ ПРИАЗОВ'Я І ПРИДНІПРОВ'Я

Наведено результати дослідження мінералів-концентраторів Nb в лужних породах Приазов'я і Придніпров'я (Україна). У маріуполітах Октябрського масиву проаналізовано натро- і кальціопірохлор. Натропірохлор відрізняється високим вмістом Na (10,05–10,85 % Na_2O), рідкісноземельних елементів (12–18 % REE_2O_3), урану (7,30–12,86 % UO_2) та низьким вмістом Ta. У дайкових мікрофойяїтах цього масиву проаналізовано взірці кальціопірохлору, варіабельні за вмістом Ta_2O_5, Na_2O, ZrO_2. В агпаїтових фонолітах серед мінералів групи пірохлору виявлено два різновиди: багатий на Ta (до 23,8 % Ta_2O_5) і Zr (11,6 % ZrO_2) натропірохлор та багатий на РЗЕ фторцеріопірохлор (до 31 % REE_2O_3) з високим вмістом U_3O_8 (до 9,05 %). Мінерали групи пірохлору з фойяїтів Малотерсянського масиву поширені незначно, представлені фторкальціопірохлором. У лужних метасоматитах Дмитрівки серед мінералів групи пірохлору переважають різновиди з підвищеним або високим вмістом РЗЕ та низьким або помірним Ta, Th і U. В окремих взірцях зафіксовано плюмбопірохлор (32,8 % PbO) та ніобат з високим вмістом Y (до 15 % Y_2O_3), який трактовано як ітропірохлор. Особливістю мінералів групи пірохлору в карбонатитах і фенітах Хлібодарівського кар'єру є підвищений вміст ThO_2 (до 9,9 %), REE_2O_3 (9 %) за низького вмісту UO_2 (0,22 %) і Ta_2O_5.

Ключові слова: лужні породи, пірохлор, хімічний склад, Приазов'я, Придніпров'я, Україна.

У Приазов'ї, особливо в його східній частині, давно відомі лужні породи магматичного й метасоматичного походження, з якими пов'язана мінералізація рідкісних металів: Nb, Ta, Zr, REE і Y. Останніми роками ми досліджували мінералізацію рідкісних металів (Nb, Ta, Zr, REE, Y, Li, Sr) у лужних магматичних породах Октябрського й Малотерсянського масивів та в лужних метасоматитах (фенітах) Дмитрівського кар'єру і карбонатитах Хлібодарівського кар'єру (Східне Приазов'я). Головними концентраторами Nb і Ta у цих об'єктах є мінеральні різновиди з надгрупи пірохлору. Достатньо зрідка трапляються колумбіт та мінерал Nb й Y – фергусоніт-Y.

Мінерали групи кальціопірохлору в дайкових мікрофойяїтах Октябрського масиву відмінні за вмістом Ta_2O_5, Na_2O, ZrO_2. Окрім "звичайного" пірохлору, характерного для

© Кривдік Степан, Шаригін Віктор, Дубина Олександр, 2018

маріуполітів, виявлено досить високотанталовий (13,2 % Ta_2O_5) різновид з високим вмістом ZrO_2 (до 6,7 %). Іноді трапляється кальціопірохлор, зерна якого по периферії збагачені PbO та збіднені Ta_2O_5 порівняно з центральною частиною (до 8,7 % Ta_2O_5).

В агпаїтових фонолітах масиву серед мінералів групи пірохлору виявлено два різновиди: перший – багатий на Ta (до 23,8 % Ta_2O_5) і Zr (11,6 % ZrO_2) натропірохлор; другий – багатий на REE фторцеріопірохлор (до 31 % REE_2O_3) з високим умістом U_3O_8 (до 9,05 %) (рис. 1, 2).

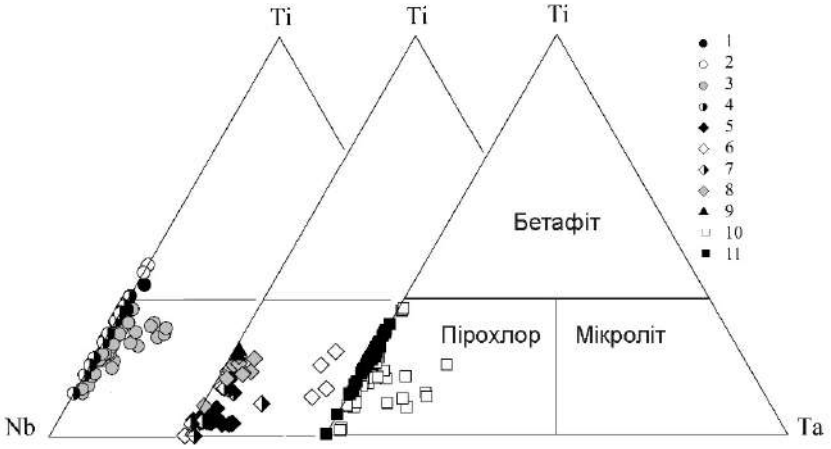


Рис. 1. Класифікаційна діаграма мінералів надгрупи пірохлору (*B*-позиція).

Дмитрівський кар'єр: *1* – мінерали групи пірохлору; *2* – мінерали групи пірохлору, збагачені титаном; *3* – плюмбопірохлор; *4* – ітропірохлор-(Y); Октябрський масив: *5* – із дайкового мікрофойяїту; *6* – з агпаїтового фоноліту; *7* – з маріуполіту; *8* – з маріуполітів*; *9* – мінерали групи пірохлору Малотерсянського масиву; *10* – з Чернігівського масиву; *11* – з Хліборадівського кар'єру.

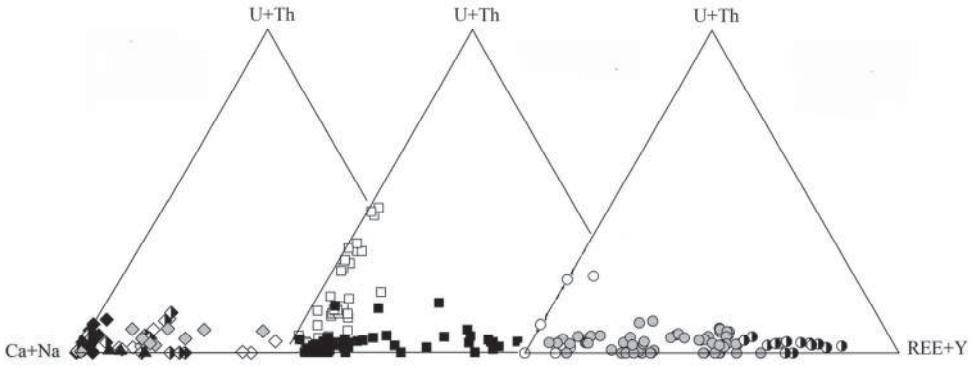


Рис. 2. Співвідношення деяких елементів (*A*-позиція) у мінералах групи пірохлору з лужних порід Східного Приазов'я. Умовні позначення див. на рис. 1.

*"Silicified" pyrochlore from nepheline syenite (mariupolite) of the Mariupol Massif, SE Ukraine: A new insight into the role of silicon in the pyrochlore structure / M. Dumańska-Słowik, A. Pieczka, G. Tempesta et al. // Amer. Miner. – 2014. – Vol. 99. – P. 2008–2017.

У маріуполітах проаналізовано натро- і кальціопірохлор. Натропірохлор відрізняється від більшості опублікованих даних високим вмістом Na (10,05–10,85 % Na_2O), REE (12–18 % REE_2O_3), U (7,30–12,86 % UO_2) та низьким вмістом Ta. Кальціопірохлор подібний до більшості взірців пірохлору з маріуполітів, аналізи яких опубліковано.

У фойяїтах Малотерсянського масиву мінерали групи пірохлору поширені менше. Проаналізовані різновиди належать до фторкальціопірохлору з помірним вмістом Ta_2O_5 (1,06–1,50 %), UO_2 (0,53–0,65), Ce_2O_3 (1,99–2,76 %) та підвищеним – SrO (1,99–2,13 %).

У лужних метасоматитах Східного Приазов'я діагностовано власні мінерали Nb і Ta трьох груп – пірохлору, колумбіту і фергусоніту. Найбільше їх виявлено в суттєво альбітових і мікроклін-альбітових лужних метасоматитах Дмитрівського кар'єру та карбонатитах і фенітах Хлібодарівського кар'єру.

Мінерали групи пірохлору в лужних метасоматитах (фенітах) Дмитрівки різноманітніші за хімічним складом. Серед них переважають мінерали групи пірохлору з підвищеним або високим вмістом REE та низьким або помірним – Ta, Th і U. Плюмбопірохлор (32,8 % PbO) з високий вмістом WO_3 (~ 8 %) виявлено в піроксен-біотитовому альбітиті. Включенням пірохлору в цирконі або в зростках з ним притаманний високий уміст Y (до 7–15 % Y_2O_3) та Yb (до 4,3 % Yb_2O_3), а ділянками – високий вміст Ta_2O_5 (до 12,7 %) та підвищений – ThO_2 (1,7–2,8 %).

В інших пробах лужних метасоматитів Дмитрівки виявлено різновид мінералу групи пірохлору з високим вмістом REE_2O_3 (19 %) та підвищеним – Y_2O_3, а також різновиди з високим умістом PbO (до 29 %), ThO_2, SrO і BaO.

Ніобат з високим вмістом Y (до 15 % Y_2O_3), який трактують як ітропірохлор, на відміну від зазначеного вище різновиду, багатого на Y і Yb, має низький вміст Ta і Ce. Наразі це перші знахідки мінералів групи пірохлору з таким високим вмістом ітрію. Мінерал неоднорідний за будовою, має досить мінливий уміст Y в різних ділянках та підвищений уміст Zr (до 6,35 % ZrO_2).

Особливістю мінералів групи пірохлору в карбонатитах і фенітах Хлібодарівського кар'єру є підвищений вміст ThO_2 (1,8–1,9 %, в окремих зернах – до 9,9 %), причому цей компонент у більшості випадків переважає над UO_2, REE_2O_3 (9 %) за низького вмісту UO_2 (0,22 %) і Ta_2O_5. Вміст рідкісноземельних елементів достатньо варіабельний: (La_2O_3 + Ce_2O_3) – від 1,9 до 7,0 %. Мінерали групи пірохлору у фенітах подібні до таких із жильних карбонатитів цього кар'єру за низьким вмістом Ta і неоднорідним розподілом REE (помірний або низький у центральній частині кристалів до 16 % REE_2O_3 на периферії зерен). У карбонатитах мінерали групи пірохлору мають високий вміст Y – до 4,0 % Y_2O_3, а в церіопірохлорі з феніту – до 5,13 %; виявлено його позитивну кореляцію з концентрацією REE.

Значне переважання мінералів групи пірохлору над іншими ніобатами в лужних магматичних породах і лужних метасоматитах Східного Приазов'я зумовлено, вочевидь, високою лужністю (і перенасиченістю лугами) цих порід.

Найбільш збагачені Ta різновиди пірохлору виявлено в магматичних і метасоматичних породах, пересичених лугами. Мінерали групи пірохлору в породах з коефіцієнтом агпаїтності (Na + K)/Al > 1 або в асоціації з лужними піроксенами можуть бути й високотанталові.

Переважна більшість досліджуваних мінералів групи пірохлору, у тім числі збагачені Ta і U (іноді Th), на трикутних діаграмах Nb–Ta–Ti (див. рис. 1) і (Ca + Na)–(U + Th)–(REE + Y) (див. рис. 2) розташована в полі групи пірохлору, тільки деякі з них можна зачислити до гатчетоліту, а різновиди, суттєво збагачені REE, – до мариньякіту

(див. рис. 2). Відмінним від мінералів групи пірохлору є різновид, багатий на Pb, – плюмбопірохлор, а також багатий на Sr і, частково, на Ba різновид пірохлору. У типових магматичних породах Октябрського й Малотерсянського масивів та карбонатитах Чернігівського масиву мінералам групи пірохлору притаманний низький уміст Y, а серед рідкісноземельних елементів у них переважають легкі лантаноїди.

Уважають, що барієві, калієві, частково стронцієві, а також багаті на Ce різновиди групи пірохлору утворюються внаслідок вторинних низькотемпературних процесів, у тім числі звітрювання. Це не зовсім узгоджується з результатами наших досліджень. У високотемпературних метасоматитах Дмитрівського кар'єру наявні різновиди пірохлору з високим вмістом REE, Sr і Ba, в Октябрському масиві – з високим вмістом REE_2O_3, у карбонатитах Хлібодарівського кар'єру – з високим вмістом Sr (до 4,9 % SrO).

Отже, за результатами мікрозондового дослідження мінералів Nb і Ta в лужних метасоматитах Приазов'я та магматичних породах Октябрського, Малотерсянського й Чернігівського масивів визначено значне розмаїття цих мінералів.

Стаття: надійшла до редакції 23.07.2018
прийнята до друку 06.08.2018

Stepan Kryvdik[1], Viktor Sharygin[2, 3], Oleksandr Dubyna[1]

[1]*M. P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NAS of Ukraine,*
34, Acad. Palladin Av., Kyiv, Ukraine, 03680,
kryvdik@ukr.net
[2]*V. S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy of RAS, Novosibirsk, Russia*
[3]*Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia,*
sharygin@igm.nsc.ru

Ta-Nb MINERALIZATION IN ALKALINE ROCKS OF THE AZOV AND MIDDLE DNIEPER REGIONS

The results of niobium minerals investigation in alkaline rocks of the Azov and Middle Dnieper regions are presented.

In the mariupolites of the Oktiabrskyi massif, natro- and calciopyrochlore have been analyzed. Natropyrochlore differs from most published analyzes by high Na (10.05–10.85 % Na_2O), REE (12–18 % REE_2O_3) and U (7.3–12.86 % UO_2) and low Ta content.

In the dike microfoyaites of this massif investigated calciopyrochlore varies in the content of Ta_2O_5, Na_2O, ZrO_2.

In agpaitic phonolites among the minerals of the pyrochlore group two types were found: (1) rich in Ta (up to 23.8 % Ta_2O_5) and Zr (11.6 % ZrO_2) natropyrochlore; (2) enriched in REE fluorceriopyrochlore (up to 31 % REE_2O_3) with a high content of U_3O_8 (up to 9.05 %).

Minerals of the pyrochlore group from foyaites of Malotersianskyi massif have a negligible distribution and are represented by fluorocalciopyrochlore.

In alkaline metasomatites of Dmytrivka among minerals of the pyrochlore group, the varieties prevail with increased or high content of REE and low or moderate – Ta, Th and U. In some samples, plumbopyrochlore (32.8 % PbO) and niobate with high Y content (up to 15 % Y_2O_3), probable yttriumpyrochlore, are presented too.

The peculiarity of the pyrochlore group minerals in the carbonatites and fenites of Khlibodarivskyi quarry is the high ThO_2 content (up to 9.9 %), REE_2O_3 (9 %) at low UO_2 (0.22 %) and Ta_2O_5.

Key words: alkaline rocks, pyrochlore, chemical composition, Azov region, Middle Dnieper region, Ukraine.

MINERALOGICAL COLLECTION
2018. N 68, Is. 1. P. 67–71
ISSN 2078-6220

МІНЕРАЛОГІЧНИЙ ЗБІРНИК
2018. № 68, вип. 1. С. 67–71
ISSN 2078-6220

УДК 549.641.23:548.32(477)

Віталій Харитонов[1], **Таїсія Харитонова**[2]

[1]*ДВНЗ "Криворізький національний університет",*
вул. Пушкіна, 37, Кривий Ріг, Україна, 50002,
wdnh72@gmail.com
[2]*Криворізький природничо-науковий ліцей,*
вул. Володимира Великого, 32а, Кривий Ріг, Україна, 50000,
7072@gmail.com

ЗОЛОТОВМІСНІ МІНАЛИ У СКЛАДІ ІЛЬМЕНІТУ НОСАЧІВСЬКОГО РОДОВИЩА

В ільменіті Носачівського родовища (Черкаська обл.) виявлено такі елементи-домішки, як Mn, Mg, Sc, V, Si, Nb, Al, Ca, Cu та Au. На підставі кристалохімічних правил доведено, що найсприятливішими для гетеровалентного ізоморфного входження у структуру ільменіту є мінали з Au^{5+}.

Ключові слова: ільменіт, елементи-домішки, золото, ізоморфізм, титанові руди, Носачівське родовище, Україна.

Черкаська область є другим за значенням, після Житомирської, регіоном поширення корінних фосфор-титанових руд в Україні. Тут є декілька родовищ, які пов'язані з Корсунь-Новомиргородським плутоном. Найдетальніше вивчено Носачівське родовище. У процесі технолого-мінералогічних вишукувань за участю криворізьких науковців у декількох ільменітових індивідах виявили золото. За допомогою електронного мікроскопа-мікроаналізатора РЕММА-102-02 визначено інтервал коливання вмісту металу – 1,4–2,1 %. Крім золота, у точках зондування відшукали інші домішки: Mn, Mg, Sc, V, Si, Nb, Al, Ca, Cu.

Відомостей про вміст золота в складі ільменіту з фосфор-титанових руд Носачівського та інших родовищ України в опублікованих матеріалах ми не знайшли. У декількох публікаціях [1, 3] повідомлено про наявність золота в складі магнетиту й ільменіту, які генетично пов'язані з гранітоїдами. Зазначено, що сприятливішою для ізоморфного входження Au є структура магнетиту. Ми мали на меті перевірити можливість входження в структуру ільменіту Au-вмісних міналів на підставі певних кристалохімічних правил.

Для обчислень за правилами В. Гольдшмідта (15-відсоткове правило і толеранс-фактор *t*), В. Соболєва, О. Поваренних, Л. Полінга (15-відсоткове правило) використано значення йонних радіусів системи Р. Шеннона і Ч. Пруітта. У розрахунках за правилом У. Юм-Розері застосовано значення атомних радіусів системи Дж. Слейтера. Зазначені кристалохімічні правила розмірності, за винятком толеранс-фактора, сформульовані для бінарних сполук, які описують загальною формулою AX, де A – катіон, X – аніон. Склад ільменіту, як і склад більшості запропонованих міналів, описують формулою

© Харитонов Віталій, Харитонова Таїсія, 2018

$A_nB_mX_p$, де A – перший катіон, B – другий катіон, X – аніон, *n*, *m* та *p* – індекси. Тому для обчислення відповідності правилам ізоморфізму ми брали середньоарифметичне значення радіусів обох катіонів, а для правила О. Поваренних – значення міжатомних відстаней: $\Delta R_k = (nR_{AX} + mR_{BX}):(n + m)$.

Межею сприятливої до ізоморфізму різниці в значеннях електронегативності хімічних елементів прийнято 0,5, що відповідає різниці за цим показником заліза й магнію – типових ізоморфних замінників одне одного в складі ільменіту, гейкеліту та багатьох інших мінералів. Енергію кристалічної ґратки обчислювали за формулою А. Капустинського [2].

Золото буває одно-, три- і п'ятивалентне, тому його ізоморфне входження до складу ільменіту можливе тільки за гетеровалентними схемами. Як мінали з Au^+ аналізували сполуки з такими загальними формулами:

1) $Au^+_2Me^{4+}O_3$, де Me^{4+} – Ti^{4+}, Nb^{4+}, V^{4+}, Si^{4+};
2) $Au^+Me^{5+}O_3$;
3) $Au^+_2Me^{5+}_2O_6$, де Me^{5+} – Au^{5+}, Nb^{5+}, V^{5+}.

Можливі схеми ізоморфного заміщення такі:

1) $2Au^+ + Me^{4+} \rightarrow Fe^{2+} + Ti^{4+}$;
2) $Au^+ + Me^{5+} \rightarrow Fe^{2+} + Ti^{4+}$;
3) $2Au^+ + 2Me^{5+} \rightarrow 2Fe^{2+} + 2Ti^{4+}$.

Для міналів з Au^{3+} ми прийняли загальні формули $Au^{3+}Me^{3+}O_3$ та $Me^{3+}Au^{3+}O_3$, де Me^{3+} – $Fe^{3+}_{нс}$, $Fe^{3+}_{вс}$, Ti^{3+}, $Mn^{3+}_{нс}$, $Mn^{3+}_{вс}$, Al^{3+}, Nb^{3+}, V^{3+}, Sc^{3+}, Au^{3+}, $Cu^{3+}_{вс}$ (нс і вс – низько- та високоспіновий стан катіона, відповідно). Схеми ізоморфного заміщення такі:

1) $2Au^{3+} \rightarrow Fe^{2+} + Ti^{4+}$;
2) $Au^{3+} + Me^{3+} \rightarrow Fe^{2+} + Ti^{4+}$;
3) $Me^{3+} + Au^{3+} \rightarrow Fe^{2+} + Ti^{4+}$.

Як загальну формулу для міналів з Au^{5+} прийнято $Me^{2+}_2Nb^{5+}_2O_6$, де Me^{2+} – $Fe^{2+}_{нс}$, $Fe^{2+}_{вс}$, Mg, $Mn^{2+}_{нс}$, $Mn^{2+}_{вс}$, V^{2+}, Ti^{2+}, Ca^{2+}, Cu^{2+}. Гетеровалентне ізоморфне входження зазначених елементів до складу ільменіту могло відбуватися за такою схемою:

$$Me^{2+} + 2Au^{5+} \rightarrow 2Fe^{2+} + 2Ti^{4+}.$$

Загалом проаналізовано 31 мінал (див. таблицю).

Відповідність золотовмісних міналів кристалохімічним правилам ізоморфного входження до складу ільменіту

Формула мінералу	*1*		*2*	*3*	*4*	
	$Fe^{2+}_{нс}$	$Fe^{2+}_{вс}$			$Fe^{2+}_{нс}$	$Fe^{2+}_{вс}$
$Au^+Nb^{5+}O_3$	0	0	*	0	0	0
$Au^+_2Au^{5+}_2O_6$	0	0	*	Не визн.	*	*
$Au^+Au^{5+}O_3$	0	0	*	0	0	0
$Au^+V^{5+}O_3$	0	0	*	0	0	0
$Au^+_2Nb^{5+}_2O_6$	0	0	*	Не визначали	0	0
$Au^+_2V^{5+}_2O_6$	0	0	*		0	0
$Au^+_2Ti^{4+}O_3$	0	0	*		0	0
$Au^+_2V^{4+}O_3$	0	0	*		0	0
$Au^+_2Nb^{4+}O_3$	0	0	*		0	0
$Au^+_2Si^{4+}O_3$	0	0	*		0	0
$Au^{3+}Al^{3+}O_3$	0	*	*	0	*	**

Продовження таблиці

Формула міналу	*1*		*2*	*3*	*4*	
	$Fe^{2+}_{нс}$	$Fe^{2+}_{вс}$			$Fe^{2+}_{нс}$	$Fe^{2+}_{вс}$
$Au^{3+}Fe^{3+}_{нс}O_3$	0	*	*	0	*	**
$Au^{3+}Fe^{3+}_{вс}O_3$	0	*	*	*	*	**
$Au^{3+}Mn^{3+}_{нс}O_3$	0	*	*	0	*	**
$Au^{3+}Mn^{3+}_{вс}O_3$	0	*	*	*	*	**
$Au^{3+}Cu^{3+}O_3$	0	*	*	0	*	**
$Au^{3+}V^{3+}O_3$	0	*	*	*	*	**
$Au^{3+}Ti^{3+}O_3$	0	0	*	*	*	*
$Au^{3+}Nb^{3+}O_3$	0	*	*	*	*	*
$Au^{3+}Sc^{3+}O_3$	0	*	*	*	0	*
$Au^{3+}Au^{3+}O_3$	0	0	*	*	0	*
$Nb^{2+}Au^{5+}_2O_6$	*	*	*	Не визначали	**	**
$Mn^{2+}_{нс}Au^{5+}_2O_6$	*	*	*		**	**
$MgAu^{5+}_2O_6$	*	*	*		**	**
$Cu^{2+}Au^{5+}_2O_6$	*	*	*		**	**
$Fe^{2+}_{вс}Au^{5+}_2O_6$	*	*	*		*	**
$Mn^{2+}_{вс}Au^{5+}_2O_6$	*	*	*		*	**
$Ti^{2+}Au^{5+}_2O_6$	*	*	*		*	**
$V^{2+}Au^{5+}_2O_6$	*	*	*		*	**
$Fe^{2+}_{нс}Au^{5+}_2O_6$	*	*	*		**	*
$CaAu^{5+}_2O_6$	0	*	*		*	*

Формула міналу	*5*		*6*	*7*	*8*	*9*
	$Fe^{2+}_{нс}$	$Fe^{2+}_{вс}$				
$Au^{+}Nb^{5+}O_3$	0*	0*	0	*	*	*
$Au^{+}_2Au^{5+}_2O_6$	0	0*	0	0	*	*
$Au^{+}Au^{5+}O_3$	0	0*	0	*	*	*
$Au^{+}V^{5+}O_3$	0	0*	0	*	*	*
$Au^{+}_2Nb^{5+}_2O_6$	0*	0*	0	0	*	*
$Au^{+}_2V^{5+}_2O_6$	0	0*	0	0	*	*
$Au^{+}_2Ti^{4+}O_3$	0	0*	0	0	*	*
$Au^{+}_2V^{4+}O_3$	0	0*	0	0	*	*
$Au^{+}_2Nb^{4+}O_3$	0	0*	0	0	*	*
$Au^{+}_2Si^{4+}O_3$	0	0	0	0	*	*
$Au^{3+}Al^{3+}O_3$	*	***	*	*	*	0
$Au^{3+}Fe^{3+}_{нс}O_3$	**	***	*	*	*	0
$Au^{3+}Fe^{3+}_{вс}O_3$	**	***	*	*	*	0
$Au^{3+}Mn^{3+}_{нс}O_3$	**	***	*	*	*	0
$Au^{3+}Mn^{3+}_{вс}O_3$	**	***	*	*	*	0
$Au^{3+}Cu^{3+}O_3$	**	***	*	*	*	0
$Au^{3+}V^{3+}O_3$	**	***	*	*	*	0
$Au^{3+}Ti^{3+}O_3$	**	***	*	*	*	0
$Au^{3+}Nb^{3+}O_3$	*	**	0	*	*	0
$Au^{3+}Sc^{3+}O_3$	*	**	0	*	*	0
$Au^{3+}Au^{3+}O_3$	*	**	0	*	*	0
$Nb^{2+}Au^{5+}_2O_6$	***	***	*	*	*	*
$Mn^{2+}_{нс}Au^{5+}_2O_6$	***	***	*	*	*	*

Закінчення таблиці

Формула мінералу	*5*		*6*	*7*	*8*	*9*
	$Fe^{2+}_{нс}$	$Fe^{2+}_{вс}$				
$MgAu^{5+}_2O_6$	***	***	*	*	0	*
$Cu^{2+}Au^{5+}_2O_6$	***	***	*	*	*	*
$Fe^{2+}_{вс}Au^{5+}_2O_6$	**	***	*	*	*	*
$Mn^{2+}_{вс}Au^{5+}_2O_6$	**	***	*	*	*	*
$Ti^{2+}Au^{5+}_2O_6$	**	***	*	*	*	*
$V^{2+}Au^{5+}_2O_6$	**	***	*	*	*	*
$Fe^{2+}_{нс}Au^{5+}_2O_6$	***	**	*	*	*	*
$CaAu^{5+}_2O_6$	**	**	*	*	0	*

П р и м і т к и: *1* – 15-відсоткове правило В. Гольдшмідта (різниця в значеннях іонних радіусів: * – < 15 %, 0 – > 15 %); *2* – 15-відсоткове правило У. Юм-Розері (те саме); *3* – толерансфактор В. Гольдшмідта (* – значення відповідає структурі ільменіту, 0 – іншим структурам – кубічній або гексагональній перовськітовій); *4* – правило В. Соболєва (ізоморфізм: ** – досконалий, * – досконалий з утворенням змішаних кристалів, 0 – недосконалий); *5* – правило О. Поваренних (ізоморфізм: *** – безперервний, ** – досконалий, * – обмежений за низької температури, 0* – обмежений за високої температури, 0 – недосконалий); *6* – перше правило Л. Полінга (* – відповідає октаедричному координаційному поліедру, 0 – не відповідає); *7* – друге правило Л. Полінга (баланс валентностей: * – є, 0 – нема); *8* – різниця в значеннях електронегативності (* – сприятлива для ізоморфізму, 0 – несприятлива); *9* – енергія кристалічної ґратки (відповідає * – приростанню енергії, 0 – її зменшенню).

Отже, найсприятливішими для ізоморфного входження в структуру ільменіту є мінали з п'ятивалентним золотом, що підтверджено більшістю проаналізованих кристалохімічних правил – вісьмома з дев'яти. Можливість ізоморфізму тривалентного золота разом з іншими тривалентними елементами підтверджують шість правил. Найменш вірогідними в складі ільменіту є мінали з одновалентним золотом – лише три правила (У. Юм-Розері, різниця в значеннях електронегативності та приростання енергії кристалічної ґратки) свідчать на користь припущення про можливість такого ізоморфізму.

Список використаної літератури

1. *Гусев А. И.* Поведение и фракционирование золота в расплавах / А. И. Гусев // Успехи современного естествознания. – 2013. – № 1. – С. 68–72.
2. *Ильин А. П.* Химия твердого тела / А. П. Ильин, Н. Е. Гордина. – Иваново : Изд-во Иван. гос. хим.-технол. ун-та, 2006. – С. 108–110.
3. *Rosa D. R. N.* The incompatible behavior of gold in reduced magmas; a working hypothesis / D. R. N. Rosa // Comunicacoes Geologicas. – 2005. – Vol. 92. – P. 75–78.

Стаття: надійшла до редакції 13.07.2018
прийнята до друку 06.08.2018

Vitalii Kharytonov[1], **Taisiia Kharytonova**[2]

[1]*Kryvyi Rih National University,*
37, Pushkina St., Kryvyi Rih, Ukraine, 50002,
wdnh72@gmail.com
[2]*Kryvyi Rih Natural-Science Lyceum,*
32a, Volodymyra Velykoho St., Kryvyi Rih, Ukraine, 50000,
7072@gmail.com

GOLD-BEARING MINALS IN THE COMPOSITION OF ILMENITE FROM NOSACHIVSKE DEPOSIT

During the investigations of ilmenite from Nosachivske deposit (Cherkasy region, Ukraine) we have found such admixture elements as Mn, Mg, Sc, V, Si, Nb, Al, Ca, Cu and Au. Based on the crystallochemical rules, it is proved that minals with Au^{5+} are the most favourable for heterovalent isomorphic occurrence in the structure of ilmenite.

Key words: ilmenite, admixture elements, gold, isomorphism, titanium ores, Nosachivske deposit, Ukraine.

MINERALOGICAL COLLECTION
2018. N 68, Is. 1. P. 72–75
ISSN 2078-6220

МІНЕРАЛОГІЧНИЙ ЗБІРНИК
2018. № 68, вип. 1. С. 72–75
ISSN 2078-6220

УДК 548:549.5:552.5(477-924.52)

Олександр Вовк[1], Галина Занкович[2], Ігор Наумко[2]

[1]*Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки, просп. Волі, 13, Луцьк, Україна, 43000, geologygeochemistry@gmail.com*
[2]*Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, вул. Наукова, 3а, Львів, Україна, 79060, naumko@ukr.net*

ОСОБЛИВОСТІ КРИСТАЛОМОРФОЛОГІЇ МАРМАРОСЬКИХ “ДІАМАНТІВ” ІЗ ЖИЛ У ФЛІШОВИХ ВІДКЛАДАХ КРОСНЕНСЬКОЇ СТРУКТУРНО-ФАЦІАЛЬНОЇ ОДИНИЦІ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ (РАЙОН НОВОГО БЕСКИДСЬКОГО ТУНЕЛЮ)

Наведено нові відомості про кристаломорфологію мармароських “діамантів” із жил у корінних виходах пісковиків і аргілітів груборитмічного піщаного флішу нижньокросненської підсвіти палеогену. Відклади розкрито під час будівництва нової гілки Бескидського залізничного тунелю. Отримані дані засвідчують подібність досліджених кристалів за розвитком простих форм до багатогранників з інших місць поширення мармароських “діамантів”.

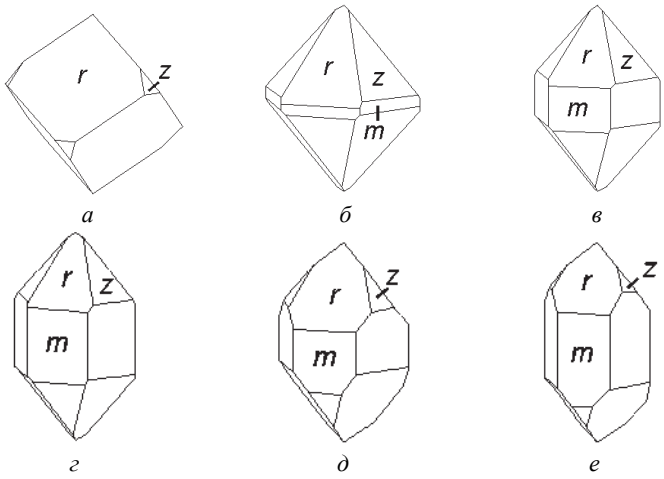
Ключові слова: мармароські “діаманти”, кристаломорфологія, флішові відклади, кросненська світа, палеоген, Бескидський залізничний тунель, Українські Карпати.

Досконалість морфології мармароських “діамантів”, за яку вони отримали свою назву, привертає увагу дослідників відтоді, як з’явилися перші відомості про їхні знахідки в породах Мармароського масиву Карпат (Fihtel, 1791; Zipcer, 1817; Tokarski, 1905 та ін.). Розрізняють кристали стовпчасто-призматичного й дипірамідального [2], призматичного, ромбоедричного і псевдокубічного [1] та дипірамідального й дипірамідально-призматичного [4] габітусу. Типовими представниками мармароських “діамантів” є кристали ромбоедричного і псевдокубічного габітусу. Інформацію про форму, габітус і морфологію всіх зазначених різновидів узагальнено в праці [3].

Ми отримали нові дані з кристаломофології мармароських “діамантів”, які відшукали в жилах у корінних виходах пісковиків і аргілітів груборитмічного піщаного флішу нижньокросненської підсвіти палеогену (Кросненська структурно-фаціальна одиниця), що їх розкрито під час будівництва нової гілки Бескидського залізничного тунелю.

Усі індивіди двоголові, розмір за головною кристалографічною віссю L_3 – від 6 до 15 мм. На кристалах наявні грані гексагональної призми *m* $\{10\bar{1}0\}$ і ромбоедрів *r* $\{10\bar{1}1\}$ та *z* $\{01\bar{1}1\}$ (див. рисунок).

© Вовк Олександр, Занкович Галина, Наумко Ігор, 2018



Габітус кристалів мармароських “діамантів” із жил
у відкладах флішової формації району нового Бескидського тунелю.
Прості форми: *m* {10$\bar{1}$0}, *r* {10$\bar{1}$1}, *z* {01$\bar{1}$1}.

Розвиток цих граней і зумовлює габітус кристалів. Інших простих форм не виявлено. Обрис кристалів ізометричний або короткостовпчастий, значно рідше – стовпчастий.

За габітусом можна виділити декілька типів кристалів:

1) псевдокубічний (див. рисунок, *а*) – кристалам притаманні добре розвинуті грані одного з ромбоедрів (позитивного або негативного) та невеликі грані призми й іншого ромбоедра. Такі індивіди у вивчених пробах дуже рідкісні;

2) гексагонально-дипірамідальний з рівномірним розвитком граней ромбоедрів *r* {10$\bar{1}$1} та *z* {01$\bar{1}$1} і слабко розвинутими гранями призми *m* {10$\bar{1}$0} або без них (див. рисунок, *б*);

3) гексагонально-призматичний тип поділяють на короткопризматичний (див. рисунок, *в*) і власне призматичний (див. рисунок, *г*) підтипи. На кристалах першого рівномірно розвинуті три головні форми: гексагональна призма, позитивний і негативний ромбоедри; такі індивіди трапляються часто. Головна форма власне призматичного підтипу – призма; ромбоедри розвинуті рівномірно, однак підпорядковано; такі індивіди дуже рідкісні;

4) тригонально-призматичний тип також поділяють на короткопризматичний (див. рисунок, *д*) і власне призматичний (див. рисунок, *е*) підтипи. Призма і один з ромбоедрів на кристалах першого розвинуті добре, інший ромбоедр має другорядне значення. Такі кристали рідкісні. У власне призматичному підтипі гексагональна призма домінує над нерівномірно розвинутими ромбоедрами. Індивіди цього підтипу дуже рідкісні.

Наведені дані засвідчують подібність досліджених кристалів за розвитком простих форм до багатогранників з інших місць поширення мармароських “діамантів”. Переважання кристалів гексагонально-дипірамідального й гексагонально-призматичного габітусу (зокрема, короткопризматичних), між якими є поступові переходи, може свідчити про порівняно низьку температуру їхнього утворення, проте ця закономірність виявлена не завжди [5]. Стабільність зовнішньої форми (головно, ізометричний або короткостовпчастий обрис) та незначна морфологічна розмаїтість кристалів є доказом стійких

PT-параметрів процесу їхнього формування за постійного рівномірного припливу мігрувальних вуглеводневмісних флюїдів.

Відповідно, у вуглеводненасиченому флюїдному середовищі були спокійні фізико-хімічні умови, що є показником стабільності флюїдного режиму післяседиментаційного мінералогенезу. Разом зі спокійною тектонічною ситуацією (коли тектонічні порухи вже завершилися) це забезпечувало можливу збереженість покладів вуглеводнів у перспективно нафтогазоносних флішових відкладах Кросненської структурно-фаціальної одиниці Українських Карпат.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Возняк Д. К.* Типоморфные особенности “мармарошских диамантов” / Д. К. Возняк, В. Н. Квасница, Ю. А. Галабурда // Типоморфизм кварца Украины. – Киев : Наук. думка, 1974. – С. 79–82.
2. *Матковский О. И.* О так называемых “мармарошских диамантах” / О. И. Матковский // Материалы Комиссии минералогии и геохимии КБГА. – Львов, 1961. – № 1. – С. 149–158.
3. Мінерали Українських Карпат. Силікати / О. Матковський, В. Квасниця, І. Наумко та ін. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2011. – 520 с.
4. Типоморфизм минералов полиметаллических и ртутных месторождений Закарпатья / Б. В. Зациха, В. Н. Квасница, С. А. Галий, О. И. Матковский. – Киев : Наук. думка, 1984. – 168 с.
5. *Шафрановский И. И.* Кристаллы минералов / И. И. Шафрановский. – Л. : Изд-во ЛГУ, 1957. – 223 с.

Стаття: надійшла до редакції 23.07.2018
прийнята до друку 06.08.2018

Oleksandr Vovk[1], **Halyna Zankovych**[2], **Ihor Naumko**[2]

[1]*Lesia Ukrainka Eastern European National University,*
13, Voli Av., Lutsk, Ukraine, 43000,
geologygeochemistry@gmail.com
[2]*Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals of NASU,*
3a, Naukova St., Lviv, Ukraine, 79060,
naumko@ukr.net

CRYSTALLOMORPHOLOGICAL FEATURES OF MARAMURES “DIAMONDS” FROM THE VEINS IN FLYSCH ROCKS OF KROSNO ZONE (AREA OF NEW BESKYDSKYI RAILWAY TUNNEL, UKRAINIAN CARPATHIANS)

New data on the crystallomorphology of Maramures “diamonds” from the veins in bedrocks of sandstones and argillites of the rough-rhythmic sandy flysch (Nyzhniokrosnenska member, Palaeogene) are given. These deposits have been exposed during the construction of a new branch of Beskydskyi railway tunnel. The obtained data testify to the similarity of the studied crystals to individuals from other places of Maramures “diamonds” abundance.

Key words: Maramures “diamonds”, crystallomorphology, flysch deposits, Krosnenska suite, Palaeogene, Beskydskyi railway tunnel, Ukrainian Carpathians.

MINERALOGICAL COLLECTION
2018. N 68, Is. 1. P. 76–79
ISSN 2078-6220

МІНЕРАЛОГІЧНИЙ ЗБІРНИК
2018. № 68, вип. 1. С. 76–79
ISSN 2078-6220

УДК 549.6:552.331(477.63)

Євген Луньов

Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка НАНУ, просп. акад. Палладіна, 34, Київ, Україна, 01142,
office.igmr@gmail.com

ПОЙКІЛІТОВИЙ НЕФЕЛІН ІЗ МАЛІНЬЇТІВ ПОКРОВО-КИРИЇВСЬКОГО МАСИВУ

Досліджено мінеральний склад інтрузивних лужних порід – маліньїтів Покрово-Кириївського масиву (зона зчленування Приазовського мегаблока Українського щита зі Складчастим Донбасом). Особливу увагу приділено нефеліну, який становить близько третини об'єму породи і примітний тим, що має пойкілітову структуру. На підставі виконаних досліджень зроблено припущення про заміщення нефеліном продуктів розпаду лейциту в процесі хімічного обміну у твердому розчині.

Ключові слова: нефелін, пойкілітова структура, маліньїти, Покрово-Кириївський масив, Український щит.

Маліньїти вперше описав дослідник А. Лоусон 1896 р. поблизу оз. Пооба (Онтаріо, Канада) як незвичайні породи, що їх можна було б зачислити до нефелінових сієнітів, проте їхній хімічний склад був надто незвичний [7]. Ці породи мікроскопічно представлені пойкілітовими скупченнями піроксену (50–80 %) й апатиту (1–10), які містяться у великих зернах ортоклазу (10–40) та нефеліну (5–10 %). Великі свіжі зерна нефеліну розташовані серед ранніх кумуляційних фаз, що може свідчити про формування мінералу одночасно з лужними фельдшпатоїдами. Нефелін також відшукали у вигляді видовжених проростань у лужних фельдшпатоїдах [8]. Хімічний склад зерен нефеліну та проростань майже ідентичний до так званого нефеліну Морозевича–Бюргера з плутонічних порід, які формувалися за низької температури (500–700 °С) [6].

На теренах України також виявили подібні породи. Зокрема, Покрово-Кириївський масив лужних порід, розташований у зоні зчленування Приазовського мегаблока зі Складчастим Донбасом, містить інтрузії лужних порід – маліньїтів, ювітів і нефелінових сієнітів. Згідно з останніми дослідженнями [3, 4], ці породи мають дискретний склад. Головні породоутворювальні мінерали маліньїтів Покрово-Кириївського масиву такі, %: калішпат – 30–35, нефелін – 25–30, клінопіроксен – 20–30. Майже всі мінерали маліньїтів утворюють складні пойкілітові проростання. Дрібні (частки міліметра) кристалики нефеліну формують рясні пойкілітові включення в інших мінералах. Нефелін також є головним фельдшпатоїдом досліджуваних маліньїтів масиву; його вміст становить близько третини об'єму породи. Виявлено, що, на відміну від маліньїтів оз. Пооба, маліньїти Покрово-Кириївського масиву є інтрузивними породами, також відрізняється морфологія кристалів нефеліну. Його дрібні зерна в лужних породах не рідкість.

© Луньов Євген, 2018

Для порівняння доцільно звернути увагу на рисчорити Хібінського масиву (Кольський півострів), головною відмінністю яких є пойкілітова структура – наявність включень зерен нефеліну й меланократових мінералів у великих кристалах калішпату. Зазвичай виділяють три типи вкраплень нефеліну: пойкілітові вростки в калішпаті, дрібні зерна в проміжках між кристалами польового шпату та мікропегматитові зростки з польовим шпатом (симплектити) [1, 2]. Отже, ці виділення морфологічно подібні до нефелінових із маліньїтів Покрово-Кириївського масиву, однак вони відрізняються за хімічним складом, а саме – за низьким вмістом заліза. Зазначимо також, що дослідники рисчоритів трактують ці породи як продукти післямагматичних процесів. Тобто, пойкілітовий нефелін у лужній маліньїтоподібній породі є чітким доказом того, що порода змінена, післямагматична, проте не у випадку покрово-кириївських маліньїтів. Не менш важливим чинником є наявність у нефеліні заліза. Зокрема, у лужних породах, подібних за складом до маліньїтів, уміст заліза не перевищує 1 %, тоді як у маліньїтах Покрово-Кириївського масиву він подекуди досягає 3 %. Наявність заліза у складі нефеліну підтверджено численними мікрозондовими аналізами [3].

Особливості морфології нефеліну Покрово-Кириївського масиву можна використовувати для визначення умов формування мінеральних зерен. Наприклад, Д. Л. Хемілтон та В. С. МакКензі (1960) вивчали систему $NaAlSiO_4$–$KAlSiO_4$–SiO_2–H_2O за T = 700 °С та P = 1 050 кГ/см^2 і дійшли висновку, що межі існування твердих нефелінових розчинів є між 500 та 775 °С. Фактично дослідники винайшли шкалу температури твердого стану нефеліну для різних кількостей SiO_2 [10]. З використанням геотермометра для нефеліну з маліньїтів Покрово-Кириївського масиву визначено, що він перебуває в межах цих двох ізотерм [5]. Звісно, відмінність не чітка, може бути й похибка в аналізі, проте на такий чинник не можна не зважати.

З даних геотермометра випливає, що маліньїти є інтрузивними породами, проте залишається відкритим питання стосовно процесів, які зумовили формування саме таких зерен нефеліну. Припущення з цього приводу з'явились після ознайомлення з працею О. Ф. Таттла та Дж. В. Сміта [9], які за допомогою чотирьох ізотермічних та ізобарних діаграм проілюстрували можливі стійкі співвідношення в системі нефелін–кальсиліт–кварц. Згідно з однією з них, за температури, нижчої від максимуму нефелін-кальсилітового сольвуса, проте вищої за сольвус альбіту–калішпату, можливе стійке співіснування лейциту, кальсилітового і нефелінового твердих розчинів. Відтак, зроблено припущення про існування лейциту в породі до остаточної кристалізації. Крім того, за даними праці [10], лейцит теоретично може кристалізуватися за тиску до 20 кбар, а під час зниження тиску розкладається на кальсиліт і польовий шпат з можливим утворенням пойкілітових зерен. Проте й у цьому випадку залишається питання про походження нефеліну.

У праці [10] зазначено про реакції обміну між твердими розчинами нефеліну Na = K та Al = Si. На підставі цих даних можна припустити перебування нефеліну разом з кальсилітом на стадії твердого розчину та реакції обміну між цими мінералами. На користь цієї теорії свідчить також температура розпаду лейциту і початку реакції обміну твердих розчинів нефеліну, що якраз збігається з температурою кристалізації пойкілітових зерен нефеліну Покрово-Кириївського масиву [5].

Отже, маліньїти Покрово-Кириївського масиву відрізняються від описаних раніше порід. Однією з важливих особливостей є пойкілітова структура нефеліну. Таку структуру зафіксовано в подібних породах, що зазнали вторинних змін, інших районів. Однак маліньїти досліджуваного масиву є інтрузивними породами. Можна припустити замі-

щення нефеліном продуктів розпаду лейциту в процесі хімічного обміну у твердому розчині, проте це питання ще потрібно досліджувати.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Минералогия Хибинского массива / Е. Е. Костылева-Лабунцова, Б. Е. Боруцкий, М. Н. Соколова и др. – М. : Наука, 1978. – Т.1. – 228 с.
2. Минералогия Хибинского массива / Е. Е. Костылева-Лабунцова, Б. Е. Боруцкий, М. Н. Соколова и др. – М. : Наука, 1978. – Т. 2. – 585 с.
3. Мінералого-петрологічні особливості маліньїтів Покрово-Киріївського масиву (Приазов'я, Україна) / С. Г. Кривдік, В. О. Гаценко, Є. С. Луньов та ін. // Мінерал. журн. – 2016. – Т. 38, № 2. – С. 52–71.
4. Нефелінові сієніти Покрово-Кириївського масиву (Приазов'я, Україна) / С. Г. Кривдік, В. В. Шаригін, В. О. Гаценко та ін. // Мінерал. журн. – 2017. – Т. 39, № 2. – С. 29–45.
5. Фельдшпатоїди маліньїтів Покрово-Кириївського масиву (Приазов'я, Україна) / С. Г. Кривдік, В. В. Шаригін, В. О. Гаценко, Є. С. Луньов // Зб. наук. праць УкрДГРІ. – 2016. – № 2. – С. 82–98.
6. *Hamilton D. L.* Nephelines as crystallization temperature indicators / D. L. Hamilton // J. Geol. – 1961. – Vol. 69. – P. 321–329.
7. *Lawson A. C.* Malignite, a family of basic plutonic ortoclase rocks in alkalies and lime intrusive in the Coutching schists of Poohbah Lake / A. C. Lawson // Univ. California Pub. Dept. Geol. – 1896. – N 1. – P. 337–362.
8. *Mitchell R. H.* Nepheline-Bearing Rocks from the Poohbah Lake Complex, Ontario: Malignites and Malignites / Roger H. Mitchell., R. Garth Platt. – Lakehead Univ. Thunder Bay, Ontario, Canada, Pub. Dept. Geol., 1979. – 257 p.
9. *Smith J. V.* The nepheline–kalsilite system: I. X-ray data for crystalline phases / J. V. Smith, O. F. Tuttle // Am. J. Sci. – 1957. – Vol. 255. – P. 282–305.
10. *Yoder H. S.* The Evolution of the Igneous Rocks / H. S. Yoder. – Princeton Univ. Press, 1979. – 527 p.

Стаття: надійшла до редакції 23.07.2018
прийнята до друку 06.08.2018

Yevhen Lunov

M. P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NASU, 34, Acad. Palladin Av., Kyiv, Ukraine, 03142, office.igmr@gmail.com

POIKILITIC NEPHELINE FROM MALIGNITES OF POKROVO-KYRYIVSKYI MASSIF

The mineral composition of intrusive alkaline rocks – malignites of the Pokrovo-Kyryivskyi massif (zone of joining of the Priazovskyi megablock of the Ukrainian Shield with the Flexible Donbas) has been investigated. Particular attention has been paid to nepheline, which is about a third of the rock volume and is notable for having a poikilitic structure. On the basis of the performed research, an assumption was made about the substitution by nepheline the products of decomposition of leucite during the chemical exchange in solid solution.

Key words: nepheline, poikilitic structure, malignites, Pokrovo-Kyryivskyi massif, Ukrainian shield.

MINERALOGICAL COLLECTION
2018. N 68, Is. 1. P. 80–84
ISSN 2078-6220

МІНЕРАЛОГІЧНИЙ ЗБІРНИК
2018. № 68, вип. 1. С. 80–84
ISSN 2078-6220

УДК 549.514.81:548.734.3 (477.4)

Олена Гречановська, Олексій Гречанівський, Лідія Канунікова

Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка НАНУ, просп. акад. Палладіна, 34, Київ, Україна, 01142,
e.grechanovskaya@gmail.com

МЕТАМІКТНІСТЬ ЦИРКОНУ ЯСТРУБЕЦЬКОГО РУДОПРОЯВУ ТА АЗОВСЬКОГО Zr-REE РОДОВИЩА (УКРАЇНСЬКИЙ ЩИТ) ЗА ДАНИМИ РЕНТГЕНІВСЬКОГО АНАЛІЗУ

Виконано комплексні дослідження ступеня метаміктності зерен циркону з біотитових, гастингсит-фероеденіт-біотитових і біотит-гастингситових сієнітів головної розшарованої серії Яструбецького рудопрояву та ізоморфних елементів-домішок у їхній структурі методами рентгенівського аналізу та електронно-зондового мікроаналізу. За ступенем кристалічності f_c та умовами утворення зерна циркону можна розділити на дві групи. Перша група представлена напівметаміктними гетерогенними зернами з f_c = 30–50 %, що містять змінені ділянки й, імовірно, утворилися на завершальній стадії формування рудопрояву. До другої групи належать слабко метаміктні гомогенні зерна магматичного циркону з f_c = 42–60 % та співвідношенням Th/U у межах 0,74–1,17.

Дослідження циркону з Азовського Zr-REE родовища засвідчили, що тільки незначна кількість зерен перебуває в напівметаміктному стані, значення f_c дуже низьке – до 22–33 %. Особливістю зерен є їхня мікрогетерогенність, що пов'язано з наявністю в них мікровключень кварцу. Найвірогідніше, він міститься в мікротріщинах або нанопорах і має вторинне походження.

Ключові слова: циркон, метаміктність, рентгенівський аналіз, електронно-зондовий мікроаналіз, елементи-домішки, сієніти, Яструбецький рудопрояв циркону, Азовське цирконій-рідкісноземельне родовище, Український щит.

Циркон $Zr[SiO_4]$ – поширений акцесорний мінерал магматичних, метаморфічних та осадових порід, він є концентратором ізоморфних домішок гафнію, рідкісноземельних елементів (REE), ітрію, радіоактивних урану й торію, радіогенного свинцю, завдяки чому циркон найчастіше використовують під час ізотопних датувань. У процесі α-розпаду радіоактивних домішок (ізотопів U) унаслідок радіаційного опромінення мінералу відбувається розупорядкування його структури аж до її аморфізації (метаміктизації) [8] та наступної реструктуризації під дією вторинних післямагматичних процесів за участю водних флюїдів [5–7]. Дослідженню циркону присвячено безліч публікацій, проте остаточно не вирішено питання, пов'язані з механізмом входження елементів-домішок у структуру мінералу та розробкою критеріїв збереження U-Th-Pb-системи.

На Українському щиті значні концентрації циркону виявлено в рідкіснометалевих рудах Азовського Zr-REE родовища та Яструбецького рудопрояву циркону [1, 3], які генетично належать до диференційованих розшарованих інтрузій сієнітів, подібних за

© Гречановська Олена, Гречанівський Олексій, Канунікова Лідія, 2018

мінеральним складом. Це типові штоки гіперсольвусних сієнітів, яким притаманна ритмічна і прихована розшарованість [3].

У межах Азовського родовища визначено три морфологічні типи циркону, які відрізняються за умовами утворення і мають різний ступінь метаміктності (за даними рентгенівського аналізу). Найбільш метаміктними є зерна циркону типу I, найменш метаміктними – типу III [1]. Циркон яструбецьких сієнітів морфологічно відповідає типу II циркону Азовського штока. Цим зернам притаманна тонкозональна будова – чергування ізотропних і анізотропних зон. Найчастіше ізотропними бувають внутрішні зони та ядро кристалів.

Методи дослідження. Методом рентгенівського аналізу досліджено циркон із біотитових і гастингсит-фероеденіт-біотитових середньо-крупнозернистих до пегматоїдних сієнітів (свердловина 23^c, інтервал 603,7–673,5 м) та біотит-гастингситових сієнітів (св. 23^c, інт. 814,8–1 382,5 м) головної розшарованої серії Яструбецького рудопрояву (колекція С. Кривдіка). На Азовському родовищі досліджено понад 50 взірців циркону з меланократових польовошпат-гастингситових та пегматоїдних гастингситових сієнітів (колекція В. Мельникова), і тільки вісім з них (св. 2, взірець ПА-112/89; св. 6, інт. 132–134 м; св. 19, інт. 237,5–239,5 м, взірці ПА-85/91, ПА-87/91; св. 67, глибина 177 м; св. 81, гл. 209 м) виявились частково метаміктні. Ступінь кристалічності циркону обчислювали з використанням програми Fityk [9].

Рентгенівський дифракційний аналіз циркону виконано на автоматичному дифрактометрі ДРОН-3М, мідне випромінювання ($Cu_{K\alpha}$ = 0,154178 нм), інтервал кутів – 16–38° 2θ, крок сканування – 0,05 град/сек. Ступінь кристалічності f_c циркону обчислювали за такою формулою:

$$f_c = I_{\text{cryst}} / (I_{\text{cryst}} + I_{\text{am}}),$$

де I_{cryst} – інтегральна інтенсивність брегівських рефлексів, I_{am} – інтегральна інтенсивність дифузного розсіяння.

Для обчислення значень I_{cryst} та I_{am} виконано розділення "складних" рефлексів на рентгенограмах з використанням програми Fityk [9].

Електронно-зондовий мікроаналіз чотирьох взірців циркону з Яструбецького рудопрояву (св. 23^c, взірці: *1* – гл. 1 285 м, *2* – 836,7, *3* – 830,0, *4* – 1 008,2 м) виконано на рентгенівському мікроаналізаторі JXA-733 (JEOL, Japan), прискорювальна напруга – 20 кВ, струм – 20 мА, діаметр зонда – 1 мкм.

Результати досліджень. Обчислення значення f_c циркону з біотитових і гастингсит-фероеденіт-біотитових сієнітів Яструбецького рудопрояву засвідчили його значну варіацію у верхній (інт. 600–900 м, поле I) та нижній (інт. 1 000–1 500 м, поле II) частинах розрізу родовища (рис. 1). На діаграмі залежності f_c від глибини залягання сієнітових порід (див. рис. 1) виділено два поля: поле I – для циркону з низьким значенням f_c, яке змінюється в межах 30–50 %, та поле II – для слабко метаміктних зерен, у яких f_c становить 42–60 %.

Для сірих відмін циркону значення f_c низьке – не перевищує 30–35 %, на відміну від рожевих.

На рис. 2 наведено рентгенограми найбільш метаміктних зерен з обох об'єктів.

У зернах з Азовського родовища виявлено дуже низьке значення f_c (не перевищує 22–33 %), проте це тільки в окремих взірцях. Загалом же їм притаманні високі значення f_c. Особливістю азовського циркону є мікрогетерогенність зерен, що пов'язано з наявністю в них мікровключень кварцу. Найвірогідніше, він міститься в мікротріщинах або нанопорах і має вторинне походження [2].

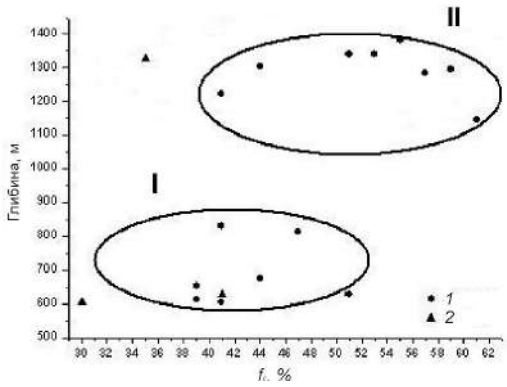


Рис. 1. Діаграма залежності ступеня кристалічності f_c циркону (*1* – рожевий, *2* – сірий) Яструбецького рудопрояву від глибини залягання.

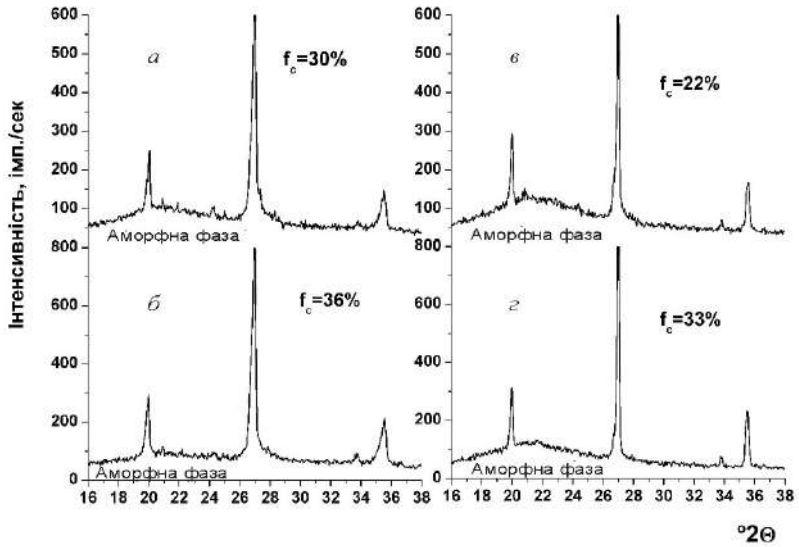


Рис. 2. Рентгенограми циркону з сієнітів Яструбецького рудопрояву (св. 23[с]: *а* – гл. 603,7 м, *б* – 814,8 м) та Азовського родовища (*в* – св. 19, взірець ПА-87/91; *г* – св. 67, гл. 177 м).

За даними електронно-зондового мікроаналізу зерен яструбецького циркону визначено, що вони містять ізоморфні домішки Hf, P, Y, легких і важких рідкісноземельних елементів, Ca, Fe, радіоактивних U і Th, які розподілені нерівномірно. Спектр рідкісних земель у цирконі суттєво ітрієвий. Зазначимо про підвищений вміст U і Th у взірцях *1* і *3* та співвідношення Th/U, яке у взірці *1* становить 0,74 –1,17, у взірці *2* – 2,61–3,58, що свідчить про магматичне походження мінералу [4]. У межах зерна кількість U і Th змінна (0,002–0,004 формульної одиниці (ф. о.)). Взірці *3* і *4* гетерогенні, містять змінені ділянки з домішками Ca (0,06–0,07 ф. о.) і Fe (0,04 ф. о.). Імовірно, вони утворились на завершальній стадії формування рудопрояву, коли підвищилася роль флюїдів, багатих на ітрій та рідкісні землі [4].

Висновки. Комплексні дослідження ступеня метаміктності зерен циркону Яструбецького рудопрояву та елементів-домішок в їхній структурі засвідчили, що за ступенем кристалічності й умовами утворення зерна можна розділити на дві групи. Перша представлена напівметаміктними гетерогенними зернами з f_c = 30–50 %, вони містять змінені ділянки й, імовірно, утворилися на завершальній стадії формування рудопрояву. До другої групи належать слабко метаміктні гомогенні зерна магматичного циркону з f_c = 42–60 % та співвідношенням Th/U в межах 0,74–1,17.

Серед досліджених зерен циркону з Азовського родовища тільки незначна частина перебуває в напівметаміктному стані, значення f_c дуже низьке – до 22–33 %. Їхньою особливістю є мікрогетерогенність, що пов'язано з наявністю в них мікровключень кварцу. Найвірогідніше, він міститься в мікротріщинах або нанопорах і має вторинне походження.

Висловлюємо подяку С. Кривдіку за колекцію циркону з Яструбецького рудопрояву.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Азовское редкоземельное месторождение Приазовского мегаблока Украинского щита (геология, минералогия, геохимия, генезис, руды, комплексные критерии поисков, проблемы эксплуатации) / под ред. А. Н. Пономаренко, А. В. Анциферова. – Донецк : Ноулидж, 2012. – 374 с.
2. Дипірамідальні макрокристали циркону із лужних порід Приазов'я / В. М. Квасниця, О. А. Вишневський, І. В. Квасниця, І. В. Гурненко // Мінерал. журн. – 2016. – Т. 38, № 3. – С. 9–23.
3. *Кривдик С. Г.* Петрология щелочных пород Украинского щита / С. Г. Кривдик, В. И. Ткачук. – Киев : Наук. думка, 1990. – 408 с.
4. Новые данные о геохимии циркона и возрасте (U-Pb, SHRIMP II) Ястребецкого Zr-REE-Y месторождения (Украинский щит) / Е. В. Левашова, С. Г. Скублов, Ю. Б. Марин и др. // Геохимия. – 2015. – № 6. – С. 568–576.
5. *Ewing R. C.* Radiation effects in zircon / R. C. Ewing, W. J. Weber, L. R. Corrales // Zircon. Reviews in Mineralogy and Geochemistry : eds. J. M. Hanchar, P. W. O. Hoskin. – Washington : The Mineralogical Society of America, 2003. – Vol. 53. – P. 387–425.
6. *Geisler T.* Re-equilibration of zircon in aqueous fluids and melts / T. Geisler, U. Schaltegger, F. Tomaschek // Elements. – 2007. – Vol. 3, N 1. – P. 43–50.
7. Kinetics of thermal recovery and recrystallization of partially metamict zircon: a Raman spectroscopic study / T. Geisler, R. T. Pidgeon, W. Van Bronswijk, R. Pleysier // European Journal of Mineralogy. – 2001. – Vol. 13. – P. 1163–1176.
8. Metamictisation of natural zircon: accumulation versus thermal annealing of radioactivity-induced damage / L. Nasdala, M. Wenzel, G. Vavra et al. // Contrib. Mineral. Petrol. – 2001. – Vol. 141. – P. 25–144.
9. *Wojdyr M.* Fityk: a general-purpose peak fitting program / M. Wojdyr // J. Appl. Cryst. – 2010. – Vol. 43. – P. 1126–1128.

Стаття: надійшла до редакції 26.07.2018
прийнята до друку 06.08.2018

Olena Hrechanovska, Oleksii Hrechanivskyi, Lidiia Kanunikova

M. P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NASU, 34, Acad. Palladin Av., Kyiv, Ukraine, 03680,
e.grechanovskaya@gmail.com

METAMICT STATE OF ZIRCON FROM YASTRUBETSKYI ORE OCCURRENCE AND AZOVSKE Zr-REE DEPOSIT (UKRAINIAN SHIELD) BY X-RAY ANALYSIS DATA

We performed complex research of metamict state and isomorphic admixture elements of zircon from biotite, hastingsite-ferroedenite-biotite and biotite-hastingsite syenites of Yastrubetskyi ore occurrence main layered series by means of X-ray diffractometry and electron-probe microanalysis.

By the degree of crystalline f_c and conditions of formation investigated grains of zircon can be divided into two groups. The first one is represented by partially metamict, heterogeneous grains with f_c = 30–50 %, which contain the altered sites and, presumably, have been formed at the final stage of ore occurrence formation. The second group is represented by weakly metamict homogeneous grains of magmatic zircon with f_c = 42–60 % and Th/U-ratio 0.74–1.17.

Investigation of zircon from the Azovske Zr-REE deposit showed that only a small amount of grains is in the semi-metamict state, the value of f_c is very low – up to 22–33 %. The peculiarity of the grains is their microheterogeneity, which is due to the presence of quartz microinclusions in them. Most likely, quartz is contained in microcracks or nanopores and has a secondary origin.

Key words: zircon, metamict state, X-ray diffractometry, electron-probe microanalysis, admixture elements, syenites, Yastrubetskyi ore occurrence of zircon, Azovske Zr-REE deposit, Ukrainian Shield.

MINERALOGICAL COLLECTION
2018. N 68, Is. 1. P. 85–88
ISSN 2078-6220

МІНЕРАЛОГІЧНИЙ ЗБІРНИК
2018. № 68, вип. 1. С. 85–88
ISSN 2078-6220

UDC 548.4:549.6:552.313(262.5)

Kateryna Shniukova

M. P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NAS of Ukraine,
34, Acad. Palladin Av., Kyiv, Ukraine, 03680,
shniukova@nas.gov.ua

INCLUSIONS IN ZIRCONS FROM VOLCANIC ROCKS OF THE LOMONOSOV SUBMARINE MASSIF

Volcanic rocks of the Lomonosov submarine massif (Black Sea) have been investigated. Individual zircon grains have been handpicked out from andesibasalt, tonalite and moderate-magnesian andesite, plagiorhyodacite, and plagiorhyolite to perform sensitive high-resolution ion microprobe dating. As shown by microprobe analyses, zircon grains with the highest Th/U ratio from andesibasalt contain inclusions of nepheline; zircons with a slightly lower but still high ratio from plagiorhyodacite carry albite and potassium feldspar inclusions. Most ancient zircon grains from plagiorhyolite include apatite, potassium feldspar, andesine, melt and metamorphic amphibole (close to grunerite or gedrite). At last, Jurassic zircon grains contain inclusions of quartz, quartz mixed with albite, chlorite – that is, minerals inherent in andesite itself.

Key words: zircon, mineral inclusions, U-Pb dating, volcanic rocks, Lomonosov submarine massif, Black Sea.

The Black Sea is unanimously considered to be a Cretaceous–Palaeogene back-arc basin, but the basement crust that was rifted to form the Black Sea basin is poorly understood. The rifting began on the continental crust, but its age and properties are still debated. This was a mosaic of crustal fragments that lay in the area of the Black Sea prior to its development. A Scythian Platform, which crystalline basement is usually referred to as being Late Palaeozoic (although someone insists on the Precambrian age), represents such continental domain for the northern Black Sea part.

Geochronological, geochemical and mineralogical data obtained for the zircons from magmatic rocks of the Black Sea floor in the junction zone with Scythian Platform may give new impetus to the discussion about the ancient basement of this region.

Lomonosov submarine massif (LSM), located in the Black Sea 24 miles to the south-west from Sevastopol, is composed of volcanic and plutonic rocks which outcrops extend for 40 km along the continental slope at the depth of 500–1 800 m. The LSM has been considered to be a fragment of paleoisland arc [1].

Three island-arc series have been divided among the LSM volcanic rocks, namely high-magnesian (HM), moderate-magnesian (MM) and shoshonite. First two series are spread out in the central and eastern parts of LSM and represented by full number of normal sequence rocks: basalt–andesibasalt–andesite–dacite–plagiorhyodacite–plagiorhyolite.

Petrochemically both normal volcanic series are calc-alkaline.

© Sniukova Kateryna, 2018

HM and MM series being petrographically identical are clearly separated in all petrochemical and geochemical diagrams; their common features are low TiO_2, high FeO_{total}, low K_2O content. HM series whose basic members contain up to 19 % MgO has been identified with boninite series.

The third (shoshonite) series is subalkaline; it occupies the western LSM part. Plutonic rocks vary from gabbro to plagiogranite (trondhjemite).

Numerous K-Ar dating of both volcanic and plutonic rocks of the LSM [1] refer mainly to Cretaceous and Palaeogene (from 147 to 41 Ma, isolated dating – 170 Ma).

To perform more accurate sensitive high-resolution ion microprobe (SHRIMP) dating individual zircon grains have been handpicked out in the various normal series rocks from the central part of LSM. Zircons are rare in the MM series rocks being singular in the HM series ones.

U-Pb zircon dating has been carried out in six samples: one – from HM andesibasalt, one – from tonalite, one – from MM andesite, one – from MM plagiorhyodacite, two samples – from MM plagiorhyolite; totally 54 spots in 35 grains [1].

All dated zircons are igneous and homogeneous, age values are concordant. The youngest dating (Bajocian, 168.5 Ma) has been obtained for the zircon from MM andesite, thereby confirming the presence of Jurassic rocks.

Zircons from acidic rocks of MM series (plagiorhyolites) yielded the most ancient Paleoproterozoic mean ages (2 030–2 022 Ma). These grains don't have any geochemical peculiarities and correspond to ones from appropriate rocks, like zircon from Bajocian andesite.

Whereas little younger zircons (Late Paleoproterozoic, 1 794–1 761 Ma) from three more basic rocks display very specific composition. They are notable for low U concentrations by usual Th concentrations resulting in extremely high Th/U ratios. Such zircon grains are few and occur only in some alkaline rocks as syenites and nepheline syenites [2], where they may contain numerous inclusions. How did they get into the island-arc rocks and all the more into boninites? In view of a high input of crustal contamination during the formation of LSM rocks [1], it should be admitted that ancient zircons were trapped from the Precambrian basement crust during the Phanerozoic magmatism.

Inclusions have been found in four of six dated samples of LSM zircons, only from volcanic rocks at that. Chemical composition of mineral inclusions has been determined by electron microprobe JSM-6700F with JED-2300 "JEOL" in the M. P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NASU (analyst O. Vyshnevskyi).

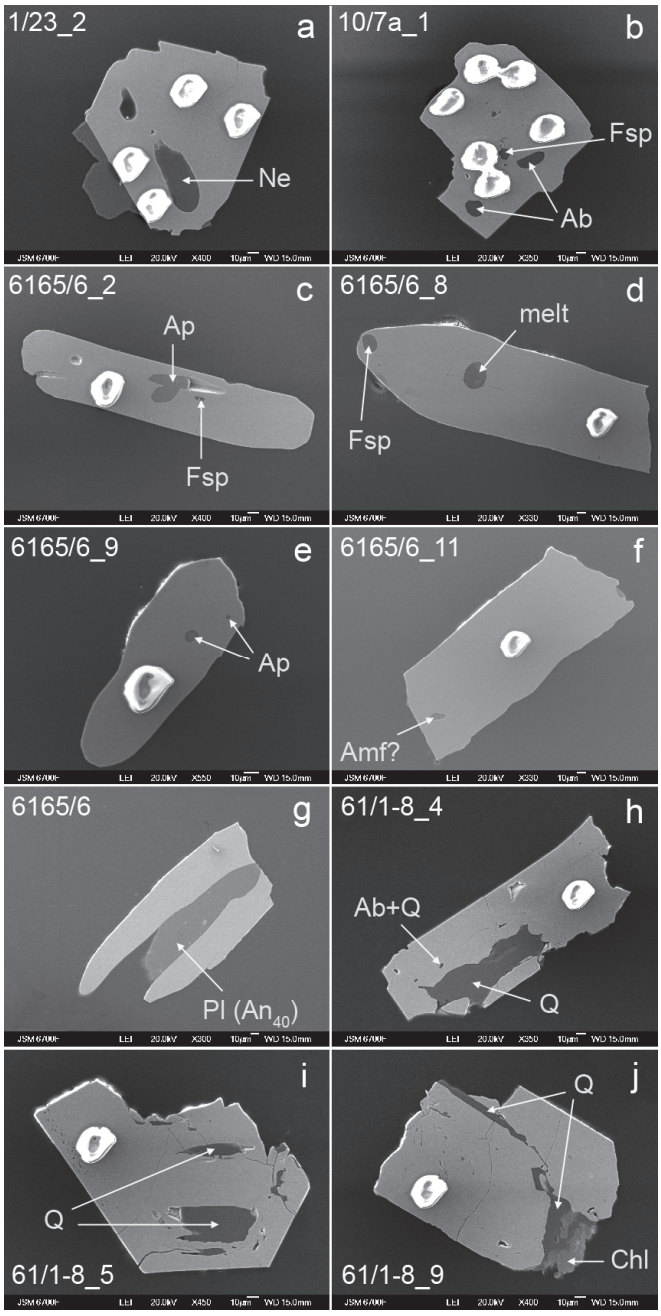
As shown by microprobe analyses, zircon grains with the highest Th/U ratio from HM andesibasalt contain inclusions of nepheline (see Figure, *a*).

Zircon grains with a slightly lower but still high ratio from MM plagiorhyodacite carry albite and potassium feldspar inclusions (see Figure, *b*).

Most ancient zircon grains from MM plagiorhyolite (see Figure, *c–g*) include apatite, potassium feldspar, andesine, melt and metamorphic amphibole (close to grunerite or gedrite); the latter form crystals.

At last, Jurassic zircon grains contain inclusions of quartz, quartz mixed with albite, chlorite – that is, minerals inherent in andesite itself (see Figure, *h–j*).

So, the LSM base represents (or represented in the past) a fragment of the under-Black Sea continental lithosphere that had been consolidated earlier than the Late Proterozoic. The correlation between age and geochemical peculiarities of ancient zircon along with the composition of mineral inclusions in it indirectly indicates the existence of two magmatic types of Paleoproterozoic basement in northern periphery of the present Black Sea basin: the first type, with



Inclusions in zircons of various ages from volcanic rocks of the LSM, BSE-image.

Age: *a*, *b* – about 1.8 Ga; *c*–*g* – about 2 Ga; *h*–*j* – about 168 Ma; rocks: *a* – HM andesibasalt; *b* – MM plagiorhyodacite; *c*–*g* – MM plagiorhyolite; *h*–*j* – MM andesite; numerals: sample number_number of zircon grain; minerals: Ne – nepheline; Ab – albite; Fsp – potassium feldspar; Ap – apatite; Amf – amphibole; Pl – plagioclase; Q – quartz; Chl – chlorite; white spots show the places of SHRIMP dating.

an age of about 2 Ga, was composed of rocks of the normal sequence, and the second, with an age of about 1.8 Ga, was made up of alkaline nepheline-containing rocks (at least in the LSM area). The presence of only one type of zircon in each individual rock sample testifies to the different levels of crustal assimilation and (or) different basement type.

REFERENCES

1. *Шнюкова Е. Е.* Магматизм зоны сочленения Западно-Черноморской впадины, Горного Крыма и Скифской плиты / Е. Е. Шнюкова. – Киев : Наук. думка, 2016. – 235 с.
2. Igneous zircon: trace element composition as an indicator of source rock type / E. Belousova, W. Griffin, S. Y. O'Reilly, N. Fisher // Contrib. Mineral. Petrol. – 2002. – Vol. 143, N 5. – P. 602–622.

Стаття: надійшла до редакції 23.07.2018
прийнята до друку 06.08.2018

Катерина Шнюкова

Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка НАНУ, просп. акад. Палладіна, 34, Київ, Україна, 03142,
shniukova@nas.gov.ua

ВКЛЮЧЕННЯ В ЦИРКОНІ З ВУЛКАНІЧНИХ ПОРІД ПІДВОДНОГО МАСИВУ ЛОМОНОСОВА

Досліджено вулканічні породи підводного масиву Ломоносова (Чорне море). Для ізотопного U-Pb датування та вивчення мінеральних включень відібрано зерна циркону з андезибазальтів, тоналітів та помірно-магнезіальних андезитів, плагіоріодацитів і плагіоріолітів. Зерна циркону з найвищим співвідношенням Th/U з андезибазальтів містять включення нефеліну, з нижчим, однак теж високим таким співвідношенням із плагіоріодацитів – альбіту й калішпату. У давнішому цирконі з плагіоріолітів наявні включення апатиту, калішпату, андезину й амфіболу, близького до грюнериту чи жедриту. Зерна циркону юрського віку з помірно-магнезіальних андезитів містять включення кварцу, суміші кварцу й альбіту, а також хлориту – мінералів, наявних у власне андезитах.

Ключові слова: циркон, мінеральні включення, уран-свинцеве датування, вулканічні породи, підводний масив Ломоносова, Чорне море.

MINERALOGICAL COLLECTION
2018. N 68, Is. 1. P. 89–93
ISSN 2078-6220

МІНЕРАЛОГІЧНИЙ ЗБІРНИК
2018. № 68, вип. 1. С. 89–93
ISSN 2078-6220

УДК 549.612.2:548.75/.734.3

Катерина Ільченко[1], Олена Гречановська[1], Євген Науменко[2], Сергій Старик[3]

[1]*Інститут геохімії, мінералогії і рудоутворення імені М. П. Семененка НАН України,*
просп. акад. Палладіна, 34, Київ, Україна, 03142,
K_Ilchenko@hotmail.com
[2]*Національний науково-природничий музей НАН України,*
вул. Богдана Хмельницького, 15, Київ, Україна, 01601,
Kyivmineralogist@gmail.com
[3]*Інститут надтвердих матеріалів імені В. М. Бакуля НАН України,*
вул. Автозаводська, 2, Київ, Україна, 04074,
s.starik@ukr.net

ДЕЯКІ КРИСТАЛОХІМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЛУЖНОГО ТУРМАЛІНУ ЗА ДАНИМИ ІНФРАЧЕРВОНОЇ СПЕКТРОСКОПІЇ ТА РЕНТГЕНІВСЬКОГО АНАЛІЗУ

Методами інфрачервоної спектроскопії та рентгенівського аналізу досліджено колекцію лужного турмаліну з різних родовищ світу, пов'язаних, головно, з рідкіснометалевими пегматитами. Виявлено спектроскопічні та структурні особливості мінералів ряду шерл–дравіт та ельбаїту. В ІЧ-спектрах дравіту, шерлу й ельбаїту зафіксовано закономірне зміщення смуг поглинання валентних коливань OH3 та OH1 у низькочастотний бік та їхнє розщеплення внаслідок ізоморфних заміщень $Mg^{2+} \rightarrow Me^{2+} \rightarrow Al^{3+}$, Mn^{2+}, Li^{+} у *Y*-октаедрах та $Al^{3+} \rightarrow Mg^{2+}$, $Me^{2+} \rightarrow Li^{+}$ – у *Z*-октаедрах. Інтерпретацію смуг поглинання та причини їхньої варіабельності підтверджено закономірними змінами параметрів елементарної комірки (особливо параметра *a*), розміру *Y*- та *Z*-октаедрів та їхнього співвідношення, що зумовлює виділення окремих полів для ельбаїту і мінералів ряду шерл–дравіт. Комплексне дослідження турмаліну дало змогу уточнити його діагностику й оцінити структурні характеристики та співвідношення ізоморфних елементів.

Ключові слова: лужний турмалін, дравіт, шерл, ельбаїт, ізоморфізм, ІЧ-спектроскопія, рентгенівський аналіз.

Мінерали надгрупи турмаліну, яка об'єднує кільцеві боросилікати дуже складної структури, мають загальну формулу $XY_3Z_6(Si_6O_{18})(BO_3)_3V_3W$. У лужному турмаліні позицію *X* займають, головно, іони Na^{+}, октаедричну позицію *Z* – іони Al^{3+}. У структурі дравіту, шерлу й ельбаїту більші *Y*-октаедри звичайно заселені йонами Mg^{2+}, Fe^{2+} та (Li^{+} + Al^{3+}), відповідно, а позиції *V* і *W* – трьома та однією ОН-групами, відповідно. Іон Na^{+} та OH1 (*W*), координовані трьома катіонами *Y*, розташовані в центрі гексагонального кільця (Si_6O_{18}), кожна з трьох OH3-груп (*V*), координована одним катіоном *Y* та дво-

© Ільченко Катерина, Гречановська Олена, Науменко Євген, Старик Сергій, 2018

ма *Z*, – на периферії таких кілець [4, 6]. Зазначимо, що *Y*-октаедри мають міцніші *Y*–O-зв'язки, порівняно з *Z*–O. Тому в разі ізоморфних заміщень *Z*-октаедри стискаються сильніше, ніж *Y*-октаедри. За фактор-груповими обчисленнями для валентних коливань ν_{OH} групи OH1 (симетрія атома O1 – C_{3v}) та групи OH2 (симетрія атома O3 – C_S) [5] треба очікувати три активні в інфрачервоному (ІЧ) спектрі смуги поглинання: одну для групи OH1 та дві – для OH3.

Досліджено взірці шерлу з України й Казахстану, дравіту – з Танзанії та Бразилії, ельбаїту – з Росії, Афганістану й Бірми. Вивчений турмалін пов'язаний, головно, з рідкіснометалевими пегматитами.

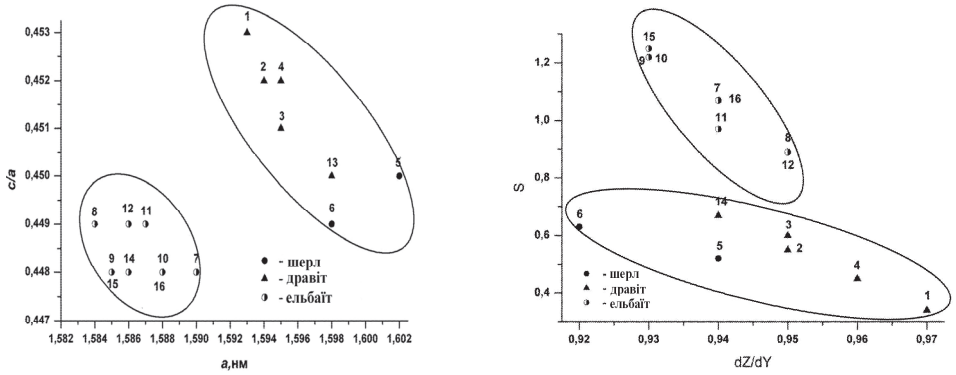
ІЧ-спектри в діапазоні 3 100–4 000 $см^{-1}$ таблеток з KBr (2 мг взірця/150 мг KBr) та поляризований спектр (E//*c*) пластинки з кристала дравіту завтовшки 30 мк, вирізаної паралельно до гексагональної осі *c* кристала, одержано на ІЧ Фур'є-спектрометрі Nicolet 6700 (Thermo Fisher Scientific).

Рентгенівський дифракційний аналіз турмаліну виконано на автоматичному дифрактометрі ДРОН-3М, мідне випромінювання ($Cu_{K\alpha}$= 0,154178 нм), інтервал кутів – 4–65° 2θ, крок сканування – 0,05 град/сек. Параметри елементарної комірки (ПЕК) турмаліну обчислювали за методом найменших квадратів з використанням програми X-RAY. Розмір октаедричних позицій *Y* та *Z* і структурну впорядкованість взірців турмаліну обчислювали з використанням таких залежностей: $dZ = 0{,}323c - 0{,}0392$; $dY = 0{,}752a - 0{,}6098 - 2dZ$ [2]; $S = k(1 - dZ/dY)$, де $k = 8{,}772$ для шерлу, 11,236 – дравіту, 17,857 – ельбаїту; *dZ* і *dY* – розмір октаедрів; *S* – структурна впорядкованість турмаліну [1].

На діаграмах залежності *c/a* від ПЕК *a* та *dZ*/*dY* від *S* показано поля ельбаїту і шерлу–дравіту (рис. 1). Параметр *a* ельбаїту значно нижчий, ніж для ряду шерл–дравіт, що зумовлено відмінностями в розмірі октаедричних катіонів у позиції *Y*. Заміщення *Y*-катіонів Fe^{2+} (r = 0,076 нм) і, частково, Fe^{3+} (r = 0,062 нм) іонами Mg^{2+} (r = 0,07 нм) у ряді шерл–дравіт і йонами Li^{+} (r = 0,07 нм) та Al^{3+} (r = 0,052 нм) у структурі ельбаїту є причиною зменшення параметра *a* в ельбаїті щодо взірців у ряді шерл–дравіт. Параметр *a* виявився більш чутливим до зміни складу турмаліну, ніж *c*, що пов'язано з особливостями його структури. Ізоморфні заміщення Al^{3+} на Fe^{3+}, Cr^{3+}, V^{3+} та Mg^{2+} в октаедричній позиції *Z* зумовлюють збільшення об'єму *V* елементарної комірки. Зміна розміру *Y*-октаедрів від 0,200 в Al-ельбаїті до 0,207 нм у шерлі завдяки ізоморфним заміщенням добре корелює зі стисканням–розтягуванням *Z*-октаедрів.

Варіабельність складу катіонів в обох октаедричних позиціях позначається і на характеристиках, і на кількості смуг поглинання ν_{OH} в ІЧ-спектрах турмаліну. Найсильнішою в спектрах дравіту, де в позиції *Y* переважає Mg^{2+}(рис. 2, *a*), є смуга 3 570–3 560 $см^{-1}$ ν_{OH3}, відповідно, у координації $^{Y}Mg^{Z}Al^{Z}Al$ або $^{Y}Mg^{Z}Al^{Z}$(AlMg). У спектрі червоного дравіту з низьким вмістом Fe (з Енгусеро Самбу [8]) вона розширена завдяки слабшій погано розділеній смузі ~3 519 $см^{-1}$ ν_{OH3} OH3 у координації ^{Y}(Fe, Mg)$^{Z}Al^{Z}Al$ [7]. Подібна конфігурація спектра дравіту з Афганістану також може свідчити про наявність Fe або Cr у позиції *Y* [3]. Слабкі смуги в діапазоні 3 640–3 765 $см^{-1}$ відповідають коливанням ν_{OH1} OH1: ~ 3 640 $см^{-1}$, найінтенсивніша з них – у кластерах $^{X}Na^{Y}Mg^{Y}Mg^{Y}Me^{2+}$–OH1, слабша 3 670 $см^{-1}$ – у кластерах $^{X}Na^{Y}Mg^{Y}Mg^{Y}Mg$–OH1, найслабші смуги 3 737 та 3 769 $см^{-1}$ – в аналогічних фрагментах структури, розташованих біля вакантних позицій *X*–□Na (див. рис. 2, *a*).

Поступове збагачення йонами Fe^{2+} і Fe^{3+}, які заміщують Mg^{2+} у позиціях *Y* і частково Al^{3+} у позиціях *Z* [6] у ряді дравіт–шерл, зумовлює подальше зміщення смуг ν_{OH3} в їхніх спектрах у низькочастотний бік за збереження загальної конфігурації кривої поглинан-



а *б*

Рис. 1. Діаграми залежності між параметром *a* та співвідношенням *c*/*a* (*а*) та впорядкованості *S* турмаліну від значення *dZ*/*dY* (*б*).

Дравіт: *1–3* – Танзанія (*1* – Мвайанга, *2* – Ланданнаї, *3* – Енгусеро Самбу); *4* – Афганістан; шерл: *5* – Айртау, Казахстан; *6* – Шевченкове, Західне Приазов'я, Україна; ельбаїт: *7* – Fe-ельбаїт, Афганістан; *8* – Mn-ельбаїт, Каліфорнія, США; *9*, *11* – хребет Малхан, Бурятія, Росія; *10* – Афганістан; *12* – Лорена, Бразилія; *13* – Кетчель, Бірма; *14* – Н'Чонго, Танзанія; *15* – Ліповка, Середній Урал, Росія; *16* – Папрок, Афганістан.

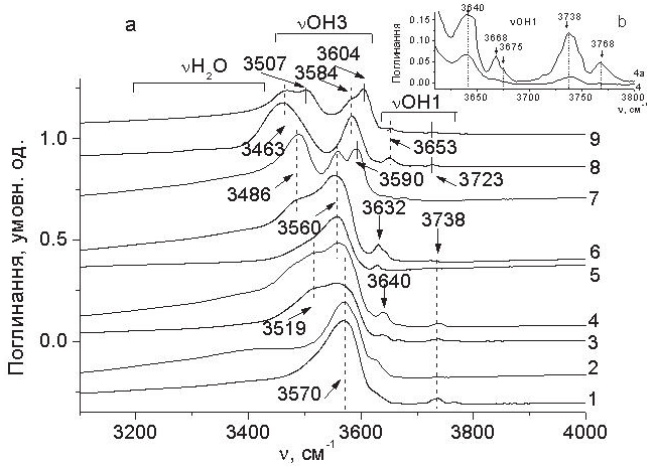


Рис. 2. ІЧ-спектри дравіту (*1–4*), шерлу (*5*, *6*) та ельбаїту (*7–9*) у діапазоні 3 100–3 400 см$^{-1}$ валентних коливань ν_{OH} груп OH і води (*a* – таблетки з KBr) і 3 610–3 800 см$^{-1}$ – груп OH1 (*b*: 4 – таблетка з KBr, 4a – кристал завтовшки 30 мк, поляризація E//*c*).
Опис взірців див. на рис. 1.

ня завдяки появі кластерів $^{Y}(Fe)^{Z}(Al,Fe)^{Z}Al$–OH3 та $^{X}Na^{Y}Fe^{Y}Fe^{Y}Me^{2+}$–OH1 (див. рис. 2, *а*) [5]. Наявність Li, Al та Fe або Mn у позиціях *Y* у структурі ельбаїту [6] спричиняє ускладнення їхніх спектрів, порівняно зі спектрами дравіту й шерлу. У спектрі молочно-рожевого ельбаїту з Бурятії (див. рис. 2, *а*) зафіксовано два дублети, які, імовірно, відповідають коливанням ν_{OH3} OH3-груп у координаціях $^{Y}Al^{Z}Al^{Z}(Al,Li)$ та $^{Y}Al^{Z}Al^{Z}Li$ [4], у спектрах взірців рожевого ельбаїту з Каліфорнії (див. рис. 2, *а*) та Росії (Ліповка, Се-

редній Урал; хребет Малхан, Бурятія, Росія), подібних між собою, зафіксовано дві нерозділені смуги з відповідними плечима [4]. У спектрі блакитного Fe-ельбаїту (Мауі, Афганістан) є смуги 3 486, 3 560 та 3 590 $см^{-1}$, які відповідають коливанням OH3-груп, оточених іонами $^{Y}Al^{Y}Al^{Y}Al$, $^{Y}Al^{Y}Al^{Y}Fe$ та $^{Y}Al^{Y}Al^{Y}Li$, відповідно (див. рис. 2, *а*). Смуги ν_{OH1} у вивчених взірцях ельбаїту пов'язані з OH1 у координаціях $^{Y}Al^{Y}Al^{Y}Li$ (5 654 $см^{-1}$) і, менше, – $^{Y}Al^{Y}Me^{2+Y}Li$ (3 580 $см^{-1}$) [4, 5]. Більшість взірців також містить структурно зв'язану воду (див. рис. 2).

Наслідком відмінностей у розмірі октаедричних позицій *dY* (0,200–0,207 нм), *dZ* (0,191–0,194 нм), упорядкованості *S* та ПЕК взірців турмаліну є розділення на діаграмах відповідних фігуративних точок для ельбаїту і ряду шерл–дравіт на окремі поля (див. рис. 1) Структура ельбаїту більш упорядкована (S = 0,90–1,25), ніж турмаліну ряду шерл–дравіт (S = 0,30–0,65). Значення *S* підтверджують належність шерлу Шевченківського родовища (Західне Приазов'я) та всіх взірців ельбаїту до рідкіснометалевих гранітних пегматитів [1].

Комплексне вивчення лужного турмаліну методами ІЧ-спектроскопії та рентгенівського аналізу дає змогу уточнити його діагностику, оцінити низку структурних особливостей і співвідношення певних ізоморфних елементів, які можуть бути петрогенетичними індикаторами.

Список використаної літератури

1. *Афонина Г. Г.* Упорядоченность турмалина и распределение катионов по позициям *Y* и *Z* его структуры (по данным порошковых рентгенограмм) / Г. Г. Афонина, В. М. Макагон // Минерал. журн. – 1990. – Т. 12, № 5. – С. 19–24.
2. *Горская М. Г.* Моделирование структуры турмалинов по параметрам элементарной ячейки // М. Г. Горская, О. В. Франк-Каменецкая, В. А. Франк-Каменецкий // Методы дифракционных исследований кристаллического материала. – Новосибирск : Наука, 1989. – С. 119–130.
3. *Bosi F.* Atomic arrangements around the O3 site in Al- and Cr-rich oxy-tourmalines: a combined EMP, SREF, FTIR and Raman study / F. Bosi, H. Skogbe, P. Lazor // Phys. Chem. Minerals. – 2015. – Vol. 42, Is. 6. – P. 441–453.
4. *Gonzalez-Careño T.* Infrared and electron microprobe analysis of tourmalines / T. Gonzalez-Careño, M. Fernández, J. Sanz // Phys. Chem. Mineral. – 1988. – Vol. 15. – P. 452–460.
5. Infrared study of OH sites in tourmaline from the elbaite–schorl series // Cristiane Castañeda, Ester Figueiredo Oliveira, Newton Gomes, and Antônio Carlos Pedrosa Soares // Amer. Mineral. – 2000. – Vol. 85. – P. 1503–1507.
6. Nomenclature of the tourmaline-supergroup minerals / Darrell J. Henry, Milan Novak, Frank C. Hawthorne et al. // Amer. Mineral. – 2009. – Vol. 96. – P. 895–913.
7. Raman and infrared study of hydroxyl sites in natural uvite, fluor-uvite, magnesio-foitite, dravite and elbaite tourmalines / C. Fantini, M. C. Tavares, K. Krambrock et al. // Phys. Chem. Minerals. – 2014. – Vol. 41, Is. 4. – P. 247–254.
8. Spectroscopy of red dravite from northern Tanzania / Michail N. Taran, M. Darby Dyar, Ievgen V. Naumenko, Olexij A. Vyshnevsky // Phys. Chem. Minerals. – 2015. – Vol. 42, Is. 7. – P. 559–568.

Стаття: надійшла до редакції 23.07.2018
прийнята до друку 06.08.2018

Kateryna Ilchenko[1], Olena Hrechanovska[1], Yevhen Naumenko[2], Serhii Staryk[3]

[1]*M. P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NAS of Ukraine,*
34, Acad. Palladin Av., Kyiv, Ukraine, 03680,
K_Ilchenko@hotmail.com
[2]*National Museum of Natural History,*
15, Bohdana Khmelnytskoho St., Kyiv, Ukraine, 01601,
Kyivmineralogist@gmail.com
[3]*V. Bakul Institute for Superhard Materials of NAS of Ukraine,*
15, Avtozavodska St., Kyiv, Ukraine, 04074,
s.starik@ukr.net

SOME CRYSTALLOCHEMICAL PECULIARITIES OF ALKALINE TOURMALINE BY INFRARED SPECTROSCOPY AND X-RAY ANALYSIS DATA

Collection of alkaline tourmaline samples from different deposits of the world, associated mainly with rare-metal pegmatites, has been investigated by means of infrared spectroscopy and X-ray diffractometry. The spectroscopic and structural features of the minerals of schorl–dravite series and elbayite are revealed.

Dravite, schorl and elbaite IR-specrtra had shown the regular shift to the low-frequency side and splitting of some OH3 and OH1 IR stretching bands in course of isomorphic $Mg^{2+} \rightarrow Me^{2+} \rightarrow Al^{3+}$, Mn^{2+}, Li^{+} substitutions in *Y*-octahedra and $Al^{3+} \rightarrow Mg^{2+}$, $Me^{2+} \rightarrow Li^{+}$ – in *Z*-octahedra. The interpretation of spectral characteristics variability was confirmed by difference of elbaite and schorl–dravite series X-ray parameters, corresponding structural *Y*- and *Z*-octahedra sizes and their relationship that had shown the existence of two different fields for them on corresponding diagrams. Element cell parameter "*a*" is more sensitive to the tourmaline composition changes.

The comprehensive tourmaline investigation allows to clarify its diagnostic and to estimate some structural features and isomorphous elements ratio.

Key words: alkaline tourmaline, dravite, schorl, elbaite, isomorphism, IR-spectroscopy, X-ray diffractometry.

MINERALOGICAL COLLECTION
2018. N 68, Is. 1. P. 94–98
ISSN 2078-6220

МІНЕРАЛОГІЧНИЙ ЗБІРНИК
2018. № 68, вип. 1. С. 94–98
ISSN 2078-6220

UDC 552.331.2(477)

Oleksandr Dubyna[1, 4], Viktor Sharygin[2, 3], Stepan Kryvdik[1], Oleksandr Mytrokhin[4]

[1]*M. P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NAS of Ukraine,*
34, Acad. Palladin Av., Kyiv, Ukraine, 03680,
dubyna_a@ukr.net
[2]*V. S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy of RAS, Novosibirsk, Russia*
[3]*Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia,*
sharygin@igm.nsc.ru
[4]*Institute of Geology, Taras Shevchenko National University of Kyiv,*
90, Vasylkivska St., Kyiv, Ukraine, 03022,
mitrokhin.a.v@ukr.net

KAINOSITE-(Y) IN VEINED SYENITES OF THE PENYZEVYCHI QUARRY (KOROSTEN PLUTON, UKRAINE)

Rare-earth minerals represented by Y-REE-silicocarbonate, xenotime-(Y), bastnaesite-(Ce), allanite-(Ce), unidentified Y- and Y-Ti-Ca-silicates have been discovered in veined syenites among ilmenite norites in the Penyzevychi quarry (Malyn district, Zhytomyr region). The Y-REE-silicocarbonate kainosite-(Y) $Ca_2(Y,Ce)_2Si_4O_{12}(CO_3)\cdot H_2O$ – a rather rare mineral – has been diagnosed in crystalline rocks of Ukraine for the first time. Kainosite-(Y) from Penyzevychi quarry differs from typical mineral from the other massifs by exceptionally increased FeO content. Increased or high FeO content is due to a thin (dispersed) micro-nanosize Fe-phase (< 1 μm). Decreasing of Si, Ca, Y and REE in mineral composition in comparison with the typical kainosite-(Y) is due to increased FeO content. This makes it difficult to diagnose.

Key words: kainosite-(Y), yttrium minerals, syenite, Korosten pluton, Ukrainian shield.

Abundant accessory mineralization represented by Y-REE-silicate-carbonate, xenotime-(Y), bastnaesite-(Ce), allanite-(Ce), Zr, Th and U minerals, unidentified Y- and Y-Ti-Ca-silicates has been found in the veined syenites of the Penyzevychi quarry (Malyn district, Zhytomyr region).

Y-REE-silicate-carbonate is the most interesting among these accessory minerals.

The first identification attempt of this mineral has been described in [2]. Based on the features of chemical composition and XRD-results, this mineral was previously identified as kainosite-(Y) $Ca_2(Y,Ce)_2Si_4O_{12}(CO_3)\cdot H_2O$.

To do more precise determination of chemical composition of this mineral, the microprobe studies of individual grains (from 50 to 400 μm) have been carried out additionally (see Table). According to obtained results, quite wide variations in the content of the main elements are established, mass %: SiO_2 – 18.42–34.53; FeO – 0–43.84; MgO – 0.76–0.93; CaO –

© Dubyna Oleksandr, Sharygin Viktor, Kryvdik Stepan, Mytrokhin Oleksandr, 2018

5.71–15.41; UO_2 – 0.10–0.62; PbO – 0.29–0.52; Na_2O – 0.23–1.29; Y_2O_3 – 10.05–28.08; REE_2O_3 – 4.40–12.46; F – 0–2.14; Cl – 0–0.28 (Fig. 1). However, the most representative analyzes (with low FeO and high total of components) show such averaged empirical formula:

$$(Ca_{1.96}Na_{0.04})_{2.00}(Y_{1.69}REE_{0.21}Na_{0.10})_{2.00}Si_{4.0}O_{12}[CO_3]_{1.0}\cdot H_2O.$$

Composition of kainosite-(Y) from the Penyzevychi quarry, mass %

Components	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*
SiO_2	33.97	34.53	34.40	33.52	33.69
FeO	2.30	0.93	3.82		0.77
CaO	13.80	15.41	14.92	13.99	14.20
Na_2O	0.50	0.23	0.34	0.94	0.71
Y_2O_3	22.45	26.06	24.94	26.63	25.53
La_2O_3	0.50			0.42	
Ce_2O_3	1.15			0.50	
Nd_2O_3	0.82			0.47	
Sm_2O_3	0.68				0.44
Gd_2O_3	1.27	1.51	1.20	1.11	0.98
Tb_2O_3				1.85	2.31
Dy_2O_3	2.01	2.48	2.51		
Ho_2O_3	0.78				
Er_2O_3	1.65	2.18	2.05	1.84	1.70
Yb_2O_3	2.65	2.80	2.28	1.87	2.41
ΣREE_2O_3	11.51	8.97	8.04	8.06	7.84
F	1.79		0.81		
Cl				0.28	0.26
$[H_2O]_{calc}$	2.22	2.42	2.34	2.43	2.36
$[CO_2]_{calc}$	5.43	5.90	5.71	5.93	5.75
$[FeOOH]_{calc}$	2.84	1.15	4.72		0.95
Total	99.29	97.00	98.47	93.28	93.10
Formula based on 4 Si atoms per formula unit					
Si	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Ca	1.99	2.05	2.05	1.85	1.94
Y	1.61	1.72	1.70	1.75	1.73
REE	0.27	0.18	0.16	0.17	0.16
Na	0.13	0.06	0.08	0.23	0.18

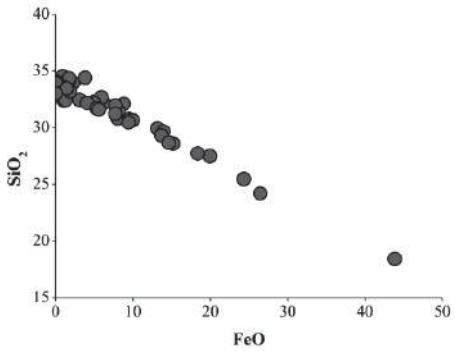


Fig. 1. Correlation of FeO vs SiO_2 for kainosite-(Y) and its alteration products, mass %.

In comparison with the previously published data [2], the FeO content is even more significant and varies greatly even within individual grains. The presence of increased or significant Fe content is caused parallel decreasing of the Si, Ca, Y, and REE contents (see Fig. 1). According to our results, high admixture of FeO is due to the appearance of intergranular skins or scattered inclusions of iron oxides or hydroxides (goethite, hydrogoethite?). The presence of these inclusions was resulted to dark brown or brown colour (under the binocular) that is untypical for this mineral (common colour of kainosite-(Y) is colourless to yellowish-brown, greenish-yellow, yellow) and some complication in recalculation obtained analyzes also. It was impossible to select a sample of kainosite-(Y) completely free in Fe.

Some crystals show presence of distinct zoned structure (Fig. 2). Light parts of these grains have generally lower FeO content and, correspondingly, higher contents of SiO_2, CaO, Y_2O_3 and REE_2O_3. Sometime zoned grains contain isometric or irregular small (10–20 μm) inclusions of REE-F-carbonates (probably, bastnaesite-(Ce)) in outer part. Obviously partial capture of these inclusions by microprobe beam might caused an increased F established in some analyzes. Even homogeneous kainosite-(Y) grains are characterized by significant variations in FeO detected in different sites of these grains. Study of these sites under higher magnification has also revealed rather inhomogeneous structures caused by the presence of micro-nanosized inclusions of Fe-rich phases and their heterogeneous distribution (Fig. 3).

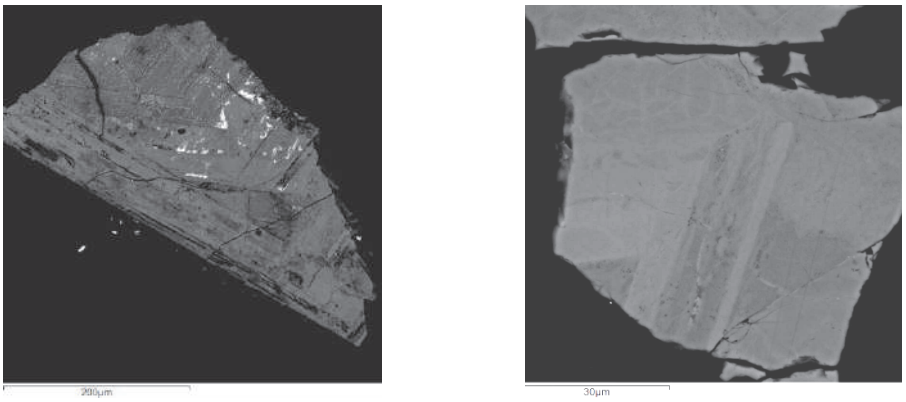


Fig. 2. The zoned grain of kainosite-(Y) from the veined syenites of the Penyzevychi quarry, BSE-photo.

Zoning is caused by alternation of sites enriched (dark) and depleted (light gray) in FeO. Light inclusions found in the central part of the crystal are represented by bastnaesite-(Ce).

In most cases, in calculated formulas the (Ca + REE + Y)/Si ratio is more than 1 (more than 4 Si atoms per formula unit), which could be explained by the decreasing of REE and Y contents due to the excess of iron. But in most analyzes the (Ca + REE + Y)/Si ratio is approaches to 1, which, together with previous results of X-ray diffraction analysis, makes it possible to suggest that this mineral is really related to kainosite-(Y).

Kainosite-(Y) is typical for rocks of various composition, but it is usually localized into fractures and vugs of uraniferous, rare earth pegmatite or granites of alkaline complexes enriched in REE and Y. Commonly kainosite-(Y) in these rocks is considered as secondary mineral, which is formed by replacing the primary Y- and REE-enriched minerals (hellandite-(Y), gadolinite-(Y), yttrialite-(Y), xenotime-(Y), etc.) [1]. Kainosite-(Y) is believed to be formed at postmagmatic stages and through alteration by solutions enriched in CO_3^{2-}.

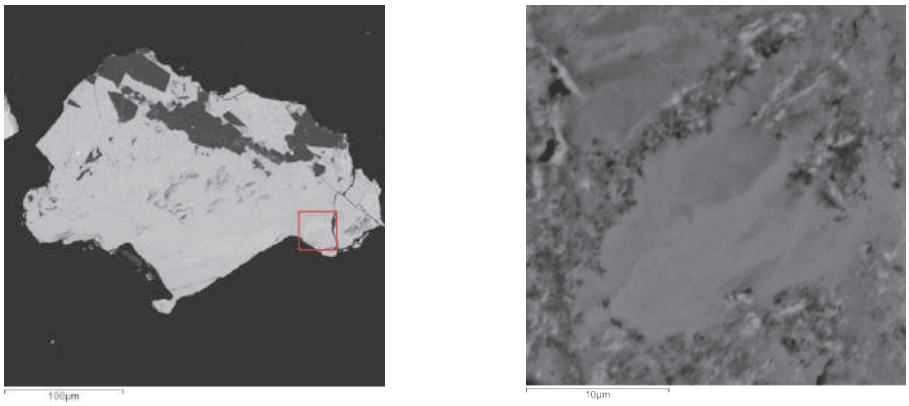


Fig. 3. The grain of kainosite-(Y) and its enlarged fragment, BSE-photo.
The heterogeneity of this grain is well visible due to fine-dispersed impregnations of phases enriched in FeO (dark sites).

The relationship between xenotime-(Y) and the above mentioned Y-minerals in the investigated syenite is not completely established. Intergrowths of kainosite-(Y) and xenotime-(Y) might be treated as replacement of xenotime-(Y) by kainosite-(Y) as well as. Individual xenotime-(Y) grains altered by churchite-(Y) (without visible development of secondary kainosite-(Y)) are found in nature.

In our opinion, Y and REE minerals found in the veined syenites of the Penyzevychi quarry taken together with petrographic and mineralogical peculiarities of these rocks could indicate their genetic relationship with intrusion of alkali syenites. Increased alkalinity promotes accumulation by Y and REE, partly U, Th, Zr, in the residual melts. Further crystallization of the melts as veins caused the various accessory mineralization (kainosite-(Y), the first finding in Ukraine, xenotime-(Y), churchite-(Y), bastnaesite-(Ce), uraninite, thorite) in the investigated syenites. Based on our results, the studied rocks could also include such minerals as keiviite-(Y) $Y_2Si_2O_7$ and Y-REE-Ti-Ca-silicate (yttrian titanite).

REFERENCES

1. Первая находка кайнозита в СССР / И. Я. Некрасов, О. А. Дойник, А. И. Горшков, А. В. Сивцов // Докл. АН СССР. – 1987. – Т. 294, № 4. – С. 948–951.
2. Рідкіснометалева мінералізація жильних лужних сієнітів Пенизевицького кар'єру (Коростенський анортозит-рапаківігранітний плутон) / О. В. Дубина, С. Г. Кривдік, О. В. Митрохин та ін. // Мінерал. журн. – 2014. – № 1. – С. 12–25.

Стаття: надійшла до редакції 23.07.2018
прийнята до друку 06.08.2018

Олександр Дубина[1, 4], Віктор Шаригін[2, 3], Степан Кривдік[1], Олександр Митрохін[4]

[1]*Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка НАНУ, просп. акад. Палладіна, 34, Київ, Україна, 01142, dubyna_a@ukr.net*
[2]*ФДБУН Інститут геології і мінералогії імені В.С. Соболєва СВ РАН, Новосибірськ, РФ*
[3]*ФДБОУ ВПО Новосибірський державний університет, sharygin@igm.nsc.ru*
[4]*ННІ "Інститут геології", Київський національний університет імені Тараса Шевченка, вул. Васильківська, 90, Київ, Україна, 03022, mitrokhin.a.v@ukr.net*

КАЙНОЗИТ ІЗ ЖИЛЬНИХ СІЄНІТІВ ПЕНИЗЕВИЦЬКОГО КАР'ЄРУ (КОРОСТЕНСЬКИЙ ПЛУТОН, УКРАЇНА)

У жильних сієнітах серед ільменітових норитів Пенизевицького кар'єру (Малинський р-н, Житомирська обл.) діагностовано серію мінералів-концентраторів рідкісних земель, представлених Y-REE-силікокарбонатом, ксенотимом-(Y), бастнезитом-(Ce), алланітом-(Ce), недіагностованими Y- та Y-Ti-Ca-силікатами. За особливостями хімічного складу виявлений Y-REE-силікокарбонат діагностовано як досить рідкісний мінерал – кайнозит-(Y) $Ca_2(Y,Ce)_2Si_4O_{12}(CO_3)\cdot H_2O$, який у кристалічних породах України визначено вперше.

Кайнозит-(Y) Пенизевицького кар'єру відрізняється від типового мінералу з інших масивів підвищеним умістом домішки FeO. Підвищений або високий вміст FeO пов'язаний з тонким (дисперсним) вкрапленням залізистої фази (< 1 мкм). Її наявність зумовлює зменшення вмісту Si, Ca, Y та REE у складі мінералу, порівняно з типовим кайнозитом-(Y), і утруднює його діагностику.

Ключові слова: кайнозит-(Y), мінерали ітрію, сієніт, Коростенський плутон, Український щит.

MINERALOGICAL COLLECTION
2018. N 68, Is. 1. P. 99–102
ISSN 2078-6220

МІНЕРАЛОГІЧНИЙ ЗБІРНИК
2018. № 68, вип. 1. С. 99–102
ISSN 2078-6220

УДК 552.549.331(477.63)

Віра Гаценко[1], Олександр Андрєєв[2]

[1]*Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка НАНУ, просп. акад. Палладіна, 34, Київ, Україна, 01142, gatsenko@nas.gov.ua*
[2]*ННІ "Інститут геології", Київський національний університет імені Тараса Шевченка, вул. Васильківська, 90, Київ, Україна, 03022, andreev@univ.kiev.ua*

ПІРОКСЕНИ ПОРІД ПОКРОВО-КИРИЇВСЬКОГО МАСИВУ: ОСОБЛИВОСТІ МОРФОЛОГІЇ ТА ХІМІЧНОГО СКЛАДУ

Наведено результати дослідження морфологічних і хімічних особливостей моноклінних піроксенів з піроксенітів, габро, маліньїтів та нефелінових сієнітів Покрово-Кириївського масиву. Хімічних склад клінопіроксенів з усіх досліджуваних порід різний, незважаючи на деяку їхню морфологічну подібність. Найцікавішим є виявлення в ядрі піроксену з габро ендіопсиду. Це дає підстави припускати, що габро кристалізувалося раніше від піроксенітів, піроксен яких представлений кальцієвим авгітом. Видається, що ці породи не пов'язані взаємними переходами. Отримані дані підтверджують дискретність порід Покрово-Кириївського масиву та свідчать про те, що їхня кристалізація не відповідає стандартній схемі.

Ключові слова: клінопіроксени, ендіопсид, піроксеніти, габро, маліньїти, нефелінові сієніти, Покрово-Кириївський масив, Український щит.

Покрово-Кириївський масив розташований у зоні зчленування Приазовського мегаблока Українського щита та складчастої структури Донбасу. Масив складений девонськими сублужними й лужними породами. Уважають [1], що повнокристалічні піроксеніти й габро є найбільш ранніми породами, а лужні утворення − маліньїти і нефелінові сієніти – належать до пізньої магматичної фази. Клінопіроксени є головними фемічними мінералами майже всіх порід масиву. Морфологічні та хімічні особливості клінопіроксенів певною мірою характеризують вихідний магматичний розплав та умови породоутворення, тому важливим є дослідження властивостей цих мінералів. Результати дослідження піроксенів із маліньїтів висвітлено у праці [3], з нефелінових сієнітів – у праці [2], результати ж вивчення на сучасному рівні піроксенів з піроксенітів і габро наводимо вперше.

Серед піроксенів досліджуваних порід розрізняють більші, часто неоднорідні зерна та дрібніші кристали. Великі кристали в піроксенітах за видовженням сягають 3–6 мм, проте частіше мають розмір 2–3 мм. Їм притаманна морфологічна неоднорідність, зумовлена включеннями ільменіту у вигляді мікроскопічної ґратки. Вочевидь, наявність таких мікровключень свідчить про "випадіння" заліза й титану з утворенням власної

© Гаценко Віра, Андрєєв Олександр, 2018

фази. Однак під час мікрозондових досліджень з'ясовано, що хімічний склад таких клінопіроксенів майже однорідний, принаймні, хімічної зональності нема. Дрібні зерна піроксену з піроксенітів мають розмір до 1 мм та оптично однорідні. За хімічним складом вони ідентичні до великих зерен. На класифікаційній діаграмі En–Di–Hd–Fs (енстатит–діопсид–геденбергіт–феросиліт) піроксени з піроксенітів потрапляють у поле авгіту на межі з салітом (рис. 1). Їм також притаманний підвищений уміст Al_2O_3 (до 5 мас. %) і TiO_2 (до 2 мас. %).

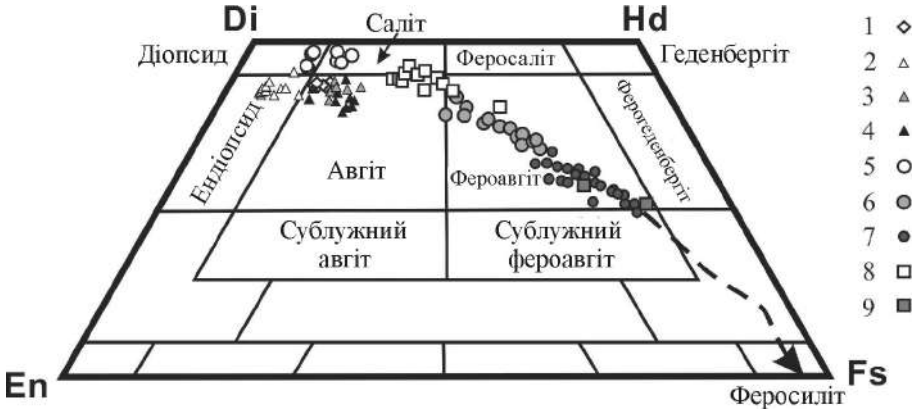


Рис. 1. Склад піроксенів із порід Покрово-Кириївського масиву на класифікаційній діаграмі En–Di–Hd–Fs (за Poldervaart & Hess, 1951):

1 – з піроксенітів; *2–4* – із габро, фенокристи: *2* – ядро, *3* – оболонка, *4* – дрібніші зерна; *5–7* – із маліньїтів, фенокристи: *5* – ядро, *6* – оболонка, *7* – мікроліти; *8*, *9* – із нефелінових сієнітів, фенокристи: *8* – ядро, *9* – оболонка.

Зерна великих піроксенів із габро ідіоморфні, візуально нечітко зональні, що виявлено в сірувато-рожевуватому кольорі їхньої оболонки за безбарвної центральної частини (під мікроскопом). У ядрах зерен з габро визначено найбільший вміст MgO – 16,7–18,9 мас. % (з піроксенітів – нижчий – 14,5–16,0 мас. %) та, відповідно, надто низький вміст FeO (3,0–6,2 мас. %). Також у ядрах помітний вміст Cr_2O_3 – до 1 мас. %. Хімічний склад оболонок подібний до оболонок піроксену з піроксенітів, однак вміст Al_2O_3 та TiO_2 нижчий – до 3,2 та 1,6 мас. %, відповідно.

У маліньїтах піроксени наявні у вигляді фенокристів, які мають чітку оптичну зональність (безбарвне ядро й оболонка зеленого кольору) та насичені зеленими мікролітами. За хімічним складом ядро фенокристів відрізняється від оболонки суттєво підвищеним вмістом MgO, CaO, TiO_2 та Al_2O_3, а в крайовій частині набагато вищий вміст FeO і Na_2O. Піроксенам ядра притаманний найбільший серед усіх досліджуваних піроксенів вміст CaO (до 23,6 мас. %). На діаграмі En–Di–Hd–Fs (див. рис. 1) вони потрапляють у поля діопсиду й саліту. У зональних піроксенах з діопсид-салітовим ядром крайова зона набуває складу егірин-діопсиду з високим вмістом акмітового міналу – $Di_{20–56}Ac_{13–54}Hed_{10–24}$. У мікролітах вміст акмітового міналу звичайно становить 45–60 % (рис. 2). Визначено, що зі збільшенням залізистості мікролітів підвищується їхня лужність, а титанистість і глиноземистість зменшуються, хоча в усіх випадках діопсидовий мінал переважає над геденбергітовим ($Ac_{32–73}Di_{14–43}Hed_{6–19}$).

Клінопіроксен нефелінових сієнітів має яскраво-зелене забарвлення. У шліфах простежено дві форми виділення цього мінералу. Перша, більше поширена, – це, як і в ма-

ліньїтах, фенокристи: великі (1–2 мм) ідіоморфні зерна складені з ясно-зеленого ядра та насичено-зеленої оболонки. Проте, на відміну від маліньїтів, фенокристи часто мають неправильну форму, не містять мікролітів, натомість виявлено волокнисті виділення. Хімічний склад ядра фенокристів відповідає егірін-саліту $Di_{42–58}Hed_{32–42}Ac_{9–14}$, вміст Na_2O – від 1,1 до 1,9 мас. %; склад оболонки значно змінний − $Ac_{32–100}Di_{0–38}Hed_{0–37}$ (див. рис. 2), уміст Na_2O – до 13,6 мас. %. Загалом піроксени нефелінових сієнітів мають більш лужний та залізистий склад (FeO – від 12,0 до 29,5 мас. %), порівняно з мінералом маліньїтів.

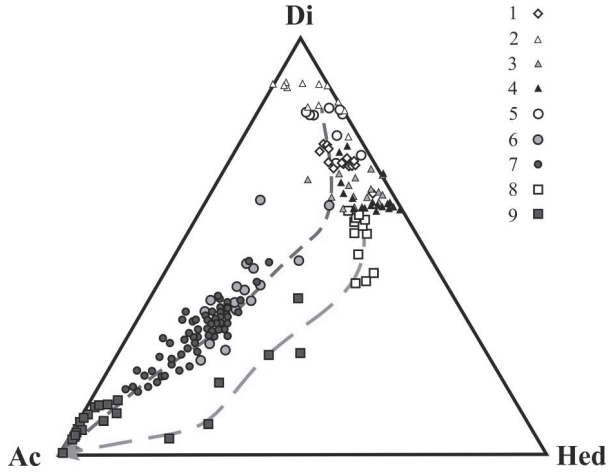


Рис. 2. Склад піроксенів із порід Покрово-Кириївського масиву на трикутній діаграмі акміт–діопсид–геденбергіт. Умовні позначення див. на рис. 1.

Виконані дослідження дають підстави для таких висновків.

Піроксени всіх досліджуваних порід різні за оптичними й хімічними характеристиками, незважаючи на певну морфологічну подібність. Найнесподіванішою та цікавою є знахідка в ядрі піроксену з габро ендіопсиду. Це достатньо рідкісний найбільш магнезіальний піроксен, тому можна припустити, що габро кристалізувалося раніше від піроксенітів, принаймні, ці породи не пов’язані взаємними переходами.

На діаграмі En–Di–Hd–Fs піроксени нормального складу Покрово-Кириївського масиву не утворюють тренд, а розташовані в полях діопсиду–саліту–ендіопсиду–кальцієвого авгіту (піроксени лужного ряду винесено на діаграму умовно). На діаграмі акміт–діопсид–геденбергіт лужні піроксени маліньїтів і нефелінових сієнітів формують два окремі тренди.

Отримані дані підтверджують дискретність порід Покрово-Кириївського масиву та свідчать про те, що їхня кристалізація не відповідає стандартній схемі.

Список використаної літератури

1. Базит-гипербазитовый магматизм и минерагения Восточно-Европейской платформы / ред. В. И. Гоньшакова. – М. : Недра, 1973.
2. Нефелінові сієніти Покрово-Кириївського масиву (Приазов’я, Україна) / С. Г. Кривдік, В. В. Шаригін, В. О. Гаценко та ін. // Мінерал. журн. – 2017. – Т. 39, № 2. – С. 29–45.

3. Піроксени Покрово-Киріївського масиву (Приазов'я, Україна) / С. Г. Кривдік, В. В. Шаригін, В. О. Гаценко, Є. С. Луньов // Мінерал. журн. – 2016. – Т. 38 , № 3. – С. 24–38.

Стаття: надійшла до редакції 23.07.2018
прийнята до друку 06.08.2018

Vira Hatsenko[1], **Oleksandr Andrieiev**[2]

[1]*M. P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NAS of Ukraine,*
34, Acad. Palladin Av., Kyiv, Ukraine, 03680,
gatsenko@nas.gov.ua
[2]*Institute of Geology, Taras Shevchenko National University of Kyiv,*
90, Vasylkivska St., Kyiv, Ukraine, 03022,
andreev@univ.kiev.ua

PYROXENES FROM THE ROCKS OF POKROVO-KYRYIVSKYI MASSIF: FEATURES OF MORPHOLOGY AND CHEMICAL COMPOSITION

Morphological and chemical peculiarities of clinopyroxenes from pyroxenites, gabbros, malignites and nepheline syenites of Pokrovo-Kyryivskyi massif are described. The chemical composition of clinopyroxenes from all researched rock species is different, despite their some morphological similarity. The most interesting is the fixation of endiopside in the nucleus of pyroxene in gabbro, which suggests that gabbros crystallized earlier than pyroxenites, in which pyroxenes are represented by calcium augite. It is proved that these rocks are not linked by mutual transitions. The obtained data confirm the discreteness of the Pokrovo-Kyryivskyi massif rocks and show that their crystallization does not correspond to the standard scheme.

Key words: clinopyroxenes, endiopside, pyroxenites, gabbro, malignites, nepheline syenites, Pokrovo-Kyryivskyi massif, Ukrainian Shield.

MINERALOGICAL COLLECTION
2018. N 68, Is. 1. P. 103–106
ISSN 2078-6220

МІНЕРАЛОГІЧНИЙ ЗБІРНИК
2018. № 68, вип. 1. С. 103–106
ISSN 2078-6220

УДК 549.643.2/3:535.34+552.13(477)

Надія Юрченко[1], **Олена Павлова**[2]

[1]*Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка НАНУ, просп. акад. Палладіна, 34, Київ, Україна, 03142, nadysya88@gmail.com*
[2]*ННІ "Інститут геології", Київський національний університет імені Тараса Шевченка, вул. Васильківська, 90, Київ, Україна, 03022, pavlovagelena@gmail.com*

АМФІБОЛИ ПОРІД ЗОНИ ФЕНІТИЗАЦІЇ ЧЕРНІГІВСЬКОГО КАРБОНАТИТОВОГО МАСИВУ ТА ЇХНІ ОПТИКО-СПЕКТРОСКОПІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Проаналізовано склад, оптико-спектрографічні особливості та мінеральну асоціацію амфіболів із порід зони фенітизації Чернігівського карбонатитового масиву (Новополтавська ділянка Чернігівської тектонічної зони, Західне Приазов'я) та вмісних кристалічних порід. З'ясовано, що формування амфіболів вмісних порід та протолітів пов'язане з етапом мігматизації ендербітового комплексу. За складом амфіболи відповідають магнезіоферигорнбленду. Амфіболи етапу фенітизації представлені натрій-кальцієвою підгрупою з широким діапазоном вмісту лугів. Співвідношення Fe^{2+} і Fe^{3+} впливає на особливості спектрів поглинання світла та колірність. Визначено, що головним критерієм ступеня олуговування амфіболів у зоні фенітизації є збагачення їх натрієм щодо кальцію, а також їхній мінеральний парагенезис з альбітом.

Ключові слова: амфіболи, мінеральний парагенезис, оптичні спектри поглинання, ореол фенітизації, Чернігівський карбонатитовий масив, Західне Приазов'я, Український щит.

Об'єктом дослідження є амфіболи з порід зони фенітизації Чернігівського карбонатитового масиву (Новополтавська ділянка Чернігівської тектонічної зони, Західне Приазов'я) [3]. Актуальність дослідження зумовлена тим, що амфіболи завдяки особливостям своєї структури є одними з важливих мінералів для пізнання умов формування вмісних кристалічних порід.

Мета досліджень – з'ясувати характер зміни складу й оптичних параметрів амфіболів у ряду послідовних метасоматичних змін кристалічних порід, які зазнавали впливу процесів гранітизації та лужних метасоматичних перетворень, у тім числі фенітизації.

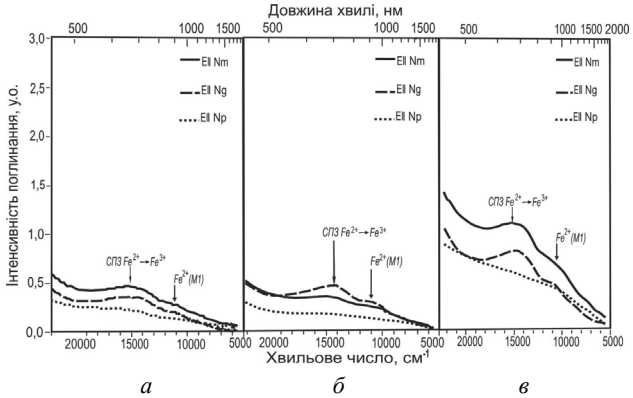
Проаналізовано мікроструктурну позицію амфіболів у породах зони [6], їхні парагенезиси, склад та оптико-спектрографічні характеристики. Вивчали амфіболи з карбонатитовмісних порід різного ступеня фенітизації (гранодіорити, діоритоїди, амфіболіти), утворень поза зоною фенітизації, протолітів вмісних порід різного ступеня фенітизації, лужних сієнітів та біотит-амфіболових реакційних метасоматитів із зони контакту карбонатитових жил з вмісними породами.

© Юрченко Надія, Павлова Олена, 2018

Аналіз отриманих петрографічних та аналітичних даних свідчить, що досліджені амфіболи з порід фундаменту Новополтавської ділянки Чернігівської тектонічної зони, де відбувалося вкорінення Чернігівського карбонатитового масиву, – це похідні раннього етапу мігматизації піроксенових і піроксеновмісних порід – ендербітів та ультрабазитів [1, 2, 4, 7, 9]. На цьому етапі утворювалися як власне кристали амфіболів у міжзерновому тріщинному просторі, так і – разом із кварцом, польовими шпатами, епідотом та карбонатом – симплектитові зростки заміщення первинних клінопіроксенів, аналогічних до тих, що виникають під час діафторезу в докембрійських та автометасоматозу в молодших інтрузивних породах з піроксеном. Склад досліджених нами симплектитів залежить від флуктуації параметрів метаморфізму й метасоматозу в температурному діапазоні 650–750 °С (за мономінеральним біотитовим термометром). За складом амфіболи відповідають кальцієвим різновидам, проміжним між магнезіоферигорнблендом, паргаситом і феричермакітом зі змінним співвідношенням калію та натрію. Вірогідно, амфібол у породах ендербітового фундаменту на етапі мігматизації кристалізувався з клінопіроксенів за умов амфіболітової фації метаморфізму в режимі транстенсії або декомпресії розриву.

У породах зони фенітизації (крім протолітів) амфіболи збагачувалися лугами й перетворювались у натрій-кальцієві різновиди, перехідні між попередньою кальцієвою підгрупою, баруазитом, тарамітом і катофоритом [5, 8]. Інтенсивність олуговування амфіболів неоднакова і, можливо, пропорційна до характеру та ступеня міжблокової й міжзернової тріщинуватості (проникності) порід фундаменту, а також порід ранніх фаз становлення Чернігівського карбонатитового масиву під час проникнення в них метасоматизувальних розчинів. Зазначимо, що в межах загального ореола фенітизації подекуди збереглися ділянки майже не змінених порід (протолітів) з реліктовим, "метаморфічним" амфіболом.

Порівняння оптичних спектрів поглинання амфіболів різної лужності з різних порід зони фенітизації свідчить про низькі за інтенсивністю та широкі за діапазоном "вікна пропускання" поляризованого світла в N_g-поляризації стосовно N_m-поляризації, що визначає в амфіболах темніші жовто-зелені відтінки за E||N_m і блакитно-зелені – за E||N_g. Низький рівень інтенсивності поглинання також зумовлює безбарвність з легким жовтуватим відтінком натрій-кальцієвих амфіболів за E||N_p (див. рисунок).



а *б* *в*

Поляризовані оптичні спектри поглинання ферибаруазиту (*а*), ферикатофориту (*б*) і магнезіоферигорнбленду (*в*).

В амфіболах, перехідних між магнезіо- та ферирізновидами, за цілком заповнених позицій M1, M2 та M3 частина заліза може входити в позиції M4, тому в інфрачервоній частині оптичного спектра з'являється вузька смуги поглинання в N_m-поляризації завдяки дозволеним за спіном електронним *dd*-переходам у йонах Fe^{2+} у позиції M4.

Отже, колірність, плеохроїзм та інтенсивність абсорбції світла кальцієвими та натрій-кальцієвими амфіболами з порід зони фенітизації (що зафіксовано й під час петрографічних досліджень) свідчать про розподіл у мінералі Fe^{2+} та Fe^{3+} у позиціях M1–M3 і M4 та ступінь окиснення. Головним же критерієм ступеня олуговування амфіболів у зоні фенітизації є збагачення їх лугами щодо Ca^{2+}, а також їхній мінеральний парагенезис з альбітом.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Козлов Е. Н.* Типохимизм минералов из пород контактовых ореолов щелочно-ультраосновных комплексов как индикатор полиметасоматической переработки: на примере массива Озерная Варака (Кольский полуостров) / Е. Н. Козлов, А. А. Арзамасцев, А. В. Базай // Вестник МГТУ. Сер. Естественные науки. – 2014. – Т. 17, № 2. – С. 286–303.
2. *Король Н. Е.* Эндербиты периода региональной мигматизации и гранитизации в гранулит-эндербит-чарнокитовых комплексах Карелии / Н. Е. Король // Геология и полезные ископаемые Карелии. – Вып. 11. – Петрозаводск, 2008. – С. 77–103.
3. *Кривдик С. Г.* Петрология щелочных пород Украинского щита / С. Г. Кривдик, В. И. Ткачук – Киев : Наук. думка, 1990. – 408 с.
4. Определение термодинамических условий метаморфизма касахской свиты докембрия Армении по амфиболовому термобарометру / В. А. Агамелян, Б. Шульц, А. Ренно и др. // Ученые записки ЕГУ. Сер. Геология и география. – 2011. – № 3. – С. 3–8.
5. *Юрченко Н. Г.* Хімічний склад амфіболів з порід ореола фенітизації карбонатитового масиву Приазов'я (Український щит) / Н. Г. Юрченко // Мінерал. журн. – 2016.– Т. 38, № 4. – С. 32–38.
6. *Юрченко Н.Г.* Микротектоника кристаллических пород Новополтавского участка Черниговской зоны разломов / Н. Г. Юрченко, Г. Г. Павлов // Modern Science. – 2014. – N 3. – P. 110.
7. *Япаскурт В. О.* Симплектиты клинопироксена и плагиоклаза в гранат-клинопироксеновых породах Кольского полуострова: продукты реакций прогрессивного гранулитового метаморфизма или результат декомпрессионного разложения омфацита? / В. О. Япаскурт, П. Ю. Плечев // Ломоносовские чтения 2004 года : науч. конф. : тезисы. – М., 2004. – С. 52–54.
8. Nomenclature of the amphibole supergroup / F. C. Hawthorne, R. Oberti, G. E. Harlow et al. // Amer. Mineral. – 2012. – Vol. 97. – P. 2031–2048.
9. *Сибелев О. С.* Декомпрессионные симплектиты в апоэклогитах гридинской зоны меланжа (Беломорский подвижный пояс) / О. С. Сибелев // Электронный ресурс: http://igkrc.ru/assets/publication/ Geologia-i-pol-isk/Vypusk 132010-p66-72.pdf

Стаття: надійшла до редакції 23.07.2018
прийнята до друку 06.08.2018

Nadiia Yurchenko[1], Olena Pavlova[2]

[1]*M. P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NAS of Ukraine,*
34, Acad. Palladin Av., Kyiv, Ukraine, 03142,
nadysya88@gmail.com
[2]*Institute of Geology, Taras Shevchenko National University of Kyiv,*
90, Vasylkivska St., Kyiv, Ukraine, 03022,
pavlovagelena@gmail.com

AMPHIBOLES FROM THE ZONE OF FENITIZATION IN CHERNIHIVSKYI CARBONATITE MASSIF AND THEIR OPTICAL-SPECTROSCOPIC CHARACTERISTICS

The composition, optical-spectrographic features and mineral association of amphiboles from the zone of fenitization of Chernihivskyi carbonatite massif (Novopoltavska area of Chernihivska tectonic zone, West Pre-Azov Region) and host crystalline rocks have been analyzed. It has been found that the formation of amphiboles in host rocks and protoliths is associated with the stage of enderbite complex migmatization. Amphiboles are represented by magnesio-ferri-hornblende. Amphiboles of fenitization stage are represented by sodium-calcium subgroup with the wide range of alkali content. The ratio of Fe^{2+} and Fe^{3+} affects the peculiarities of absorption spectra and chromaticity. It was determined that the main criterion of amphiboles alkalinization degree in fenitization zone is their enrichment with sodium compared to Ca^{2+}, and also their mineral paragenesis with albite.

Key words: amphiboles, mineral paragenesis, optical absorption spectra, fenitization halo, Chernihivskyi carbonatite massif, West Pre-Azov Region, Ukrainian Shield.

MINERALOGICAL COLLECTION
2018. N 68, Is. 1. P. 107–112
ISSN 2078-6220

МІНЕРАЛОГІЧНИЙ ЗБІРНИК
2018. № 68, вип. 1. С. 107–112
ISSN 2078-6220

УДК 549.634(477.63)

Степан Кривдік[1], Віктор Шаригін[2, 3], Олександр Дубина[1]

[1]*Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка НАНУ, просп. акад. Палладіна, 34, Київ, Україна, 01142,*
kryvdik@ukr.net
[2]*ФДБУН Інститут геології і мінералогії імені В.С. Соболєва СВ РАН, Новосибірськ, РФ*
[3]*ФДБОУ ВПО Новосибірський державний університет,*
sharygin@igm.nsc.ru

Na-АСТРОФІЛІТ МАЛОТЕРСЯНСЬКОГО МАСИВУ (СЕРЕДНЄ ПРИДНІПРОВ'Я)

Наведено результати дослідження астрофіліту з жильної суттєво альбітової породи Малотерсянського масиву (Середнє Придніпров'я), яка містить лужні амфіболи (рибекіт) і піроксени. З'ясовано, що астрофіліт має неоднорідну структуру, зумовлену тонким перемежуванням Na-K- та Na-різновидів. У кристалохімічних формулах Na-різновидів вміст Na досягає 2,5 формульних одиниць. Вірогідно, такий Na-різновид астрофіліту виявлено вперше.

Ключові слова: Na-K-астрофіліт, лужні породи, Малотерсянський масив, Український щит.

Мінерали серії астрофіліт–куплетськіт, які мають узагальнену формулу $(K,Na)_3(Fe,Mn)_7Ti_2Si_8O_{26}(OH)_4F$, – це характерні мінерали пересичених лугами (агпаїтових) магматичних порід та пов'язаних з ними пегматитів і метасоматитів. Ці мінерали можуть бути у фельдшпатоїдних та кварцовмісних породах (лужні граніти, кварц-польовошпатові метасоматити). Фельдшпатоїдним породам притаманні як чисто манґанові (куплетськіт), інколи з високим вмістом ZnO (до 10 %) [5, 6], так і Mn-Fe-члени серії, тоді як лужним гранітоїдам – залізисті (власне астрофіліт).

Значно вужчий діапазон ізоморфних заміщень між калієм і натрієм. Уважають [7], що калій ізоморфно заміщується натрієм до співвідношення 2:1, а частіше – 3:2. Калій може цілком заміщуватися цезієм, натрій – частково кальцієм, титан – цирконієм і ніобієм, залізо і манган – магнієм, цинком та ін.

На рис. 1 показано найпоширеніші в природі мінерали серії астрофіліт–куплетськіт у різних типах порід.

Майже всі мінерали серії астрофіліт–куплетськіт, аналізи яких опубліковано в літературі та доступні на інтернет-ресурсах, утворюють практично безперервну серію від чисто манганового куплетськіту до залізистого астрофіліту, а стосовно катіонів Na і K вони розташовані в нижній (калієвій) частині діаграми (див. рис. 1) з умістом Na від 0,5 до 1,5 формульної одиниці (ф. о.) (суму калію і натрію прирівняно до 3).

© Кривдік Степан, Шаригін Віктор, Дубина Олександр, 2018

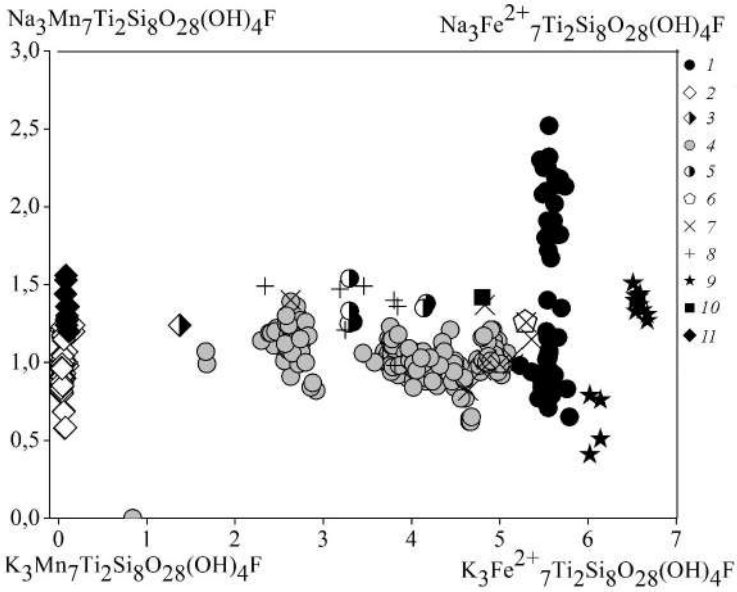


Рис. 1. Розподіл мінералів групи астрофіліт–куплетськіт за співвідношеннями Na–K та Fe–Mn:
1 – Малотерсянський масив; *2*, *3* – Октябрський масив, за [*2*] і [*5*], відповідно; *4* – Дмитрівка; *5* – Дмитрівка, за [1]; *6* – Ловозеро; *7*, *8* – Хібіни, за [4]; *9* – Катугіно; *10* – Illimaussaq; *11* – Mont Saint-Hilaire (Канада) [6].

Фігуративні точки тільки незначної частини нових аналізів залізистого астрофіліту з Малотерсянського масиву утворюють "вертикальний" ряд, у якому наявні як Na-K-, так і суттєво Na-різновиди залізистого астрофіліту (нижня і верхня частина діаграми, відповідно). Навіть помітно невиразний розрив між Na-K- і Na-астрофілітом. У цих мінералах вміст Na у кристалохімічній формулі досягає 2,5 ф. о. (за Na + K = 3) (див. таблицю). Подібні суттєво натрієві різновиди астрофіліту нам не вдалося відшукати ні в літературі, ні на інтернет-сайтах.

Мікрозондові аналізи астрофіліту Малотерсянського масиву

Компоненти	Na-астрофіліт					
	1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*
SiO_2	37,16	37,46	37,59	37,27	37,46	36,86
TiO_2	11,21	11,89	11,74	11,81	11,69	11,39
Al_2O_3	1,51	0,91	0,59	0,89	1,08	0,94
$FeO_{заг}$	31,24	31,20	31,91	31,04	30,80	30,75
MgO	0,61	0,68	0,46	0,56	0,51	0,63
MnO	5,88	5,90	5,64	5,85	5,82	5,72
CaO	1,27	0,97	1,15	1,09	1,26	1,54
Na_2O	4,17	5,59	5,11	5,45	5,59	4,39
K_2O	2,75	1,37	1,53	1,05	1,54	1,82
F	0,74		0,71			
Nb_2O_5				0,72		
Сума	96,53	95,97	96,43	96,03	95,76	94,05

Закінчення таблиці

Компоненти	Na-астрофіліт					
	1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*
Формульні коефіцієнти						
Si	7,90	7,95	8,08	7,95	7,94	8,05
Al	0,10	0,05		0,05	0,06	
Ti	1,79	1,90	1,90	1,90	1,86	1,87
Nb				0,07		
$Al_{окт}$	0,27	0,17	0,23	0,18	0,21	0,24
Fe	5,55	5,54	5,74	5,54	5,46	5,61
Mn	1,06	1,06	1,03	1,06	1,04	1,06
Mg	0,19	0,21	0,15	0,18	0,16	0,20
Ca	0,29	0,22	0,26	0,25	0,29	0,36
Na	1,72	2,30	2,13	2,25	2,30	1,86
K	0,75	0,37	0,42	0,29	0,42	0,51

Компоненти	Na-астрофіліт		Na-K-астрофіліт			
	7	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*
SiO_2	36,22	35,88	35,36	35,79	35,77	35,32
TiO_2	11,36	11,19	11,03	11,68	10,26	10,88
Al_2O_3	0,85	0,87	2,61	2,29	3,19	2,51
$FeO_{заг}$	30,91	30,12	31,30	31,13	31,69	31,09
MgO	0,56	0,55	0,68	0,45	1,08	0,70
MnO	5,57	5,76	5,75	5,40	4,98	5,23
CaO	1,25	0,87	1,96	1,97	1,96	2,04
Na_2O	5,11	5,89	2,22	2,24	1,93	1,97
K_2O	1,26	0,82	5,88	5,79	6,08	5,69
F		0,87	0,84	1,00	0,90	0,74
Nb_2O_5			0,51		0,49	0,43
Сума	93,09	92,81	98,77	98,22	98,33	96,60
Формульні коефіцієнти						
Si	7,96	7,92	7,59	7,51	7,35	7,47
Al	0,04	0,08	0,41	0,49	0,65	0,53
Ti	1,88	1,86	1,78	1,84	1,58	1,73
Nb			0,05		0,05	0,04
$Al_{окт}$	0,18	0,15	0,25	0,08	0,12	0,10
Fe	5,68	5,56	5,62	5,46	5,44	5,50
Mn	1,04	1,08	1,05	0,96	0,87	0,94
Mg	0,18	0,18	0,22	0,14	0,33	0,22
Ca	0,29	0,21	0,45	0,44	0,43	0,46
Na	2,18	2,52	0,92	0,91	0,77	0,81
K	0,35	0,23	1,61	1,55	1,59	1,54

П р и м і т к а. У значенні суми враховано: *4* – 0,31 % Cs_2O; *9* – SnO_2; *10* – 0,49 % ZrO_2. Аналізи *1–5*, *9–11* виконано в зерні, зображеному на рис. 4, аналізи *6*, *7* – у зерні на рис. 2, *8* – в іншому зерні.

Найбільш залізистий астрофіліт із Катугінського масиву лужних гранітів (Алданський щит, Росія) належить до Na-K-різновидів з максимальним вмістом натрію (близько 1,5 ф. о.), на діаграмі його точки розташовані поруч з Na-K-астрофілітом Малотерсянського масиву.

Порода Малотерсянського масиву, у якій виявлено неоднорідний астрофіліт (рис. 2–4), має середньо-крупнозернисту структуру, складена головно альбітом (75–90 %) і фемічними мінералами (10–25 %), серед яких астрофіліт, егірин, егірин-геденбергіт, рибекіт, аніт, містить також Mn-ільменіт, магнетит, титаніт, кальцит (до 2,1 % SrO), серед акцесорних мінералів – фторапатит (до 10 % TR_2O_3, 1,42 % Na_2O і 2,5 % SrO), фторбритоліт-(Ce), аланіт, монацит, циркон, дзиньшадзяніт (див. рис. 3, 4), трапляються поодинокі зерна енігматиту.

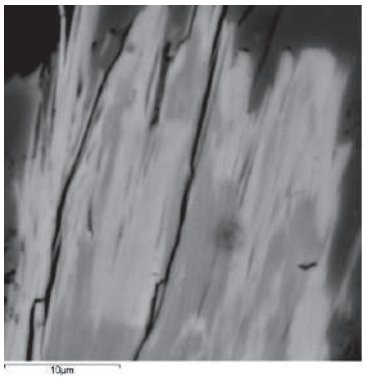


Рис. 2. Тонке перемежування Na- і Na-K-астрофіліту (темні і світлі пластинки, відповідно). BSE-зображення.

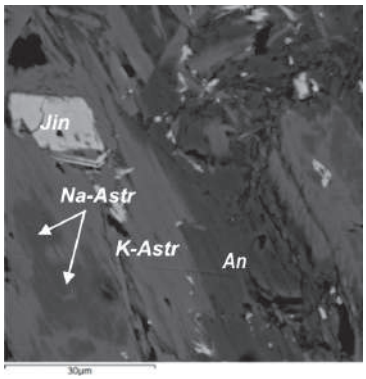


Рис. 3. Включення дзиньшадзяніту (Jin) в неоднорідному астрофіліті (Na і Na-K-фази – Na-Asrt і K-Astr, відповідно). BSE-зображення.

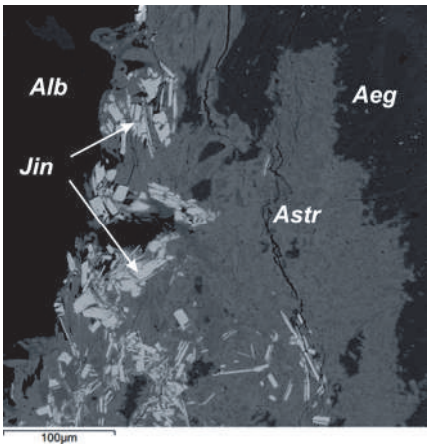


Рис. 4. Фрагмент великого неоднорідного (тонке перемежування Na- і Na-K-астрофіліту) зерна астрофіліту (Astr) на контакті егірину (Aeg) й альбіту (Alb) з ізометричними і пластинчастими включеннями дзиньшадзяніту (Jin). BSE-зображення.

Хімічний аналіз породи такий, %: SiO_2 – 55,92; TiO_2 – 0,70; Al_2O_3 – 10,03; Fe_2O_3 – 8,89; FeO – 7,68; MnO – 0,48; MgO – 1,36; CaO – 4,94; Na_2O – 8,25; K_2O – 0,28; S – 0,07; P_2O_5 – 0,08; CO_2 – 0,52; H_2O^- – 0,01; в. п. п. – 0,97; сума – 100,18; (Na+K)/Al = 1,39. Породу попередньо назвали крупнозернистим меланократовим егірин-геденбергіт-альбітовим з астрофілітом жильним сієнітом, який залягає серед габро; потужність жили (за

керном свердловин) становить близько 1 м [3]. Можливо, це альбітизоване габро (зовні породи подібні). Принаймні, деякі мінерали в породі утворюють нерівноважні парагенезиси: з одного боку, – аланіт (глиноземистий мінерал), з іншого, – рибекіт та егірин (пересичені лугами), відповідно, астрофіліт і аніт (хоча в літературі зазначено про парагенезис астрофіліту й аніту). Загалом асоціація мінералів у цій породі подібна до виявленої в агпаїтових сієнітах та метасоматитах Приазов'я.

Пластинки астрофіліту майже оптично гомогенні в шліфах, проте виявляють неоднорідність на BSE-зображеннях за умов великого збільшення. У деяких із них чітко помітно перемежування (чергування) калієвого (Na-K) і натрієвого астрофіліту, які відрізняються між собою: темніші – натрієві, ясніші – Na-K (див. рис. 2). Видається, що об'єм K-Na- і Na-фаз однаковий або ж K-Na-різновид дещо переважає. Цікаво, що в досліджуваному астрофіліті виявлено і дрібні включення Na-K-дзиньшадзяніту (друга, після Приазов'я, знахідка мінералу в Україні, див. рис. 3, 4).

Нині важко однозначно інтерпретувати виявлені тонкі проростання (перемежування) Na- і Na-K-астрофіліту. Можливо, це структури розпаду твердих розчинів. Цікаво, що Na-K-фази астрофіліту розташовані в полі природного астрофіліту, тоді як чисто калієві й чисто натрієві фази не утворили окремих зерен (їх, вочевидь, нема і серед природних астрофілітів). Проте чітко вирізняються суттєво натрієві (до 2,5 ф.о. Na і до 0,5 – K) різновиди мінералу, аналоги яких ми не виявили в літературних джерелах. Можливо, що первинний (до розпаду ймовірних твердих розчинів) досліджуваний астрофіліт Малотерсянського масиву мав Na-K склад, характерний для типового астрофіліту.

Список використаної літератури

1. Астрофиллит – первая находка на Украине / А. Л. Литвин, Л. Н. Егорова, А. А. Кульчецкая и др. // Минерал. журн. – 1987. – Т. 9, № 6. – С. 77–82.
2. *Вальтер А. А.* Куплетскит из щелочных пород Приазовья / А. А. Вальтер, Г. К. Еременко, Е. А. Лысенко // Минерал. сб. – 1965. – Вып. 19, № 2. – С. 248–252.
3. *Кривдик С. Г.* Петрология щелочных пород Украинского щита / С. Г. Кривдик, В. И. Ткачук. – Киев : Наук. думка, 1990. – 408 с.
4. Минералогия Хибинского массива (минералы). Т. 2 / Е. Е. Костылева-Лабунцева, М. Н. Боруцкий, М. Н. Соколова и др. – М. : Наука, 1976. – 586 с.
5. Zn-куплетскит и хендриксит в агпаитовых фонолитах Октябрьского массива, Приазовье, Украина / В. В. Шарыгин, С. Г. Кривдик, Л. Н. Поспелова, А. В. Дубина // Докл. РАН. – 2009. – Т. 425, № 6. – С. 810–815.
6. Crystal-structure refinement of a Zn-rich kupletskite from Mont Saint-Hilaire, Quebec, with contributions to the geochemistry of zinc in peralkaline environments / P. C. Pilonen, I. V. Pekov, M. Back et al. // Mineral. Mag. – 2006. – Vol. 70, N 5. – P. 547–561.
7. https: natural-museum.ru/mineral/астрофіліт

Стаття: надійшла до редакції 23.07.2018
прийнята до друку 06.08.2018

Stepan Kryvdik[1], **Viktor Sharygin**[2, 3], **Oleksandr Dubyna**[1]

[1]*M. P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NAS of Ukraine,*
34, Acad. Palladin Av., Kyiv, Ukraine, 03680,
kryvdik@ukr.net
[2]*V. S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy of RAS, Novosibirsk, Russia*
[3]*Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia,*
sharygin@igm.nsc.ru

ASTROPHYLLITE FROM MALOTERSIANSKYI MASSIF (MIDDLE DNIEPER REGION)

The astrophyllite from vein-like substantially albite rock from Malotersianskyi massif (Middle Dnieper region), which contain alkaline amphiboles (riebeckite) and pyroxenes, has been investigated. Astrophyllite has an inhomogeneous structure due to a thin interbedding of Na-K- and Na-varieties of this mineral. In crystallochemical formulas of Na-varieties, the Na content reaches 2.5 atoms per formula unit. Probably such Na-rich varieties of astrophyllite were discovered for the first time.

Key words: Na-K-astrophyllite, alkaline rocks, Malotersianskyi massif, Ukrainian shield.

MINERALOGICAL COLLECTION
2018. N 68, Is. 1. P. 113–117
ISSN 2078-6220

МІНЕРАЛОГІЧНИЙ ЗБІРНИК
2018. № 68, вип. 1. С. 113–117
ISSN 2078-6220

УДК 552.33:549(477.63)

Степан Кривдік[1], Віктор Шаригін[2, 3], Олександр Дубина[1]

[1]*Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка НАНУ, просп. акад. Палладіна, 34, Київ, Україна, 01142,*
kryvdik@ukr.net
[2]*ФДБУН Інститут геології і мінералогії імені В.С. Соболєва СВ РАН, Новосибірськ, РФ*
[3]*ФДБОУ ВПО Новосибірський державний університет,*
sharygin@igm.nsc.ru

ЕНІМАГТИТ ІЗ НЕФЕЛІНОВОГО СІЄНІТУ МАЛОТЕРСЯНСЬКОГО МАСИВУ (СЕРЕДНЄ ПРИДНІПРОВ'Я)

Схарактеризовано особливості хімічного складу енігматиту з нефелінового сієніту Малотерсянського габро-сієнітового масиву в Середньому Придніпров'ї.

Ключові слова: енігматит, нефеліновий сієніт, Малотерсянський масив, Український щит.

Енімагтит $Na_4(Fe_{10}^{2+}Ti_2)_{12}O_4[Si_{12}O_{36}]$ – порівняно рідкісний мінерал, трапляється тільки в пересичених лугами (агпаїтових) лужних породах з високим ступенем диференційованості (високою залізистістю). Найчастіше він формується в пегматитах агпаїтових фельдшпатоїдних сієнітів (Хібіни, Ловозеро), лужних гранітах та їхніх ефузивних і дайкових аналогах (пантелерити, комендити, грорудити). Описано знахідки енігматиту в лужних метасоматитах. Згідно з опублікованими аналізами мінералу, він має достатньо постійний склад, а типові домішки представлені Al, Mn, Mg, Ca, K. Уважають, що енігматит може утворювати ізоморфну серію з безтитановим уілкінсонітом $Na_4(Fe_8^{2+}Fe_4^{3+})_{12}O_4[Si_{12}O_{36}]$, у якому значна частина Fe^{2+} й Ti заміщена Fe^{3+}.

В Україні енігматит виявлено у двох масивах лужних порід – Октябрському та Малотерсянському, припускають його наявність у грорудитах Східного Приазов'я [3]. В Октябрському масиві енігматит відшукали в лужних кварцових сієнітах в асоціації з лужним амфіболом та егірин-геденбергітом. Мінерал у вигляді розеткоподібних агрегатів діагностовано рентгеноструктурним аналізом [2]. Крім того, зафіксовано поодинокі зерна енігматиту в асоціації з Na-астрофілітом (див. нашу працю на с. 107–112 у цьому збірнику).

Малотерсянський масив розташований у північній частині Оріхово-Павлоградської шовної зони (Середнє Придніпров'я) [4]. У розрізі він має вигляд асиметричного лаколіту, західна частина якого полого залягає на архейських гранітоїдах, а східна зрізана Оріхово-Павлоградським розломом. Розмір масиву за довгою віссю становить 12 км, ширина – 2,5–4,5 км, площа – близько 42 км^2. Малотерсянський масив – це складнодиференційована інтрузія, складена габро-діабазами та лужними й нефеліновими сієнітами (фойяїтами). Найбільше поширені лужні сієніти та фойяїти. У зоні західного екзо-

© Кривдік Степан, Шаригін Віктор, Дубина Олександр, 2018

контакту вмісні гранітоїди різною мірою фенітизовані. На думку більшості дослідників, особливості геологічної будови масиву дають підстави трактувати його як інтрузію центрального типу [2, 4]. Час формування масиву остаточно не з'ясовано, оскільки попередніми геохронологічними дослідженнями циркону з однієї проби фойяїтів зафіксовано два вікові рубежі – 1 860 ± 50 і 2 050 ± 4 млн років [1].

Найліпше вивчено енігматит Малотерсянського масиву, де в крупнозернистому (до пегматоїдного) нефеліновому сієніті наявні його достатньо великі (до 3 см) зерна та їхні зростки (рис. 1). Удалося виділити концентрат цього мінералу й виконати його хімічний аналіз, %: SiO_2 – 38,00; TiO_2 – 8,96; Al_2O_3 – 2,80; Fe_2O_3 – 7,27; FeO – 31,04; MnO – 1,50; MgO – 1,44; CaO – 1,58; Na_2O – 6,23; K_2O – 0,22; сума – 99,04. За цими даними задовільно обчислено типову формулу (28 катіонів) енігматиту. Результати хімічного аналізу енігматитовмісного нефелінового сієніту такі, %: SiO_2 – 53,07; TiO_2 – 2,66; Fe_2O_3 – 6,31; FeO – 7,20; MnO – 0,63; MgO – 0,19; CaO – 1,94; Na_2O – 5,32; K_2O – 6,68; S – 0,12; P_2O_5 – 0,06; CO_2 – 0,10; H_2O^- – 0,50; в. п. п. – 1,31; сума – 99,65; (Na+K)/Al = 1,18. Отже, це високозалізиста й пересичена лугами порода.

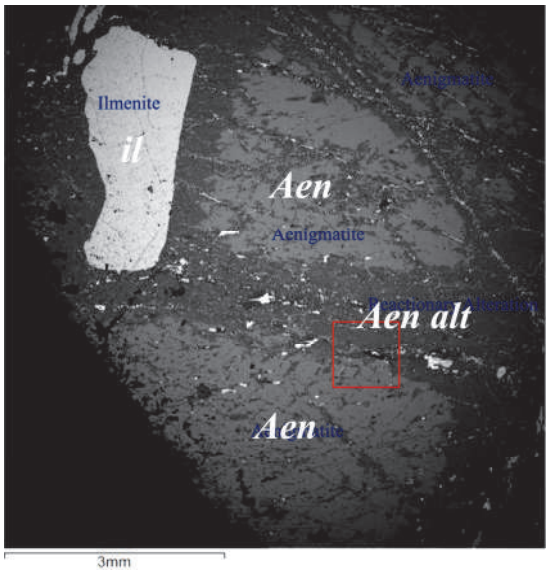


Рис. 1. Енігматит (Aen) з частково зміненими ділянками (Aen alt) і включенням ільменіту (il).

Мікрозондові дослідження нефелінового сієніту дали змогу визначити такі головні особливості його мінерального складу. Енігматит асоціює (крім нефеліну, альбіту й калішпату) з такими лужними мінералами, як егірин та амфіболи серії рибекіт–арфведсоніт (зафіксовано також амфібол типу катофориту) (див. таблицю), а також з анітом, Mn-вмісним ільменітом (до 14 % MnO), магнетитом, Sr-вмісним кальцитом (до 1,9 % SrO), сульфідами (піротин, сфалерит), флюоритом і пірохлором. Ці мінерали часто утворюють або включення в енігматиті (рис. 2), або самостійні виділення (магнетит з ексолюційними вростками ільменіту, аніт, сульфіди).

Незважаючи на включення цих мінералів в енігматиті та їхні зрощення з ним, результати мікрозондових досліджень виявилися близькі до наведеного вище хімічного аналізу концентрату енігматиту.

Результати мікрозондового аналізу енігматиту й інших мінералів із нефелінового сієніту Малотерсянського масиву

Компоненти	Енігматит				Змінений енігматит	
	1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*
SiO_2	37,91	38,74	37,89	38,06	40,56	41,1
TiO_2	9,32	8,62	9,54	8,71	9,99	9,14
Al_2O_3	3,00	2,93	2,74	2,48	3,34	2,08
$FeO_{заг}$	39,93	40,49	39,95	40,43	30,14	33,74
MgO	1,33	1,26	1,09	0,95	1,49	0,98
MnO	1,77	1,79	2,00	1,74	1,64	1,36
CaO	1,60	0,90	1,60	1,33	1,71	0,43
Na_2O	6,59	6,54	6,51	7,13	9,14	10,54
K_2O					1,54	0,75
P_2O_5	0,19	0,21				
Сума	101,64	101,48	101,32	100,82	99,56	100,12
Формульні коефіцієнти						
Si	10,63	10,89	10,68	10,71	11,10	11,16
Al	0,99	0,97	0,91	0,82	1,08	0,67
Ti	1,97	1,82	2,02	1,84	2,06	1,87
Fe^{+2}	9,37	9,52	9,42	9,52	6,90	7,66
Mn	0,42	0,43	0,48	0,41	0,38	0,31
Mg	0,56	0,53	0,46	0,40	0,61	0,40
Ca	0,48	0,27	0,48	0,40	0,50	0,13
Na	3,58	3,57	3,56	3,89	4,85	5,55
K					0,54	0,26

Компоненти	Амфіболи серії рибекіт–арфведсоніт			Егірин		
	7	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*
SiO_2	44,99	48,07	51,11	54,62	53,14	53,78
TiO_2	4,82	1,10	0,87	0,97	2,00	1,75
Al_2O_3	4,29	4,86	2,15	0,70	1,34	2,19
$FeO_{заг}$	30,45	27,24	21,78	30,16	29,73	27,69
MgO	3,88	6,04	9,57	0,65		
MnO	0,65	0,54	0,53		0,21	
CaO		1,16	0,32	1,15		0,50
Na_2O	6,30	9,53	9,91	13,61	14,05	13,92
K_2O	2,42	0,53	0,34			
F		0,94	1,92			
Сума	97,79	100,00	98,50	101,85	100,47	99,84
Формульні коефіцієнти						
Si	6,84	7,19	7,62	1,99	1,96	1,99
Al	0,77	0,86	0,38	0,03	0,06	0,10
$Al_{окт}$		0,05		0,02	0,02	0,08
Ti	0,55	0,12	0,10	0,03	0,06	0,05
Fe^{+3}	2,11	1,27	1,16	0,90	0,92	0,83
Fe^{+2}	1,76	2,14	1,55	0,01		0,02
Mn	0,08	0,07	0,07		0,01	
Mg	0,88	1,35	2,13	0,04		
Ca		0,19	0,05	0,04		0,02
Na	1,86	2,77	2,86	0,96	1,00	1,00
K	0,47	0,10	0,06			

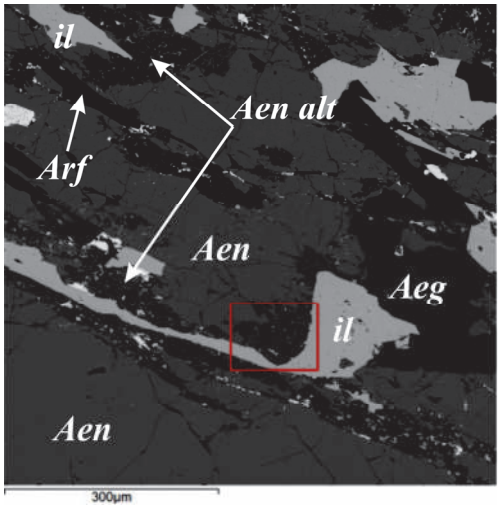


Рис. 2. Енігматит (Aen) з частково зміненими ділянками (Aen alt) і включеннями ільменіту (il), егірину (Aeg) та арфведсоніту (Arf).

Привертає увагу наявність зміненого енігматиту, позаяк цей мінерал уважають достатньо стійким щодо заміщення вторинними продуктами. Згідно з результатами мікрозондових досліджень, межі коливань вмісту головних оксидів "свіжого" енігматиту такі, мас. %: SiO_2 – 37,9–40,8; TiO_2 – 8,8–9,9; Al_2O_3 – 2,1–3,2; $FeO_{заг}$ – 39,9–40,9; MnO – 1,5–1,7; MgO – 1,3–2,1; CaO – 1,1–1,8; Na_2O – 6,54–8,33 (частіше 6,7–7,0); K_2O – найчастіше не фіксують. Тобто, у мікрозондових аналізах є трохи більше Na_2O. Водночас у зміненому енігматиті більшість компонентів міститься на тому ж рівні, що й у свіжому мінералі, проте дещо збільшується вміст SiO_2 (до 42–45 %), Na_2O (до 10,92), зменшується – $FeO_{заг}$ (до 30–35), з'являється K_2O (0,9–1,5 %) (див. таблицю).

Перерахунки мікрозондових аналізів на кристалохімічні формули мінералу засвідчили деякий дефіцит Si + Al (< 12 формульних одиниць (ф. о.)) і надлишок Na + Ca (4,04–4,56 ф. о.), тоді як у зміненому енігматиті сума Na + Ca більша (5,35–5,67 ф. о.), а значення Si + Al близьке до 12 ф. о. (11,83–12,17).

Енігматит може змінюватися по периферії зерен або смугами в їхній центральній частині (див. рис. 1, 2). Причину накладених перетворень енігматиту не з'ясовано. Видається, що цей мінерал не містить суттєвих концентрацій радіоактивних елементів, які могли б зумовити його метаміктизацію.

Загалом же знахідки енігматиту в Україні пов'язані з такими ж лужними породами, як це характерно для мінералу з інших регіонів світу. Можна очікувати, що з часом детально дослідять зазначені вище знахідки мінералу (фактичні – в Октябрському масиві, гадані – у грорудитах) та нові його прояви, а також будуть виявлені його хімічні різновиди. Лужні породи ще довго залишатимуться резервними для знахідок нових і рідкісних мінералів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Геохронология, петрология и рудоносность щелочных массивов УЩ / В. Н. Загнитко, Е. Н. Бартницкий, С. Г. Кривдик, Г. А. Легкова // Изотопное датирование эндогенных рудных формаций. – М. : Наука, 1993. – С. 27–38.
2. *Кривдик С. Г.* Петрология щелочных пород Украинского щита / С. Г. Кривдик, В. И. Ткачук. – Киев : Наук. думка, 1990. – 408 с.
3. *Кривдік С. Г.* Грорудити Східного Приазов'я / С. Г. Кривдік, В. І. Ткачук // Мінерал. журн. – 1996. – № 3. – С. 67–83.
4. *Царовський І. Д.* Новий Мало-Терсянський сієніто-фойяїтовий масив (Середнє Придніпров'я) / І. Д. Царовський, О. Д. Тимошенко // Геол. журн. – 1962. – № 6. – С. 83–88.

Стаття: надійшла до редакції 23.07.2018
прийнята до друку 06.08.2018

Stepan Kryvdik[1], Viktor Sharygin[2, 3], Oleksandr Dubyna[1]

[1]*M. P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NAS of Ukraine,*
34, Acad. Palladin Av., Kyiv, Ukraine, 03680,
kryvdik@ukr.net
[2]*V. S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy of RAS, Novosibirsk, Russia*
[3]*Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia,*
sharygin@igm.nsc.ru

AENIGMATITE FROM NEPHELINE SYENITE OF MALOTERSIANSKYI MASSIF (MIDDLE DNIEPER REGION)

The peculiarities of chemical composition of the aenigmatite from the nepheline syenite of Malotersianskyi gabro-syenite massif (Middle Dnieper region) are described. Attention is drawn to the presence of altered aenigmatite, since this mineral is considered to be sufficiently stable in relation to substitution by secondary products. Aenigmatite may alter along the strips in the central part of the grains or along their periphery. The cause of imposed aenigmatite transformations has not been clarified.

Key words: aenigmatite, nepheline syenite, Malotersianskyi massif, Ukrainian shield.

MINERALOGICAL COLLECTION
2018. N 68, Is. 1. P. 118–121
ISSN 2078-6220

МІНЕРАЛОГІЧНИЙ ЗБІРНИК
2018. № 68, вип. 1. С. 118–121
ISSN 2078-6220

УДК 553.411(477.75)

Василь Загнітко[1], Ірина Квасниця[1], Володимир Мороз[2], Любов Проскурка[2]

[1]*ННІ "Інститут геології", Київський національний університет імені Тараса Шевченка, вул. Васильківська, 90, Київ, Україна, 03022, zagnitkow@i.ua*
[2]*Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка НАНУ, просп. акад. Палладіна, 34, Київ, Україна, 03142*

КРИСТАЛОМОРФОЛОГІЯ, ГЕОХІМІЯ ТА ГЕНЕЗИС КАРБОНАТНИХ УТВОРЕНЬ ГІРСЬКОГО КРИМУ

Схарактеризовано особливості кристаломорфології, ізотопного й хімічного складу, деякі фізичні властивості та генезис карбонатних утворень Гірського Криму: осадових, гідротермально перероблених та метаморфізованих вапняків, сидеритових і кальцитових конкрецій та секрецій, карбонатних жил, проявів кристалічного кальциту й оніксу.

Ключові слова: кальцит, вапняк, секреція, онікс, ізотопний склад вуглецю і кисню, Гірський Крим, Україна.

Карбонатні утворення достатньо поширені в Гірському Криму. Серед них сидеритові конкреції таврійської серії, юрські рифові та палеогенові нумулітові вапняки, гідротермально перероблені й метаморфізовані вапняки, сидеритові та кальцитові секреції з кристалічним виповненням різнокольоровими карбонатами, карбонатні жили, прояви кристалічного кальциту (аж до ісландського шпату), оніксу, карбонатні прожилки у вулканічних породах та яшмах тощо. Їхнє забарвлення, кристаломорфологія та форми виділення достатньо різноманітні. Зокрема, наявні окремі кристали вільного росту коричневого й білого (і навіть перламутрового) кальциту розміром до 20 см, на його кристалах є різні скаленоедри та їхні комбінації, трапляються прозорі ромбоедри ісландського шпату, "троянди" кальциту, сидеритові структури "конус-у-конус". Кальцит асоціює з кварцом, сульфідами, цеолітами й іншими мінералами.

Не менш різноманітним, а інколи й загадковим є генезис цих утворень. Дослідження ізотопного складу вуглецю й кисню різноманітних карбонатів засвідчили дуже широкий діапазон співвідношень ізотопів, особливо $^{13}C/^{12}C$, що є наслідком відповідного генезису мінералу (див. таблицю).

За результатами ізотопних досліджень вуглецю й кисню виділено чотири групи карбонатних утворень:

1) карбонати з "надлегким" ізотопно-вуглецевим складом ($\delta^{13}C$ становить –37,71 ‰) та "важким" киснем (30,9–27,5 ‰) – це оболонка кулеподібної секреції. Такий ізотопний склад характерний для сучасного вуглецю й кисню "рослинного" походження [1];

© Загнітко Василь, Квасниця Ірина, Мороз Володимир, Проскурка Любов, 2018

Ізотопний склад карбонатних утворень Гірського Криму

Номер взірця	Опис карбонатних утворень	$\delta^{18}O$, ‰	$\delta^{13}C$, ‰
Балка Туманова			
Т-2к	Кальцит з великої конкреції	18,8	–12,1
Т-2с	“Сидерит”	19,5	–7,3
Т-3	Кальцит з малої конкреції	18,6	–6,9
Т-4	“Сидерит” з окремих кристалів	22,2	–10,4
Т-Р	Оболонка секреції з малюнком	28,90	–32,11
Т-11	Оболонка секреції з великим кристалом	30,90	–37,71
Т-10	Білий кальцит із секреції (малі кристали)	21,28	–1,41
Т-К	Білий кальцит із секреції	22,22	–2,49
Т-С	Коричневий кальцит із секреції	22,56	–11,51
В-1	Белемніт	26,40	0,00
В-2		26,41	0,01
Висока скеля Левінсона–Лессінга			
L-1с	“Сидерит”	19,80	–20,0
L-1к	Кальцит	23,30	–20,4
L-1х	Кристали кальциту “ялинка”	24,75	–6,74 ?
L-2	Кальцит усередині “ялинки”	24,85	–4,58
L-6	Кварц-кальцитова жила	26,22	–2,38
L-4В	Білі смуги в офікальциті	26,33	–1,29
L-5К	Коричневі смуги в офікальциті	26,19	3,49
S-1	Кальцит із карбонатної жили в юрській карбонатній товщі с. Щебетовка	27,00	0,90
S-2	Кальцит із карбонатної “троянди”, с. Щебетовка	24,90	0,10
М-4	Кальцит із жили хребта Магнітного	20,50	17,3
М-3	Те саме, із центра жили	22,30	18.6
Св-2	Кальцит із жеоди у вулканітах, підніжжя гори Святої	22,00	–8,40
Св-1	Прожилок кальциту в андезиті, гора Свята, джерело Гяур-Бах	22,90	–17,60
КК-1	Структури “конус-у-конус”	22,69	–15,49
КК-2		20,65	–17,12
КК-3		20,82	–1743
КВ-1	Кальцит із прожилків у базальтовому кар’єрі біля Коктебеля	21,40	–7,10
КВ-3	Те саме у “мережці”	22,62	1,01
СІ-2	Ісландський шпат, гора біля Судака	25,09	1,16
РК-1	Травертини серед вулканічних утворень Памут-Кале, Туреччина	22,22	5,76

2) карбонати з помірно легким ізотопним складом вуглецю ($\delta^{13}C$ – від –20,0 до –7,1 ‰) та помірно середнім співвідношенням ізотопів кисню ($\delta^{18}O$ – 18,8–22,2 ‰). У їхньому формуванні брали певну участь біогенні джерела вуглецю та дещо змінені під впливом метеорних вод осадові джерела кисню [7];

3) карбонати зі "звичайними" ізотопними характеристиками: $\delta^{13}C$ – від нуля до 2,5 ‰, $\delta^{18}O$ = 24,9–27,0 ‰. Такі значення притаманні осадово-карбонатним джерелам вуглецю та кисню [3];

4) карбонати з "надважкими" значеннями $\delta^{13}C$ (17,3–18,6 ‰), надзвичайно рідкісними в природі, та "середніми" співвідношеннями ізотопів кисню. Ізотопно-вуглецеві значення свідчать про особливі процеси мінералоутворення [5].

Пропонують різні моделі таких процесів:

1) перерозподіл ізотопів протягом нерівноважного карбонатоутворення за наявності органічної речовини. Такі випадки американські дослідники зафіксували на нафтових родовищах і ми – у родовищах газу ущільнених порід [4];

2) утворення досліджених карбонатних жил за "травертиновою" схемою. Підвищені, хоч і не настільки, концентрації ^{13}C відомі в багатьох травертинах світу, у тім числі в проаналізованих нами взірцях офікальциту з Карадагу (Крим) та Памут-Кале (Туреччина);

3) формування карбонатів подібно до глибинних карбонатних мінералів (досі недостатньо вивчених), які вперше виявив Г. Мамчур у кімберлітах трубки Мир (Якутія) [6];

4) належність до окремих горизонтів карбонатних порід, збагачених ^{13}C, що простежують на всіх платформах. Уважають, що це зумовлено глобальними причинами збагачення всього обмінного фонду земної атмосфери "важким" вуглецем [2].

Аналіз усіх наявних даних у комплексі з результатами зондових досліджень, якими не виявлено залежності між ізотопним та хімічним складом карбонатів, дають підстави надати перевагу другій моделі для пояснення виявлених ізотопних аномалій.

Отже, карбонатним утворенням Криму притаманні різноманітні речовинні, кристаломорфологічні та генетичні особливості, що зумовлено різними джерелами компонентів вуглекислоти та різними фізико-хімічними умовами породо- й мінералоутворення. Дослідження відповідних характеристик цих утворень дають змогу реставрувати такі умови і пояснити особливості, а інколи й унікальність описаних карбонатних утворень.

Список використаної літератури

1. *Гусев А. И.* Поведение и фракционирование золота в расплавах / А. И. Гусев // Успехи современного естествознания. – 2013. – № 1. – С. 68–72.
2. *Галимов Э. М.* Природа биологического фракционирования изотопов / Э. М. Галимов. – М. : Недра, 1973. – 382 с.
3. *Галимов Э. М.* Вариации изотопного состава карбонатного и органического углерода осадочных пород в истории Земли / Э. М. Галимов, А. А. Мигдисов, А. Б. Ронов // Геохимия. – 1975. – № 3. – С. 323–343.
4. *Загнитко В. Н.* Изотопная геохимия карбонатных и железисто-кремнистых пород Украинского щита / В. Н. Загнитко, И. П. Луговая. – Киев : Наук. думка, 1989. – 316 с.
5. *Загнітко В.* Геохімічні особливості газової складової газоносних сланцевих товщ України / В. Загнітко, В. Михайлов // Вісн. КНУ імені Тараса Шевченка. Геологія. – 2014. – № 1. – С. 11–16.
6. *Загнітко В. М.* Геохімічні та мінерагенічні особливості карбонатних порід Українського щита / В. М. Загнітко, О. В. Ємець // Мінерал. журн. – 2004. – Т. 26, № 3. – С. 112–119.

7. *Мамчур Г. П.* К геохимии углерода в эндогенных образованиях / Г. П. Мамчур // Углерод и его соединения в процессах минералообразования. – Киев : Наук. думка, 1978. – С. 25–30.
8. *Фор Г.* Основы изотопной геологии / Г. Фор. – М. : Мир, 1989. – 590 с.

Стаття: надійшла до редакції 13.07.2018
прийнята до друку 06.08.2018

Vasyl Zahnitko[1], Iryna Kvasnytsia[1], Volodymyr Moroz[2], Liubov Proskurka[2]

[1]*Institute of Geology, Taras Shevchenko National University of Kyiv,*
90, Vasylkivska St., Kyiv, Ukraine, 03022,
zagnitkow@i.ua
[2]*M. P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NAS of Ukraine,*
34, Acad. Palladin Av., Kyiv, Ukraine, 03680

CRYSTALLOCHEMISTRY, GEOCHEMISTRY AND GENESIS OF MOUNTAIN CRIMEA CARBONACEOUS ROCKS

The features of crystallomorphology, isotopic and chemical composition, some physical properties and genesis of carbonate formations of the Mountain Crimea are characterized. Sedimentary, hydrothermally altered and metamorphosed limestones, siderite and calcite nodules and secretions, carbonate veins, manifestations of crystalline calcite and onyx have been investigated.

The performed researches show that various carbonate formations of the Crimea have various material, crystallomorphological and genetic features due to various sources of carbon dioxide components and various physical and chemical conditions of the rock and mineral formation.

Key words: calcite, limestone, secretion, onyx, isotopic composition of Carbon and Oxygen, Mountain Crimea, Ukraine.

MINERALOGICAL COLLECTION
2018. N 68, Is. 1. P. 122–125
ISSN 2078-6220

МІНЕРАЛОГІЧНИЙ ЗБІРНИК
2018. № 68, вип. 1. С. 122–125
ISSN 2078-6220

УДК 549.75:552.4(477.42)

Олександр Андрєєв, Олена Хлонь, Сергій Савенок

ННІ "Інститут геології",
Київський національний університет імені Тараса Шевченка,
вул. Васильківська, 90, Київ, Україна, 03022,
andreev@univ.kiev.ua

РІДКІСНІ АЛЮМОФОСФАТИ ПАЛЕОПРОТЕРОЗОЙСЬКИХ ПІСКОВИКІВ ВОЛИНСЬКОГО МЕГАБЛОКА УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА

Описано рідкісні алюмофосфати, виявлені в пугачівських пісковиках Волинського мегаблока Українського щита. Крім раніше визначеного горсейкситу, у пісковиках відшукали близько тридцяти кристалів флоренситу розміром до 0,2 мм та мікроскопічні виділення мінералу, який за хімічним складом відповідає проміжному між крандалітом та гояцитом (гамлінітом). Такі виділення трапляються в мікроуламках у суміші з мікронними виділеннями фосфату ітрію. Виявлено численні зростки горсейкситу і флоренситу з монацитом.

Ключові слова: алюмофосфати, горсейксит, флоренсит, крандаліт, гояцит, пугачівські пісковики, Волинський мегаблок, Український щит.

У 2010 р. у взірцях метапісковиків так званої пугачівської товщі (Волинський мегаблок Українського щита) відшукали й описали горсейксит [2]. Це один з мінералів основних алюмофосфатів групи крандаліту з загальною формулою $AB_3(XO_4)_2(OH,F)_6$, де A − Ba, Bi, Ca, Ce, La, Nd, Pb, Sr, Th, B − Al, Fe^{3+}, V^{3+}, X − P, As, Si. У цій групі міститься понад два десятки мінералів, з яких на теренах України в поодиноких місцях виявлено горсейксит, гояцит, крандаліт, плюмбогуміт і флоренсит (Ce) [1].

У праці [2] наведено такий хімічний склад горсейкситу, %: Al_2O_3 – 29,18; P_2O_5 – 27,93; BaO – 27,64; Fe_2O_3 – 2,36; CaO – 0,56; теоретичний вміст H_2O – 12,33. Кристалохімічна формула мінералу така:

$$(Ba_{0,92}Ca_{0,05})_{0,97}(Al_{2,91}Fe_{0,15})_{3,06}(PO_4)(PO_3O_{1,03}H_{0,95})(OH)_6.$$

Під час детального вивчення мінералів важкої немагнітної та слабко електромагнітної фракцій цих же взірців виявлено близько 30 кристалів флоренситу розміром до 0,2 мм. За хімічним складом флоренсит є водним алюмофосфатом рідкісних земель церієвої групи, який, зазвичай, містить деяку кількість Ca, Sr, Ba, що ізоморфно заміщують рідкісні землі, та Fe і Mg, що заміщують Al. Входження у ґратку мінералу двовалентних Sr, Ba і Ca на місце Ce, а також Mg на місце Al супроводжується частковою заміною $(PO_4)^{3-}$ двоосновним радикалом $(HPO_4)^{2-}$, інколи – $(SO_4)^{2-}$.

Для проведення електронно-зондових досліджень виготовили препарати з декількох найбільших із виявлених кристалів флоренситу та кристалів і мікроуламків, які мали великий вміст Y, Sr та рідкісних земель церієвої групи. У табл. 1 наведено середній

© Андрєєв Олександр, Хлонь Олена, Савенок Сергій, 2018

хімічний склад кристала флоренситу за 30 послідовними точками з кроком 6 мкм уздовж певного профілю (рис. 1). Кристалохімічна формула мінералу така:

$$(LREE_{0,905}Ca_{0,074}Ba_{0,017})_{0,996}(Al_{2,912}Fe_{0,044})_{2,956}(P_{1,92}Si_{0,10})_{2,02}O_{11,098}.$$

Ледь помітна на світлині (див. рис. 1) зональність пов'язана з дещо меншим вмістом рідкісних земель та підвищеним умістом Ca і Ba в центральній частині кристала.

В одному з уламків, збагаченому субмікронними виділеннями ксенотиму, відшукали видовжений кристал розміром близько 200 × 20 мкм (рис. 2). Його середній хімічний склад за трьома точками в середній частині кристала (табл. 2) відповідає проміжному значенню між крандалітом (водний алюмофосфат Ca), гояцитом (водний алюмофосфат Sr) та горсейкситом. Формула мінералу, нормована до суми коефіцієнтів 21, така:

$$(Sr_{0,47}Ca_{0,42}Ba_{0,09})_{0,98}(Al_{2,24}Mg_{0,08}Fe_{0,08})_{2,40}(P_{2,32}S_{0,16})_{2,48}O_{15,1}.$$

Таблиця 1

Хімічний склад флоренситу, мас. %

Оксид	Al_2O_3	SiO_2	P_2O_5	CaO	FeO	BaO	La_2O_3	Ce_2O_3	Pr_2O_3	Nd_2O_3
Середній вміст	27,50	2,03	25,60	0,77	0,58	0,49	7,83	14,24	1,26	4,07
Середнє квадратичне відхилення	1,01	0,30	0,81	0,11	0,28	0,21	0,56	0,71	0,37	0,39

Таблиця 2

Хімічний склад крандаліт-гояциту (?), мас. %

Оксид	MgO	Al_2O_3	P_2O_5	SO_3	CaO	FeO	SrO	BaO
Середній вміст	0,69	25,07	36,12	2,73	5,12	1,26	10,77	2,94
Середнє квадратичне відхилення	0,24	0,52	0,12	0,10	0,09	0,02	0,03	0,07

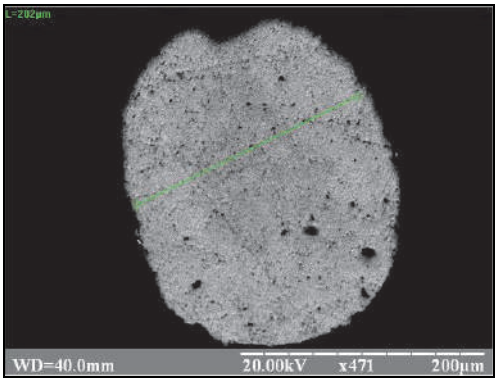


Рис. 1. Електронно-мікроскопічне зображення шліфа зерна флоренситу з профілем електронно-зондового дослідження.

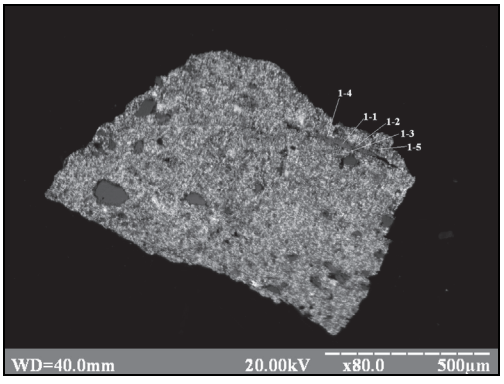


Рис. 2. Електронно-мікроскопічне зображення уламка, що містить мінерал проміжного складу між крандалітом і гояцитом (точки 1-1, 1-2 і 1-4).

Привертає увагу не цілком зрозумілий значний дефіцит алюмінію та надлишок фосфору, формульні коефіцієнти яких фактично однакові, замість співвідношення Al : P =

= 3 : 2, згідно з теоретичними формулами крандаліту й гояциту. Основна маса уламка (крім включень зерен кварцу) – це хаотична суміш алюмофосфатів Ca, Sr, Ba з фосфатом ітрію. Хімічний склад найсвітліших мікроділянок відповідає стехіометричному ксенотиму.

В уламках часто фіксують зрощення горсейкситу і флоренситу з монацитом (рис. 3, 4). У шліфах пугачівських пісковиків трапляються зерна монациту, які суттєво відрізняються за вмістом торію. Великі (≥ 100 мкм) кристали монациту і горсейкситу часто сильно пошкоджені.

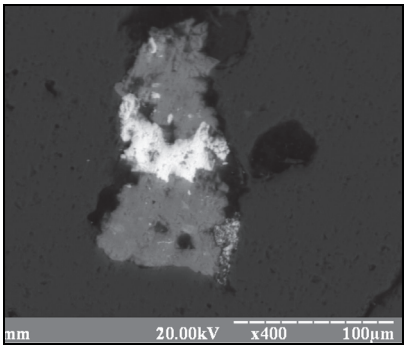


Рис. 3. Електронно-мікроскопічне зображення зрощення горсейкситу (сірі ділянки) з монацитом (білі).

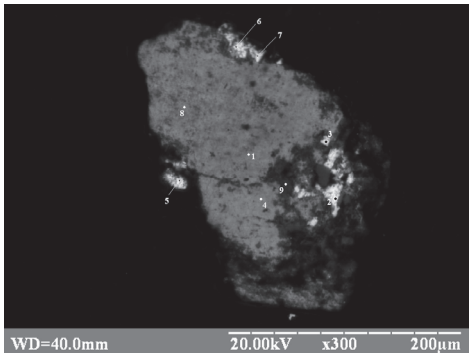


Рис. 4. Електронно-мікроскопічне зображення зрощення флоренситу (точки 1, 4, 8) з монацитом (точки 2, 3, 5).

Походження виявлених у метапісковиках фосфатів та рідкісних алюмофосфатів наразі дискусійне. На відміну від такої ж асоціації мінералів діагенетичного походження, описаної у праці [3], вони мають значно більший розмір, не утворюють дрібних скупчень і часто обкатаного вигляду. На думку О. Митрохіна, ці мінерали утворилися внаслідок впливу на пісковики гранітів рапаківі Коростенського плутону, які безпосередньо межують з ділянками, де відібрано досліджені взірці. Зазначимо, що описана асоціація мінералів відома як постійний і характерний компонент діамантовмісних пісків і гравелітів Бразилії й Африки. Горсейксит, крандаліт, гояцит і флоренсит навіть уважали розшуковою ознакою на діаманти в розсипних родовищах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Павлишин В. І.* Мінеральне царство України / В. І. Павлишин, О. В. Зінченко, О. С. Довгий // Записки Укр. мінерал. т-ва. – 2006. – Т. 3. – С. 121–124.
2. *Савенок С. П.* Про знахідку рідкісного фосфату – горсейкситу в палеопротерозойських пісковиках Волинського мегаблока Українського щита / С. П. Савенок, О. В. Зінченко, О. А. Хлонь // Доп. НАН України. – 2010. – № 1. – С. 123–127.
3. *Rasmussen B.* Early-diagenetic REE-phosphate minerals (florencite, gorceixite, crandallite, and xenotime) in marine sandstones: a major sink for oceanic phosphorus / B. Rasmussen // Am. J. Sci. – 1996. – Vol. 296. – P. 601–632.

Стаття: надійшла до редакції 23.07.2018
прийнята до друку 06.08.2018

Oleksandr Andrieiev, Olena Khlon, Serhii Savenok

Institute of Geology, Taras Shevchenko National University of Kyiv,
90, Vasylkivska St., Kyiv, Ukraine, 03022,
andreev@univ.kiev.ua

RARE ALUMOPHOSPHATES FROM PALEOPROTEROZOIC SANDSTONES OF THE VOLYN MEGABLOCK (UKRAINIAN SHIELD)

The rare alumophosphates found in the Pugachivka sandstones of the Volyn megablock (Ukrainian Shield) are described. In addition to previously discovered gorceixite, about 30 crystals of florencite (up to 0.2 mm) and micrograins of intermediate composition between crandallite and goyazite (hamlinite) have been found. Such segregations occur in microfragments in a mixture with the micron segregations of yttrium phosphate. There are numerous growths of gorceixite and florencite with monazite

Key words: alumophosphates, gorceixite, florencite, crandallite, goyazite, Pugachivka sandstones, Volyn megablock, Ukrainian Shield.

MINERALOGICAL COLLECTION
2018. N 68, Is. 1. P. 126–128
ISSN 2078-6220

МІНЕРАЛОГІЧНИЙ ЗБІРНИК
2018. № 68, вип. 1. С. 126–128
ISSN 2078-6220

УДК 546.027:550.42:549

Антон Вальтер[1], Олександр Андрєєв[2], Анатолій Писанський[1], В'ячеслав Павлюк[3]

[1]*Інститут прикладної фізики НАН України,*
вул. Петропавлівська, 8, Суми, Україна, 40000,
avalter@iop.kiev.ua
[2]*ННІ "Інститут геології",*
Київський національний університет імені Тараса Шевченка,
вул. Васильківська, 90, Київ, Україна, 03022,
andreev@univ.kiev.ua
[3]*Правобережна геологічна експедиція ДП "Українська геологічна компанія",*
с. Фурси, Білоцерківський р-н, Київська обл., Україна, 09150,
furgeo@inet.ua

ФОРМУЛИ МІНЕРАЛІВ З ВИСОКИМ ВМІСТОМ РАДІОГЕННИХ ІЗОТОПІВ

Описано знахідки мінералів, збагачених радіогенними ізотопами (^{87}Sr, ^{187}Os, ^{208}Pb). Запропоновано незвичайний ізотопний склад мінералу зазначати безпосередньо в його формулі після крапки.

Ключові слова: радіогенний ізотоп, мінерал, ізотопне збагачення, формула мінералу.

У працях [1, 3, 7] описано можливе практичне значення певних радіогенних ізотопів, які можуть бути законсервовані в мінералах з радіоактивними елементами. Виведено здогадно всі випадки природного ізотопного збагачення мінералів стабільними радіогенними ізотопами. Передбачено високу ефективність деяких радіогенних ізотопів для ядерної медицини, маркування цінних паперів, для різних галузей промисловості, сільського господарства та в наукових дослідженнях.

Кількість мінералів, у яких можуть нагромаджуватись нові радіогенні ізотопи, з урахуванням твердих розчинів, оцінюють десятками. Нині фактично доведено наявність цінних мінералів, збагачених радіогенними ізотопами.

Наприклад, зафіксовано наявність ^{187}Os високої ізотопної чистоти в молібденіті Сергіївського родовища (Сурська зеленокам'яна структура, Середнє Придніпров'я). Вміст ^{187}Os у ньому становить 99,985 ат. % [2] за звичайної природної поширеності ^{187}Os 1,96 ат. % [8]). За А. Довбнею, ^{187}Os може утворювати за реакцією ^{187}Os(γ,p)^{186}Re ефективний терапевтичний ізотоп – гамма-випромінювач високої якості для локальної дії на клітини ракових пухлин.

Виявлено достатньо значне ізотопне збагачення ^{87}Sr – 96 ± (4–6) ат. % – у Rb-біотиті віком 2,14 млрд років [6] (природна поширеність цього ізотопу – 7 ат. % [8]). Зазначе-

© Вальтер Антон, Андрєєв Олександр, Писанський Анатолій, Павлюк В'ячеслав, 2018

ний ізотоп також може бути сировиною для виробництва чистих терапевтичних ізотопів.

Зафіксовано високе ізотопне збагачення свинцю ізотопом ^{208}Pb у монациті Побужжя [4, 5]. У регіоні досліджено склад монациту із близько 50 проявів у корінних породах та корах звітрювання гранітів віком 2 млрд років. Десята частина цих проявів припадає на монацит зі свинцем практично моноізотопного складу; ізотопна концентрація $^{208}Pb \geq 98{,}5$ %. У корінних породах двох проявів навіть попередньо оцінено ресурси цього свинцю.

Зазначимо, що свинець такого ізотопного складу – дуже ефективний теплоносій для енергетичних ядерних реакторів.

Уважаємо, що такий практично цінний різновид монациту, як і інші наведені мінерали, збагачені радіогенними ізотопами, доцільно зафіксувати вже на рівні надання мінеральним різновидам формульних ознак складу.

Зокрема, нині термін *монацит* використовують для позначення групи мінералів, а мінеральні види виділяють як фосфати переважного рідкісноземельного елемента: у випадку дослідженого мінералу – $CePO_4$.

Ми пропонуємо незвичайний ізотопний склад свинцю монациту зазначати безпосередньо в формулі після крапки. Наприклад, для конкретного взірця:

$$CePO_4 \cdot 1\ \%\ ^{208}Pb\ (99\ \%).$$

Такого ж типу формульні позначення пропонуємо використовувати й у інших наведених випадках. Зокрема, для ^{187}Os концентрацію доцільно позначати в грамах на тонну (10^{-4} %), а у випадку ^{87}Sr – у 10^{-4} або 10^{-3} %.

Список використаної літератури

1. *Вальтер А. А.* Два доповнення до ядерної мінералогії / А. А. Вальтер // Записки Укр. мінерал. т-ва. – 2011. – Т. 8. – С. 24–29.
2. *Вальтер А. А.* Природно-чистые редкие изотопы: механизм образования, минеральные носители, практическое значение / А. А. Вальтер // От минералогии до геохимии : сб. науч. трудов, посвящ. 130-летию со дня рождения акад. А. Е. Ферсмана. – Киев, 2013. – С. 247–255.
3. Здобутки в Україні в новому напрямку на межі ядерної фізики та наук про Землю / А. А. Вальтер, І. І. Залюбовський, В. Ю. Сторіжко та ін. // Вісн. Харк. ун-ту. Сер. фіз. “Ядра, частицы, поля”. – 2008. – Вип. 1 (37). – С. 21–31.
4. Новий практично важливий різновид монациту Побужжя, збагачений чистим ізотопом свинцю ^{208}Pb / А. Вальтер, В. Андрєєв, В. Павлюк та ін. // Мінерал. зб. – 2016. – № 66, вип. 1. – С. 119–128.
5. Природный источник в Украине высокообогащённого свинца-208 для ядерной энергетики / А. А. Вальтер, В. Е. Сторижко, А. В. Андреев и др. // Доп. НАН України. – 2015. – № 5. – С. 61–70.
6. Рубидиевый биотит – минеральный носитель чистого изотопа стронция-87 / А. А. Вальтер, Н. П. Дикий, Г. К. Ерёменко и др. // Доп. НАН України. – 2011. – № 6. – С. 102–106.
7. Nuclear-analytical and mineralogical principles and techniques for prediction and investigation of the native-pure rare isotope occurrence / A. A. Valter, V. E. Storizhko, N. P. Dikiy et al. // Problems of Atomic Science and Technology. Ser. Nuclear Physics Investigations. – 2005. – Vol. 45, N 6. – P. 142–145.

8. Nuclides and Isotopes : Sixteen Edition / J. R. Parrington, H. D. Knox, S. L Breneman et al. (revised by E. M. Baum, H. D. Knox and T. R. Miller). – Lockheed Martion Corporation, 2002. – 89 p.

Стаття: надійшла до редакції 23.07.2018
прийнята до друку 06.08.2018

Anton Valter[1], Oleksandr Andrieiev[2], Anatolii Pysanskyi[1], Viacheslav Pavliuk[3]

[1]*Institute of Applied Physics of NAS of Ukraine,*
8, Petropavlivska St., Sumy, Ukraine, 40000,
avalter@iop.kiev.ua
[2]*Institute of Geology, Taras Shevchenko National University of Kyiv,*
90, Vasylkivska St., Kyiv, Ukraine, 03022,
andreev@univ.kiev.ua
[3]*Pravoberezhna Geological Expedition of SE "Ukrainian Geological Company",*
Fursy-village, Bilotserkivskyi region, Kyiv district, Ukraine, 09150,
furgeo@inet.ua

FORMULAS OF MINERALS WITH HIGH RADIOGENIC ISOTOPES CONTENT

Finds of minerals enriched with radiogenic isotopes are described: molybdenite with ^{187}Os content 99,985 atomic percent, Rb-biotite with 96 ± (4–6) atomic percent of ^{87}Sr and monacite with content of $^{208}Pb \geq 98.5$ %. An unusual isotopic composition of the mineral is proposed to mark directly in its formula after the point.

Key words: radiogenic isotope, mineral, isotope enrichment, mineral formula.

MINERALOGICAL COLLECTION
2018. N 68, Is. 1. P. 129–134
ISSN 2078-6220

МІНЕРАЛОГІЧНИЙ ЗБІРНИК
2018. № 68, вип. 1. С. 129–134
ISSN 2078-6220

УДК [549:548.4]:549.08(477)

Орест Матковський[1], Ігор Наумко[2], Микола Павлунь[1]

[1]*Львівський національний університет імені Івана Франка,*
вул. Грушевського, 4, Львів, Україна, 79005,
mineral@franko.lviv.ua
[2]*Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України,*
вул. Наукова, 3а, Львів, Україна, 79060,
naumko@ukr.net

ЕТАПИ ТА ПЕРІОДИ РОЗВИТКУ ТЕРМОБАРОГЕОХІМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ В УКРАЇНІ

Термобарогеохімія – нова галузь геологічних знань – зародилась в Україні на геологічному факультеті Львівського університету наприкінці 1940-х–на початку 1950-х років. У її розвитку виділено етапи зародження, становлення, стрімкого розвитку і стабілізації, а також два головні періоди – львівський і київський. Стисло проаналізовано діяльність представників української термобарогеохімічної школи та їхній внесок у розвиток генетичної мінералогії й учення про родовища корисних копалин.

Ключові слова: включення в мінералах, термобарогеохімія, українська термобарогеохімічна школа, Львівський університет, Україна.

Термобарогеохімічні дослідження почали провадити на геологічному факультеті Львівського університету імені Івана Франка наприкінці 1940-х–на початку 1950-х років. Так було започатковано всесвітньовідому термобарогеохімічну школу Миколи Єрмакова, яка нині офіційно затверджена Міністерством освіти і науки України [3]. Професор Єрмаков запропонував назву нового напряму геолого-мінералогічної науки – *термобарогеохімія* [2]. Термобарогеохімія нерозривно пов'язана з онтогенією мінералів і вченням про типоморфізм мінералів, тому вагомим є внесок української термобарогеохімічної школи у розвиток генетичної мінералогії та вчення про родовища корисних копалин.

Загалом у розвитку термобарогеохімії як нової галузі геологічних знань [4] в Україні можна виділити етапи зародження, становлення, стрімкого розвитку і стабілізації та два головні періоди – львівський і київський.

На етапах зародження і становлення науки (львівський період) проф. М. Єрмаков, який уже мав певний доробок і досвід, отриманий у Середній Азії, та його учні й колеги Є. Вульчин, Ю. Долгов, В. Калюжний, Л. Колтун, В. Лесняк, Н. М'язь, А. Пізнюр, Р. Сухорський заклали її підґрунтя. Було створено першу у світі спеціалізовану термобарогеохімічну лабораторію, у якій провадили активні дослідження й розробляли спеціальні прилади й апаратуру. З'явилися перші публікації з результатами досліджень, серед яких фундаментальна монографічна праця М. Єрмакова "Исследования минералообразующих растворов (температуры и агрегатное состояние)" (1950) [1]. Фактично

© Матковський Орест, Наумко Ігор, Павлунь Микола, 2018

на цьому етапі було розроблено теоретичні й методичні основи термобарогеохімії та обґрунтовано можливості використання флюїдних включень для з'ясування термобаричних і геохімічних характеристик флюїдного середовища кристалізації мінералів та їхніх парагенезисів.

Після переїзду М. Єрмакова до Москви термобарогеохімічні дослідження розвивали у Львівському університеті, головно, на кафедрі геології корисних копалин (сучасна назва) (Є. Лазько) та в Інституті геології корисних копалин АН УРСР (нині Інститут геології і геохімії горючих копалин (ІГГГК) НАН України) у відділах геохімії глибинних флюїдів (сучасна назва) (В. Калюжний) та геохімії осадових товщ нафтогазоносних провінцій (О. Петриченко).

Дослідження університетських учених з 1960-х років до нині мають, головно, прикладне спрямування, пов'язані з вивченням проблем ендогенного рудоутворення на родовищах кольорових, рідкісних і благородних металів різного генетичного й формаційного типу. Їх виконували на кафедрі геології корисних копалин, у Проблемній науково-дослідній лабораторії геохімії і глибинних тектонічних процесів, у лабораторії прикладної термобарогеохімії (єдиній у колишньому СРСР), наприкінці XX ст. – в Інституті геології і металогенії золота, кольорових металів і алмазів України під керівництвом професорів Є. Лазька та А. Пізнюра, останніми десятиліттями – проф. М. Павлуня. Науковці кафедри геології корисних копалин активно вивчали включення в мінералах золоторудних родовищ і рудопроявів Українського щита (Юріївське, Майське, Балка Золота та ін.) та Українських Карпат (Сауляк, Білий Потік та ін.).

Результати цих досліджень висвітлені в наукових звітах, докторських і кандидатських дисертаціях М. Головченка, Ю. Дорошенка, С. Івасіва, С. Кріль, Ю. Ляхова, М. Павлуня, Т. Павлюк, А. Пізнюра, І. Попівняка, Ж. Сімків, С. Ціхоня, а також у численних публікаціях, серед яких монографії "Физико-химические основы прогнозирования постмагматического оруденения (по термобарогеохимическим данным)" (Лазько, Ляхов, Пизнюр, 1981) та "Термобарогеохимия золота (прогнозирование, поиски и оценка оруденения)" (Ляхов, Павлунь, Пизнюр, Попивняк, 1995), підручники, навчальні посібники, методичні розробки.

Активні термобарогеохімічні дослідження, які стосувалися генезису окремих мінералів і мінеральних комплексів, провадили на кафедрі мінералогії. Їхні результати містяться в низці праць регіонально-мінералогічного спрямування: "Исследования турмалинов некоторых месторождений СССР" (Сливко, 1954), "Минералогия Закарпатья" (Лазаренко с соавт., 1963), "Мінералогія Поділля" (Лазаренко, Сребродольський, 1969), "Минералогия и петрография Чивчинских гор (Украинские Карпаты)" (Матковский, 1971) та у книзі Є. Лазаренка "Основы генетической минералогии" (1963). З'явилася перша генетична класифікація включень у мінералах метеоритів і Місяця, яку розробила А. Ясинська. Згодом термобарогеохімічні дослідження провадили в комплексі з онтогенічними, ізотопно-геохімічними та іншими під час вивчення метаморфічного мінералоутворення в Мармароському масиві та гідротермально-метасоматичного мінералогенезу в процесі формування золотого зруденіння Українських Карпат і Українського щита. Їхні результати висвітлені в докторській дисертації О. Матковського, кандидатських дисертаціях О. Ємця, І. Мудровської, Л. Скакуна, Н. Словотенко, В. Степанова та численних публікаціях.

Важливим підсумком термобарогеохімічних досліджень університетських науковців стало видання монографії "Геолого-генетична типізація золоторудних родовищ України" (Бобров, Сіворонов, Ляхов, Павлунь, Скакун, Степанов та ін., 2004) і третьої–п'ятої

книг циклу "Мінерали Українських Карпат" – "Борати, фосфати, арсенати, молібдати, сульфати, карбонати, органічні мінерали і мінералоїди" (2003), "Силікати" (2011) і "Процеси мінералоутворення" (2014), серед авторів яких львів'яни П. Білоніжка, О. Матковський, І. Наумко, Л. Скакун, Є. Сливко, С. Ціхонь та ін.

Вагомі результати дослідження включень у мінералах, які стосуються ендогенного й екзогенного мінералоутворення, належать співробітникам ІГГГК НАН України. Дослідження провадили у відділі геохімії глибинних флюїдів, що його заснував і тривалий час очолював В. Калюжний (його змінив М. Давиденко, а нині відділ очолює І. Наумко), та у відділі геохімії осадових товщ нафтогазоносних провінцій під керівництвом О. Петриченка (його змінив І. Дудок, а нині відділ очолює С. Вовнюк). На початкових етапах діяльності в обох відділах значну увагу приділяли розроблянню методів дослідження включень і створенню відповідних приладів й апаратури.

Спочатку основна тематика відділу геохімії глибинних флюїдів була пов'язана з магматичним, пегматитовим, гідротермально-метасоматичним мінералоутворенням, пізніше її розширили, оскільки дещо змінився профіль Інституту. Основним напрямом стала геохімія глибинних мінералоутворювальних флюїдів – 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 твердих і вуглеводневих корисних копалин. У відділі геохімії осадових товщ нафтогазоносних провінцій мінералого-геохімічні дослідження разом із вивченням включень у мінералах 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 розшуків корисних копалин, пов'язаних з евапоритами загалом та соляними структурами, зокрема.

За результатами виконаних досліджень співробітники обох відділів захистили чотири докторські дисертації (В. Калюжний, О. Петриченко, В. Ковалевич, І. Наумко) і понад 20 кандидатських (М. Братусь, М. Вітик, О. Вовк, С. Вовнюк, Д. Возняк, А. Галамай, Г. Гігашвілі, С. Гринів, Б. Долішній, І. Дудок, Б. Жовтуля, Г. Занкович, Б. Заціха, І. Зінчук, З. Ковалишин, С. Литвинюк, О. Матвієнко, Н. Нестерович, Е. Платонова, А. Побережський, Й. Сворень, Д. Сидор, О. Хмелівська, В. Шайдецька), складено десятки наукових звітів, опубліковано сотні статей і понад десять монографій, зокрема: "Методи вивчення багатофазових включень у мінералах" (Калюжний, 1960); "Мінералоутворюючі флюїди та парагенезиси мінералів заноришевих пегматитів Волині" (Калюжний, Возняк, Гігашвілі та ін., 1971); "Методи дослідження включень у мінералах галогенних порід" (Петриченко, 1973); "Атлас микровключений в минералах галогенных пород" (Петриченко, 1977); "Физико-химические условия формирования солей Стебникского калийного месторождения" (Ковалевич, 1978); "Основы учения о минералообразующих флюидах" (Калюжный, 1982); "Флюидный режим гидротермальных процессов Закарпатья" (Ковалишин, Братусь, 1984); "Флюидный режим гидротермального минералообразования Центрального Донбасса" (Зинчук, Калюжный, Щирица, 1984); "Мінералоутворюючі флюїди постмагматичних утворень гранітоїдів Українського щита" (Винар, Калюжний, Наумко, Матвієнко, 1987); "Физико-химические условия осадкообразования в древних солеродных бассейнах" (Петриченко, 1988); "Эпигенез эвапоритов" (Петриченко, 1989); "Галогенез и химическая эволюция океана в фанерозое" (Ковалевич, 1990); "Флюїдний режим мінералоутворення в літосфері у зв'язку з прогнозуванням корисних копалин" (Братусь, Давиденко, Зінчук та ін., 1994). Результа-

ти термобарогеохімічних досліджень узагальнено в розділі "Флюїдний режим катагенно-гідротермального процесу періоду формування жильної, прожилкової і прожилково-вкрапленої мінералізації в осадових товщах" (Наумко, Братусь, Дудок та ін., 2004) книги "Карпатська нафтогазоносна провінція" та в монографії "Комплексне освоєння газовугільних родовищ на основі пошукових технологій буріння свердловин" (Мойсишин, Наумко, Пелипець та ін., 2013).

Важливе значення у розвитку термобарогеохімії мало проведення у Львові двох спеціалізованих нарад: республіканської на тему "Углерод и его соединения в эндогенных процессах минералообразования (по данным изучения флюидных включений в минералах" (1975) та Сьомої всесоюзної "Термобарометрия и геохимия рудообразующих флюидов (по включениям в минералах)" (1985).

Новий період розвитку термобарогеохімії – київський – розпочався зі створення в Інституті геологічних наук (ІГН) та переведення до Інституту геохімії і фізики мінералів (ІГФМ) (нині Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення (ІГМР) імені М. П. Семененка НАН України) відділу регіональної та генетичної мінералогії. Згодом дослідження почали провадити в ДУ "Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України" (ІГНС) та в Інституті фундаментальних досліджень (ІФД).

У відділі регіональної та генетичної мінералогії, який очолювали Є. Лазаренко, О. Литвин, В. Павлишин, Д. Возняк, а нині – Г. Кульчицька, створено спеціалізовані лабораторії з вивчення включень. Вони оснащені найсучаснішим обладнанням, що дало змогу отримати об'єктивні дані стосовно параметрів формування (температура, тиск, хімічний склад мінералоутворювальних флюїдів) камерних пегматитів Волині, золоторудних родовищ Криворіжжя, золото-поліметалевої мінералізації Донбасу, рідкіснометалевої мінералізації Українського щита, геологічних утворень Карпатського регіону. Перші результати цих досліджень наведені у фундаментальних монографіях регіонально-мінералогічного спрямування, присвячених камерним пегматитам Волині, мінералогії Донбасу, Криворіжжя та Приазов'я (Є. Лазаренко, В. Латиш, В. Павлишин, Б. Панов, Б. Пирогов та ін.); вони є важливою складовою останньої праці Є. Лазаренка "Опыт генетической классификации минералов" (1979). Уже на цьому етапі виявили флюїдні вуглеводневі включення (здебільшого рідкі й газові розчини метану) у мармароських "діамантах" (Д. Возняк, В. Грицик, В. Квасниця, Ю. Галабурда), а Євгенія Лазаренко вперше визначила температуру гомогенізації газово-рідких включень, які декорують планарні елементи у кварці з імпактитів Українського щита. Привертають увагу дослідження особливостей мінералоутворення, пов'язаного з кайнозойським магматизмом у Закарпатті, які визначено за розплавними включеннями в санідині (анортоклазі), тридиміті і кварці з міаролових порожнин у дацитах Чорної гори (В. Квасниця, В. Мельников, Д. Возняк та ін.), а також надзвичайно важливі результати з вивчення включень у кварці й плагіоклазі карпатських ігнімбритів ріодацитового складу, по яких розвинені цеоліти Сокирницького родовища та супутніх рудопроявів (В. Мельников, О. Лазаренко, О. Гречановська та ін.). Скрупульозні дослідження включень в осадових мінералах гіпс-ангідритових покладів України виконала Г. Кульчицька.

Термобарогеохімічні дослідження стали важливим підґрунтям або невід'ємною частиною докторських дисертацій Д. Возняка, С. Галія, К. Деревської, О. Ємця, Г. Кульчицької, В. Павлишина та низки кандидатських дисертацій (В. Бельський, Ю. Галабурда, О. Гречановська, С. Кузнєцова, О. Лазаренко, С. Терещенко, Д. Черниш, О. Щириця та ін.). Чи не найвагоміший здобуток київських науковців – фундаментальне монографічне зведення Д. Возняка "Мікровключення та реконструкція умов ендогенного міне-

ралоутворення" (2007), у якому за результатами власних досліджень включень у мінералах та критичного аналізу попередників схарактеризовано процеси ендогенного мінералоутворення від найбільш високотемпературних і високобаричних мантійних продуктів до низькотемпературних і низькобаричних гідротермальних утворень кварцу типу мармароських "діамантів".

Науковці ІФД 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 (К. Деревська, В. Загнітко, В. Шумлянський та ін.).

Включення в мінералах вивчали і співробітники Дніпропетровського гірничого інституту (нині Національний технічний університет "Дніпровська політехніка") – професор Е. Лазаренко та його учні П. Баранов, Л. Козловський, Л. Шукайло та ін. Це вже дніпропетровський (дніпровський) період дослідження включень. Науковці детально вивчили включення в акцесорних мінералах (циркон, апатит) трьох орогенних магматичних формацій Закарпаття та визначили температуру кристалізації мінералів магматичної й післямагматичної стадій. У докторській дисертації П. Баранова наведено наукові основи геолого-промислового поділу гранітоїдів Західного Приазов'я (Український щит) у зв'язку з прогнозуванням літієвих пегматитів, виконано розбракування геохімічних аномалій та оцінювання каменебарвної сировини за даними дослідження твердих включень у кварці.

Загалом масив даних, отриманих за результатами дослідження включень у мінералах, велетенський. До фундаментальних новацій термобарогеохімії (мінералофлюїдології) належать такі:

– визначення складу, фізико-хімічних властивостей, генезису флюїдів верхньої мантії та земної кори. Логічним підсумком стало створення моделі еволюції глибинних флюїдів (за включеннями в мінералах) як підґрунтя мінералофлюїдологічної моделі Землі;

– нагромадження об'єктивних даних про умови мінералогенезу в надрах Українського щита і прилеглих геологічних структур, зокрема, щодо ролі високотермобаричних потоків CO_2-флюїду як продуктів дегазації глибинної магми та летких компонентів як індикаторів умов мінералоутворення;

– ідентифікація процесів ендогенного рудогенезу та моделювання рудоутворення на родовищах кольорових, рідкісних і благородних металів різного генетичного й формаційного типу;

– відтворення процесів екзогенного мінералоутворення, передусім галогенезу, пов'язаних з особливостями нагромадження й перекристалізації солей в евапоритових басейнах та еволюцією хімічного складу води Світового океану тощо.

Отже, термобарогеохімічні дослідження в Україні провадили, головно, у Львівському університеті, академічних інститутах (ІГГГК, ІГН, ІГМР, ІГНС), ІФД, НТУ "Дніпровська політехніка" та ін. Результати цих досліджень дають підстави для висновку, що відомості стосовно типоморфізму флюїдних включень у мінералах разом з іншими типоморфними особливостями сприяють відтворенню природних процесів мінерало- та вуглеводнегенезу, обґрунтуванню геохімічної (мінера(метало)генічної) спеціалізації, визначенню режиму функціонування флюїдів у літосфері та їхнього впливу на формування корисних копалин різного генетичного типу, складанню практичних висновків щодо розшуків корисних копалин за генетичними показниками.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Ермаков Н. П.* Исследования минералообразующих растворов (температуры и агрегатное состояние) / Н. П. Ермаков. – Харьков : Изд-во Харьков. ун-та, 1950. – 540 с.
2. *Ермаков Н. П.* Термобарогеохимия / Н. П. Ермаков, Ю. А. Долгов. – М. : Недра, 1979. – 271 с.
3. *Матковський О.* Термобарогеохімічна школа професора Миколи Єрмакова та її внесок у розвиток генетичної мінералогії й учення про родовища корисних копалин / О. Матковський, І. Наумко, М. Павлунь // Мінерал. зб. – 2017. – № 67, вип. 1. – С. 3–37.
4. Професор Микола Порфирович 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.

Стаття: надійшла до редакції 23.07.2018
прийнята до друку 06.08.2018

Orest Matkovskyi[1], Ihor Naumko[2], Mykola Pavlun[1]

[1]*Ivan Franko National University of Lviv,*
4, Hrushevskoho St., Lviv, Ukraine, 79005,
mineral@franko.lviv.ua
[2]*Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals of NASU,*
3a, Naukova St., Lviv, Ukraine, 79060,
naumko@ukr.net

STAGES AND PERIODS IN THE DEVELOPMENT OF THERMOBAROGEOCHEMICAL RESEARCH IN UKRAINE

In the development of thermobarogeochemistry, a new field of geological knowledge in Ukraine (originated at the Faculty of Geology of Lviv University in the late 1940s–early 1950s), the stages of origin, formation, rapid development and stabilization, as well as Lviv and Kyiv periods have been indentified. The activity of the representatives of the Ukrainian Thermobarogeochemical School and their contribution to the development of genetic mineralogy and the theory of mineral deposits are briefly analyzed.

Key words: inclusion in minerals, thermobarogeochemistry, Ukrainian Thermobarogeochemical School, Lviv University, Ukraine.

MINERALOGICAL COLLECTION
2018. N 68, Is. 1. P. 135–138
ISSN 2078-6220

МІНЕРАЛОГІЧНИЙ ЗБІРНИК
2018. № 68, вип. 1. С. 135–138
ISSN 2078-6220

УДК 549:535.33:553.493:553.2(477+571)

Тетяна Лупашко[1], Аркадій Таращан[1], Катерина Ільченко[1], Олена Гречановська[1], Віктор Гаращенко[2]

[1]*Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка НАНУ, просп. акад. Палладіна, 34, Київ, Україна, 03142, lupashkot@ukr.net*
[2]*Інститут надтвердих матеріалів імена В. М. Бакуля НАН України, вул. Автозаводська, 2, Київ, Україна, 01074, garashchenko@gmail.com*

ОСОБЛИВОСТІ ФЛЮЇДНОГО РЕЖИМУ ФОРМУВАННЯ РІДКІСНОМЕТАЛЕВИХ РОДОВИЩ ЛУЖНИХ ПОРІД ЗА ДАНИМИ СПЕКТРОСКОПІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ МІНЕРАЛІВ

Вивчено спектроскопічні параметри породоутворювальних польових шпатів, акцесорних циркону і флюориту з Пержанського берилієвого (Український щит) і Катугінського тантал-ніобієвого (Алданський щит) родовищ лужних порід. Доведено, що якісний склад і концентрація спектроскопічно активних центрів у цих мінералах є джерелом генетичної інформації щодо особливостей флюїдного режиму процесів їхньої кристалізації.

Ключові слова: мікроклін, альбіт, циркон, флюорит, спектроскопічно активні центри, рідкіснометалеві родовища лужних порід, флюїдний режим.

Ми досліджували генетичну інформативність спектроскопічних параметрів породоутворювальних польових шпатів, акцесорних циркону і флюориту щодо особливостей флюїдного режиму процесів кристалізації мінеральних асоціацій двох рідкіснометалевих родовищ лужних порід – Пержанського берилієвого (Волинський мегаблок Українського щита) [1] і Катугінського тантал-ніобієвого (Алданський щит) [4]. Залучено методи рентгено- (РЛ) і фотолюмінесценції (ФЛ), інфрачервоної (ІЧ) спектроскопії, рентгенівський аналіз, прикладні дослідження й літературні джерела.

Спільні риси обох родовищ – це докембрійський вік, приуроченість до зон розвитку регіональних глибинних розломів, тривале багатостадійне формування руд та комплексна металогенічна спеціалізація – рідкіснометалева й рідкісноземельна.

У субвертикальному розрізі Пержанського родовища диференційовані тіла метасоматитів (сидерофілітових, альбітових, кварцових, мусковітових) з гентгельвіном і фенакітом зосереджені в апікальній частині площинного тіла гнейсоподібних егірин-рибекітових і сидерофілітових пержанських гранітів та їхніх різновидів з блакитним кварцом. Рудним циркон-пірохлоровмісним тілам Катугінського родовища, навпаки, властива субгоризонтальна зональність: у центральних зонах наявні егіринові й егірин-арфведсонітові гранітоїди з кріолітом, у периферійних – біотит-рибекітові та біотитові з флюоритом.

© Лупашко Тетяна, Таращан Аркадій, Ільченко Катерина та ін., 2018

Вміст ***польових шпатів*** у породах обох родовищ коливається від 45 до 95 %. За ступенем триклінності калішпат відповідає максимальному мікрокліну (Δp = 0,9–1,0), а натрієвий – низькому (Δp = 1,0) альбіту. Різна субсолідусна історія польових шпатів, залежно від температури та умов "сухої" і "вологої" петрологічної системи, відображена в їхніх структурно-морфологічних особливостях [3] та складі й концентрації спектроскопічно активних центрів (САЦ). Основна генерація польових шпатів Пержанського родовища представлена ізометричними зернами розміром до 5 мм негратчастого мікроклін-пертиту, у яких наявне поєднання пертитової і монодоменної структур. Негратчаста монодоменна структура мікрокліну зумовлена високою активністю водовмісного флюїду і, зокрема, протонів, дифузія яких спричиняє розривання зв'язків кисню в тетраедричному каркасі й утворення стабільних центрів на власних дефектах структури типу AlO_4^{4-} (O^-_{Al}, смуга РЛ 470 нм). За таких умов в альбіті формуються САЦ з гідроксидною компенсацією $SiO_4^{3-}{\cdot}OH^-$ (O^-_{Si}, смуга РЛ 390–410 нм). Виявлений еволюційний тренд у складі та концентрації САЦ мікрокліну й альбіту в широкому температурному й часовому інтервалі – ознака метасоматозу.

Мікрокліну Катугінського родовища притаманна двійникова структура. У мікроклін-пертиті-I з біотит-рибекітових і біотитових порід це груба розпливчаста ґратка і гілчасті пертити, а в мікроліні-II і -III (зерна розміром до 10–15 мм) з егірин-арфведсонітових порід та мікроліні-IV і -V з пізніх прожилків з сульфідами – тонка ґратка, мало- та безпертитова [4]. Усі генерації цих зерен, на відміну від пержанських, мають однакову стабільно високу концентрацію тетраедрично координованих іонів Fe^{3+}, які заміщують Al^{3+} (смуга РЛ 700 нм) у позиціях T_1o. Це ознака "сухої" високотемпературної магматичної системи.

Цирконієва мінералізація Пержанського родовища представлена цирконом і циртолітом. У пержанських гранітах наявні обидва мінерали, а в метасоматитах – тільки циртоліт. На Катугінському родовищі циркон – один із головних рудних мінералів – є практично в усіх різновидах порід, а його кількість змінюється від поодиноких кристалів до гніздових утворень з умістом 10–20 % від об'єму породи. Різний ступінь водонасиченості флюїдів у процесі кристалізації циркону обох родовищ від ранніх до пізніших парагенезисів оцінено за складом і концентрацією власних дефектів $SiO_4^{3-}{\cdot}OH^-$, SiO_2^- та SiO_3^{3-} (відповідно, смуги ФЛ 450, 540 і 610 нм) та характером ІЧ-спектрів у ділянці валентних коливань дефектів, що містять водень. У цирконі з пержанських егірин-рибекітових (св. 21с, глибина 1 446,5 м) та катугінських егірин-арфведсонітових гранітоїдів зафіксовано переважні концентрації центрів SiO_2^- (дивакансія кисню з компенсацією заряду вакансіями йонів Zr^{4+}) та повну відсутність центрів $SiO_4^{3-}{\cdot}OH^-$ (гідроксидна компенсація заряду). Це свідчить про низьку фугітивність кисню та відновний режим флюїдів за абісальних умов кристалізації з "сухих" магм. Одержані низькі значення $\delta^{18}O$ (0,8–4,6 ‰) для циркону з головних різновидів порід Катугінського родовища також є доказом глибинного джерела розплавів [2].

Виявлено високу термічну стабільність центрів SiO_2^- (відпалюються за 1 370 К) у кристалах катугінського циркону з парагенезисів різного мінерального складу, що є інформативним стосовно епігенетичних перетворень усього Катугінського масиву, які відбувались за умов тривалої дії високої температури. Це підтверджено, по-перше, даними ІЧ-спектроскопії (практично однаковий для всіх вихідних і прожарених кристалів циркону максимальний ступінь кристалічності), по-друге, – високою температурою регенерації кристалів (913–918 К), визначеною за титаном у зовнішніх облямівках [5]. Наявність у катугінському цирконі тільки ОН-груп без молекулярної води є свідченням

обмеженої кількості H_2O у складі летких компонентів під час кристалізації. Водночас цілком метаміктні дипірамідальні кристали циртоліту з метасоматитів Пержанського родовища формувалися за умов максимальної водонасиченості флюїдів.

У кристалічній ґратці ***флюориту***, головного фторовмісного мінералу значної частини парагенезисів родовищ, ізоморфні заміщення рідкісноземельних елементів, Mn^{2+}, Na^{+}, U^{4+} катіоном Ca^{2+} та O^{2-}, OH^{-} аніоном F^{-} "провокували" утворення різних за складом і концентрацією САЦ. Магматичний флюорит Катугінського родовища майже не містить центрів $Dy^{3+}{\cdot}OH^{-}$ (лінія РЛ 573 нм), що свідчить про його кристалізацію за низької концентрації води. Висока ж концентрація $Dy^{3+}{\cdot}F_i^{-}$ (лінія РЛ 759 нм) у його структурі та значення параметра $Dy^{3+}{\cdot}F_i^{-}/Dy^{3+}{\cdot}OH^{-}$ (~ 10^2) є доказом переважної ролі фтору порівняно з H_2O у складі летких компонентів. На ІЧ-спектрах флюориту також зафіксовано тільки незначну концентрацію ОН-груп. На Пержанському родовищі в пізніх гідротермальних тріщинах, пов'язаних з надходженням потоків (H_2O+CO_2)-флюїду, поширений урановмісний флюорит – темно-фіолетовий з характерним червоним полиском. Концентрація М-центрів ($2V^{-}_F{\cdot}O^{2-}_F$, смуга РЛ 750 нм) у його структурі корелює з нагромадженням урану та свідчить про кристалізацію за умов зниження активності фтору у флюїдах. Завдяки ІЧ-спектроскопічним дослідженням у пержанському флюориті виявлено високу концентрацію вакуольної води, найвищу – у взірцях із пержанських гранітів з блакитним кварцом та гентгельвіновмісних метасоматитів.

Результати виконаних досліджень свідчать про близькоповерхневі умови кристалізації розплавів у межах Катугінського родовища, у процесі якої флюїди втрачали воду.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Безпалько Н. А.* Петрологія і акцесорні мінерали гранітів та метасоматитів Північної Волині / Н. А. Безпалько. – К. : Наук. думка, 1970. – 163 с.
2. Изотопный состав кислорода в цирконе Катугинского месторождения / Е. В. Левашова, А. Е. Мельник, Ли С.-Х. и др. // Юбилейный съезд РАН "200 лет РМО" : материалы. – СПб, 2017. – Т. 1. – С. 86–88.
3. *Мельников В. С.* Генетическое значение инверсионного перехода санидин/микроклин. Флюидный фактор в трансформации двойниковой структуры щелочных полевых шпатов / В. С. Мельников // Минерал. журн. – 2009. – Т. 31, № 4. – С. 16–29.
4. Минералы щелочных редкометалльных метасоматитов и практические результаты их изучения : сб. науч. трудов / под ред. В. В. Архангельской. – М. : ВИМС, 1989. – 198 с.
5. Особенности кристаллохимии циркона Азовского, Ястребецкого (Украина) и Катугинского (Россия) редкометалльных месторождений / Т. Н. Лупашко, Е. А. Ильченко, С. Г. Кривдик и др. // Минерал. журн. – 2014. – Т. 36, № 4. – С. 20–37.

Стаття: надійшла до редакції 13.07.2018
прийнята до друку 06.08.2018

Tetiana Lupashko[1], Arkadii Tarashchan[1], Kateryna Ilchenko[1], Olena Grechanovska[1], Viktor Harashchenko[2]

[1]*M. P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NAS of Ukraine,*
34, Acad. Palladin Av., Kyiv, Ukraine, 03680,
lupashkot@ ukr.net
[2]*V. Bakul Institute for Superhard Materials of NAS of Ukraine,*
2, Avtozavodska St., Kyiv, Ukraine,
garashchenko@gmail.com

THE FLUID REGIME FEATURES OF FORMATION OF RARE METAL ALKALINE ROCKS DEPOSITS BY DATA OF MINERALS SPECTROSCOPIC PARAMETERS

The spectroscopic parameters of rock-forming feldspars, accessory zircon and fluorite from Perzhanske beryllium (Ukrainian Shield, Ukraine) and Katuginske tantalum-niobium (Aldan Shield, Russia) deposits have been investigated. The methods of X-ray luminescence, photoluminescence, infrared spectroscopy, X-ray analysis, applied research and literary sources have been involved.

The common features of both deposits are Precambrian age, confinement to the zones of regional deep faults development, long-term multistage formation of ores and complex metallogenic specialization – rare-metal and rare-earth.

It has been proved that the qualitative composition and concentration of spectroscopically active centers in feldspars, zircon and fluorite are the source of genetic information regarding the features of their crystallization processes fluid regime.

Key words: microcline, albite, zircon, fluorite, spectroscopic active centers, rare metal deposits of alkaline rocks, fluid regime.

MINERALOGICAL COLLECTION
2018. N 68, Is. 1. P. 139–141
ISSN 2078-6220

МІНЕРАЛОГІЧНИЙ ЗБІРНИК
2018. № 68, вип. 1. С. 139–141
ISSN 2078-6220

УДК 549:548.4:551.313(477.87)

Ігор Наумко[1], Леонід Скакун[2], Тарас Бринський[1], Богдан Сахно[1]

[1]*Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України,*
вул. Наукова, 3а, Львів, Україна, 79060,
naumko@ukr.net
brynskyi@gmail.com
[2]*Львівський національний університет імені Івана Франка,*
вул. Грушевського, 4, Львів, Україна, 79005,
lzskakun@gmail.com

СПЕЦИФІКА ГАЗОВОГО РЕЖИМУ ЕФУЗИВНИХ ПРОЦЕСІВ ПІД ЧАС ФОРМУВАННЯ АНДЕЗИТІВ ВИГОРЛАТ-ГУТИНСЬКОГО ВУЛКАНІЧНОГО ПАСМА

Досліджено включення розплавів у мінералах андезитів Вигорлат-Гутинського пасма (межиріччя Уж–Латориця, каменоломні Лісарня, Оноківецька, Кам'яниця, Оріховецька, Осойська, Обавинська, Кольчине). Уперше визначено склад газу у включеннях розплавів у мінералах і закритих порах в андезитах. Виявилось, що у вивчених породах практично нема летких сполук у включеннях у мінералах і закритих порах. Вони можуть бути флюїдотривами для вірогідних покладів газу й нафти, сформованих висхідними вуглеводневмісними глибинними флюїдами у відкладах платформи, що залягають нижче.

Ключові слова: включення розплавів, леткі сполуки, режим мінералогенезу, андезити, Вигорлат-Гутинське вулканічне пасмо.

Одним із важливих джерел принципово нової генетичної інформації про перебіг ефузивних процесів є вивчення газового режиму мінералогенезу під час формування відповідних порід. Для цього визначають леткі компоненти у включеннях як реліктах флюїдного середовища кристалізації мінералів. Ми вперше з'ясували склад газу у включеннях розплавів у мінералах і закритих порах в андезитах із каменоломень (Лісарня, Оноківецька, Кам'яниця, Оріховецька, Осойська, Обавинська, Кольчине) у межиріччі Уж–Латориця Вигорлат-Гутинського вулканічного пасма (див. таблицю).

Дослідження засвідчили, що в усіх проаналізованих пробах вміст CO_2 низький, на межі чутливості методу (у пробах ОС-1 і ОС-2 CO_2 взагалі не зафіксовано), натомість характерна насиченість водою, тобто летких сполук у дефектах кристалів мінералів у породах практично нема. Незначні сліди CO_2 і пари води та відсутність азоту можуть свідчити про малу кількість пор у вивчених утвореннях. У праці [4] зазначено, що в такому випадку й інші молекулярні гази захоплюються слабше, оскільки саме наявність пор з леткими компонентами відіграє виняткову роль у кінетичних явищах. Тому тут оклюдовано незначну кількість летких сполук з низькою відносною газонасиченістю (на межі "сухого" газу). Це може свідчити про збіднення лави цими компонентами,

© Наумко Ігор, Скакун Леонід, Бринський Тарас, Сахно Богдан, 2018

коли кристалізація мінералів відбувалася за досить високої температури на межі ліквідуса, що підтверджено петрографічними дослідженнями [3]. Переважання в деяких пробах води є доказом формування лавових потоків у водонасиченому середовищі (на дні моря відповідної глибини).

Склад летких компонентів флюїдних включень у мінералах та закритих порах в андезитах за даними мас-спектрометричного хімічного аналізу

Породи	Номер проби	Каменоломня	Наявність летких сполук		Склад летких сполук
			CO_2	H_2O	
Андезити	KS-46	Лісарня, нижній лавовий потік	+	+	Можлива наявність CO_2 (сліди) за майже 100-відсоткового вмісту H_2O
	KS-46-1	Лісарня, верхній лавовий потік	+	+	Наявність CO_2 за вмісту H_2O > 95 %
	ОНК-1	Онокієвська, нижній лавовий потік	+	+	Сліди CO_2 за меншої, порівняно з пробами KS-46 та KS-46-1, водонасиченості
	ОНК-3	Онокієвська, верхній лавовий потік	+	+	Наявність CO_2 за меншої водонасиченості
	Km-5	Кам'яниця, анталівський комплекс	+	+	Наявність CO_2 за вмісту H_2O > 95 %
	ОРХ-4	Оріховецька, анталівський комплекс	+	+	Сліди CO_2 за низької водонасиченості
	ОС-1	Осойська, перший лавовий потік	–	+	Вміст H_2O низький, CO_2 нема
	ОС-2	Осойська, другий лавовий потік	–	+	
	ОБ-1	Обавинська	+	+	Сліди CO_2 за вмісту H_2O > 98 %
Андезибазальти	IN 01-12	Кольчине	–	–	H_2O і CO_2 нема

Водночас флюїдні включення в прожилковому кальциті з мергелистих вапняків свердловини 1-Лісарня (розташована на північ від м. Мукачево, інтервал 2 490–2 494 м), у яких виявлено рештки форамініфер, близьких до комплексів сеноману Східноєвропейської платформи [1], газово-рідкі. Їхнє наповнення становить 75–80 %, вони містять 7,3 об. % CO_2 і 92,7 об. % CH_4; значення відносної газонасиченості високе – 8,80 Па (порівняно з $1 \cdot 10^{-3}$ Па), а відносної водонасиченості – низьке (13,6 %), що свідчить про "сухість" мігрувального палеофлюїду [5].

Отже, наведені дані доповнюють наші знання [2] про вулканіти Вигорлат-Гутинського пасма. Це породи порфіроподібної дрібнозернистої структури, близької до афірової; мають, імовірно, низькі значення пористості і проникності. У них практично нема летких сполук у включеннях у мінералах і закритих порах. Вони можуть бути флюїдотривами для вірогідних покладів газу й нафти, сформованих висхідними вуглеводневмісними глибинними флюїдами у відкладах платформи, що залягають нижче.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Крупський Ю. З.* Геологія і нафтогазоносність Західного регіону України на початку XXI століття / Ю. З. Крупський // Сучасні проблеми нафтогазової геології : Всеукр. наук.-практ. конф. з міжнар. участю : матеріали. – К. : ІГН НАН України, 2016. – С. 124–127.
2. *Наумко І.* Андезити Вигорлат-Гутинського вулканічного пасма – можливі флюїдотриви пасток вуглеводнів / І. Наумко, Т. Бринський, Л. Скакун // Геологія і геохімія горючих копалин. – 2017. – № 1–2 (170–171). – С. 124–125.
3. Особливості петрохімії та розплавні включення у мінералах андезитів матеківського комплексу в каменоломні Лісарня (Вигорлат-Гутинське вулканічне пасмо, Українські Карпати) / І. Наумко, Л. Скакун, Т. Бринський, Р. Серкіз // Мінерал. зб. – 2017. – № 67, вип. 2. – С. 58–71.
4. *Файф У.* Флюиды в земной коре / У. Файф, Н. Прайс, А. Томпсон. – М. : Мир, 1981. – 436 с.
5. Towards forming conditions of veinlet mineralization in sedimentary oil- and gas-bearing layers of Carpathian region (obtained by data of fluid inclusions research) / I. M. Naumko, Z. I. Kovalyshyn, J. M. Svoren' et al. // Геологія і геохімія горючих копалин. – 1999. – № 3 (108). – С. 83–91.

Стаття: надійшла до редакції 23.07.2018
прийнята до друку 06.08.2018

Ihor Naumko[1], Leonid Skakun[2], Taras Brynskyi[1], Bohdan Sakhno[1]

[1]*Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals of NASU,*
3a, Naukova St., Lviv, Ukraine, 79060,
naumko@ukr.net
brynskyi@gmail.com
[2]*Ivan Franko National University of Lviv,*
4, Hrushevskoho St., Lviv, Ukraine, 79005,
lzskakun@gmail.com

SPECIFIC OF EFFUSIVE PROCESSES GAS MODE DURING THE FORMATION OF ANDESITES OF VYHORLAT-HUTYNSKE VOLCANIC RIDGE

We investigated the melt inclusions in the minerals of andesites of the Vyhorlat-Hutynske volcanic ridge (interfluve Uzh–Latorytsia, quarries of Lisnarnia, Onokivetska, Kamianytsia, Orikhovetska, Osoiska, Obavynska, Kolchine). For the first time, the gas composition in the inclusion of melts in minerals and closed pores in andesites has been determined. It turned out that there are no volatile compounds included in minerals and closed pores in the studied rocks. They can be fluid-resisting for probable deposits of gas and oil, formed by ascending hydrocarbon-bearing deep fluids in the underlay platform rocks.

Key words: melt inclusions, volatile compounds, the regime of mineralogenesis, andesites, Vyhorlat-Hutynske volcanic ridge.

MINERALOGICAL COLLECTION
2018. N 68, Is. 1. P. 142–145
ISSN 2078-6220

МІНЕРАЛОГІЧНИЙ ЗБІРНИК
2018. № 68, вип. 1. С. 142–145
ISSN 2078-6220

УДК 523.681

Кирило Шкуренко

Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка НАНУ, просп. акад. Палладіна, 34, Київ, Україна, 01142,
sirius5@ukr.net

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТОНКОЗЕРНИСТОЇ РЕЧОВИНИ ПРИМІТИВНИХ ХОНДРИТІВ

Наведено структурно-мінералогічні та хімічні особливості тонкозернистої речовини примітивних хондритів. Відповідно до мінерального та хімічного складу виділено три групи такої речовини: збагачену сульфідами, збагачену металом і силікатну. Збагачену сульфідами і металом тонкозернисту речовину діагностовано в ксенолітах, а силікатну – в оболонках хондр і ксенолітів.

Ключові слова: примітивні хондрити, тонкозерниста речовина, хондри, ксеноліти.

Тонкозерниста речовина міститься у складі багатьох хондритів, однак складені нею релікти первісного пилу наявні тільки в примітивних хондритах. Саме це робить її вивчення одним із головних завдань сучасної космічної мінералогії та космохімії.

До примітивних хондритів, у яких наявні релікти тонкозернистого пилу, належать вуглисті хондрити петрологічних типів 1–3 та звичайні хондрити петрологічного типу 3. Характеристики тонкозернистої речовини з хондритів різних петрологічних типів частково відмінні. У вуглистих хондритах, порівняно зі звичайними, вона більш примітивна, містить органічні сполуки та збагачена зернами високотемпературних мінералів, окремі з яких можуть мати досонячне походження [4, 6].

Тонкозерниста речовина примітивних хондритів змінюється за компонентним, мінеральним та хімічним складом не тільки від одного хондрита до іншого, а й в межах одного хондрита [1, 5, 6]. Водночас є низка особливостей, спільних для всієї тонкозернистої речовини [1, 5, 6]:

1) трикомпонентний склад відповідно до розміру зерен (прихованокристалічні, тонкі та, меншою мірою, великі мінеральні зерна);

2) однорідна структура;

3) силікатний склад, який відповідає нормативному високозалізистому олівіну;

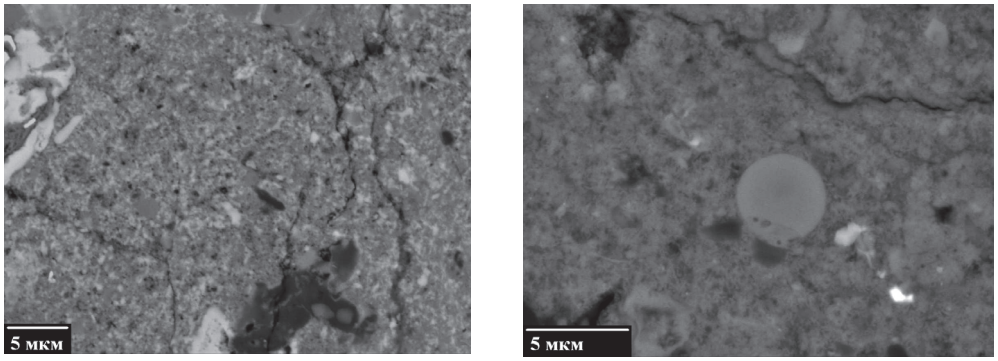
4) наявність уламків хондр та великих силікатних зерен, подекуди агрегатів нікелистого заліза і сульфідів заліза, в акцесорній кількості – високотемпературних мінералів, у поодиноких випадках – мікрохондр;

5) систематично низька (до 94 мас. %) аналітична сума валового хімічного складу внаслідок мікропористості й наявності органічних сполук.

© Шкуренко Кирило, 2018

В окремих хондритах, наприклад, метеориті *Кримка* (LL3.2) [6, 7], наявні тонкозернисті ксеноліти, що дає змогу вивчати тонкозернисту речовину у трьох текстурних одиницях – тонкозернистих ксенолітах, оболонках хондр і ксенолітів та в матриці.

За складом тонкозернистої речовини ксеноліти розділено на три групи [7]: збагачені сульфідами (див. рисунок, *а*), збагачені металом та силікатні (див. рисунок, *б*). Оболонки хондр та ксенолітів і тонкозерниста матриця звичайно мають силікатний склад, проте внутрішні ділянки оболонок іноді збагачені сульфідами [2].



а *б*

Сканувальне електронно-мікроскопічне зображення у відбитих електронах тонкозернистої речовини в полірованому шліфі метеорита *Кримка* (LL3.2):

а – збагачена сульфідами (ясно-сіре) речовина, яка містить тонкі й великі силікатні (сіре, темно-сіре) та металеві (біле) зерна; *б* – силікатна речовина з олівіновою мікрохондрою (темно-сіре).

Збагачену сульфідами тонкозернисту речовину виявлено в ксенолітах К1, К3 та ВК13 метеорита *Кримка* (LL3.2) [3, 6, 7, 9], де вона представлена тонкозернистою сумішшю силікатів, троїліту, органічних сполук і металевих частинок та вміщує великі нерівноважні за складом уламки олівіну й піроксену. У ксенолітах К1 і К3 діагностовано мікрокристали графіту [3, 9]. Серед високотемпературних мінералів наявні шпінель, гібоніт, перовськіт і анортит. Іноді наявні мікрохондри. За валовим хімічним складом тонкозерниста речовина відповідає вуглистій речовині [9].

Тонкозерниста речовина, збагачена металом, рідкісна, її виявлено в ксеноліті ВК16 метеорита *Кримка* (LL3.2) [7, 8]. Порівняно з силікатно-сульфідною тонкозернистою речовиною, вона має підвищений вміст нікелистого заліза (мікронні й субмікронні зерна металу) і складена олівіном, піроксеном, нікелистим залізом та рідкісними мелілітом, перовськітом, вторинним кальцитом. Сульфіди заліза трапляються в незначній кількості. Серед великих зерен є піроксени, олівін, метал, сульфіди заліза, плагіоклаз, акцесорна шпінель [8].

Оболонки хондр і ксенолітів складені силікатною тонкозернистою речовиною [2], яка має однорідну будову та підвищений уміст FeO і SiO_2. Головними мінералами є олівін та піроксени, другорядними – сульфіди заліза й нікелисте залізо, акцесорними – плагіоклаз, хроміт, Ca-фосфат, рідкісними високотемпературними – анортит, мелілiт, шпінель, корунд [2]. Мікрохондри в цій речовині – типовий акцесорний компонент. Валовий хімічний склад відповідає нормативному високозалізистому олівіну $Fa_{72,2}$. Співвідношення SiO_2/MgO та FeO/(FeO+MgO) у ньому змінюються в широких межах [1]. Іноді внутрішні ділянки оболонок збагачені сульфідами [2].

Отже, силікатна тонкозерниста речовина, на відміну від тонкозернистої речовини, збагаченої сульфідами та/або металом, формувалась у пиловому середовищі, збідненому тугоплавкими компонентами. Її хімічний склад змінюється в широких межах, що свідчить про високий ступінь її окиснення та хімічну неоднорідність на мікромасштабному рівні пилової компоненти протопланетної туманності. Крім того, вона зазнала часткового переплавлення, про що свідчить підвищений вміст мікрохондр.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Семененко В. П.* Хімічна неоднорідність тонкозернистої речовини в метеориті Кримка (LL3.1) / В. П. Семененко, К. О. Шкуренко, А. Л. Гіріч // Мінерал. журн. – 2014. – Т. 36, № 4. – С. 39–49.
2. *Шкуренко К.* Мінералогія тонкозернистої речовини оболонок хондр з метеорита *Кримка* (LL3.1) / К. Шкуренко, В. Семененко // Мінерал. зб. – 2015. – № 65, вип. 1. – С. 53–63.
3. Carbonaceous xenoliths from the Krymka chondrite as probable cometary material / V. P. Semenenko, E. K. Jessberger, M. Chaussidon et al. // 66th Annual Meteoritical Society Meeting. – Institut für Planetologie, Münster, German, 2003. – P. 5005.
4. *Loddes K.* Presolar grains from meteorites: Remnants from early times of the solar system / K. Loddes, S. Amari // Chemie der Erde. Geochemistry. – 2005. – Vol. 65. – P. 93–166.
5. *Metzler K.* Constraints on chondrite agglomeration from fine-grained chondrule rims / K. Metzler, A. Bishoff // Chondrules and the Protoplanetary Disk (eds. Hewins R. H., Jones R. H., Scott E. R. D.). – New York, USA : Cambridge University Press, 1996. – P. 153–161.
6. Mineralogy of fine-grained material in the Krymka (LL3.1) chondrite / V. P. Semenenko, A. Bishoff, I. Weber, A. L. Girich // Meteoritics and Planetary Science. – 2001. – Vol. 36. – P. 1067–1085.
7. *Semenenko V. P.* A variety of lithic fragments in the Krymka (LL3.1) chondrite / V. P. Semenenko, A. L. Girich // Meteoritics and Planetary Science. – 2001. – Vol. 36, N 9. – P. A187.
8. *Semenenko V. P.* The probable primitive H-material in the Krymka chondrite / V. P. Semenenko, A. L. Girich // 68th Annual Meteoritical Society Meeting, 2005. – P. 5013.
9. TEM investigation of a “mysterite” inclusion from the Krymka LL-chondrite: preliminary results / I. Weber, V. P. Semenenko, T. Stephan, E. K. Jessberger // 34 Lunar and Planetary Science. – 2003. – P. 1535.

Стаття: надійшла до редакції 23.07.2018
прийнята до друку 06.08.2018

Kyrylo Shkurenko

M. P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NASU, 34, Acad. Palladin Av., Kyiv, Ukraine, 03680,
sirius5@ukr.net

GENERAL FEATURES OF FINE-GRAINED MATERIAL OF PRIMITIVE CHONDRITES

Chemical and mineralogical features of fine-grained material in primitive chondrites are described. According to mineralogical and chemical composition, three groups of fine-grained material have been distinguished: sulphide-rich, metal-rich and silicate. Sulphide-rich and metal-rich ones have been detected inside the fine-grained xenoliths, the silicate – in the rims of xenoliths and chondrules. It has been determined that a silicate fine-grained material, unlike fine-grained material enriched with sulphides and/or metal, was formed in a dust medium depleted by refractory components.

Key words: primitive chondrites, fine-grained material, chondrules, xenoliths.

MINERALOGICAL COLLECTION
2018. N 68, Is. 1. P. 146–148
ISSN 2078-6220

МІНЕРАЛОГІЧНИЙ ЗБІРНИК
2018. № 68, вип. 1. С. 146–148
ISSN 2078-6220

УДК 552.63:549

Віра Семененко, Аеліта Гіріч, Наталія Кичань

Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка НАНУ, просп. акад. Палладіна, 34, Київ, Україна, 01142,
cosmin@i.ua

СТРУКТУРНО-МІНЕРАЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТЕОРИТА З УМОВНОЮ НАЗВОЮ “ВЕЛИКА БАЛКА”

Наведено структурно-мінералогічну характеристику кам’яного метеорита з умовною назвою “Велика Балка”, який передав у Комітет по метеоритах НАН України мешканець Одеси В. Лук’янець. Метеорит класифіковано як хондрит L4-5 з ударною стадією S3 та ступенем звітрювання W3.

Ключові слова: метеорит, хондрит, хондри, ознаки ударного метаморфізму.

У червні 2016 р. після попереднього листування й надісланих фотографій від мешканця Одеси Володимира Володимировича Лук’янця у Комітет по метеоритах НАН України надійшов взірець кам’яного метеорита (?) для підтвердження його космічної природи та класифікації.

За словами власника, взірець знайдено у червні 2015 р. в с. Велика Балка Одеської обл. неподалік від однієї з закинутих вапнякових шахт (46°34’N; 30°35’E). Камінь зацікавив наявністю кори плавлення і високою густиною. Місцеві шахтарі розповідали (що досить неякісно зафіксовано аудіопристроєм) про численні знахідки подібного каміння у вапняках і постійний вихід з ладу пилок унаслідок зіткнення з ними. Це дало В. Лук’янцю підстави припустити викопний характер метеорита і його перебування певний час на поверхні землі. За даними одесита, взірець призмоподібної форми цілком покритий чорно-бурою корою плавлення, має розміри 14 × 10 × 8 см і вагу 5,557 кг.

Структурно-мінералогічні дослідження, виконані у відділі космоекології та космічної мінералогії ІГМР НАН України, свідчать про таке.

На поверхні кори плавлення метеорита нема жодних ознак його тривалого перебування у вапняках, а також слідів пилки, що ставить під сумнів викопний характер метеорита.

Текстура метеорита реліктова хондритова, характерний підвищений вміст макрохондр і чорні ударні жилки. Будова хондр порфірова, скляна, в окремих випадках – колосникова й повнокристалічна, а макрохондр – порфірова. Скло в хондрах слабко розкристалізоване. Матриця нерівномірнозерниста, полімінеральна.

Мінеральний склад ординарний хондритовий: головні мінерали – олівін, піроксен, троїліт, нікелисте залізо (теніт, камасит, грубий плесит); другорядні – Са-піроксен, плагіоклаз, маскелініт; акцесорні – хроміт, фосфат. На відміну від хондр, у матриці вищий вміст зерен Fe,Ni-металу і троїліту, які до того ж мають більший розмір.

© Семененко Віра, Гіріч Аеліта, Кичань Наталія, 2018

За даними мікрозондового аналізу, у середньому склад олівіну (11 аналізів) відповідає $Fa_{24,5(0,40)}$*, піроксену (шість аналізів) – $Fs_{20,6(0,34)}En_{78,2(0,28)}Wo_{1,18(0,24)}$, Ca-піроксену (два аналізи) – $Fs_{8,47(0,12)}En_{47,5(0,46)}Wo_{44,1(0,58)}$, плагіоклазу (один аналіз) – $Ab_{86,2}An_{7,83}Or_{6,02}$, а хроміту притаманний підвищений уміст тугоплавких компонентів (межі за трьома аналізами), мас. %: MgO – 2,48–3,36; Al_2O_3 – 1,29–1,38; TiO_2 – 2,85–2,90; V_2O_5 – 0,57–0,65. За даними енергодисперсійних досліджень, камасит у середньому містить (14 аналізів) 6,26 Ni (стандартне відхилення – 0,56) і 1,35 мас. % Co (0,25), теніт (20 аналізів) – 33,4 Ni (7,36) і 0,62 Co (0,25), плесит (два аналізи) – 11,6 Ni (0,74) і 0,89 мас. % Co (0,11).

У хондриті наявні такі ознаки ударного метаморфізму:

– чорні ударні жилки й окремі ділянки, які заповнені маскелінітом, типовими жилкуватими, кулястими, сітчастими, комірчастими і пилоподібними структурами плавлення головно троїліту, а також скупченнями мікрокристалів хроміту, окремі з яких представлені двома–трьома системами паралельних пластинок або ниткоподібних кристалів, що нетипово для морфології хроміту і може бути зумовлено дуже високою швидкістю охолодження ударного розплаву;

– полікристалічна будова зерен камаситу і троїліту з елементами додаткової деформації;

– наявність мікрографічного плеситу в теніті та деформаційних пластинок у троїліті;

– хвилясте й мозаїчне загасання зерен олівіну.

Ходрит містить типові ознаки нерівномірного звітрювання за земних умов: різний ступінь заміщення зерен Fe,Ni-металу і троїліту гідроксидами заліза, яке домінує в камаситі, прожилки гідроксидів заліза по міжфазових межах мінералів і тріщинах у силікатах.

За структурно-мінералогічними характеристиками і хімічним складом мінералів метеорит класифіковано як хондрит L4-5 з ударною стадією S3 та ступенем звітрювання W3.

За результатам виконаних досліджень хондриту дали умовну назву “Велика Балка”, оскільки зроблено висновок про сумнівність даних щодо його знахідки не тільки у вапняках, а й загалом на території України. Велика ймовірність його купівлі на одному з метеоритних базарів поза межами України і надання недостовірних даних з метою легалізації взірця та його подальшого продажу за вищою ціною.

Стаття: надійшла до редакції 23.07.2018
прийнята до друку 06.08.2018

* У дужках наведено стандартне відхилення.

Vira Semenenko, Aelita Hirich, Nataliia Kychan

M. P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NASU, 34, Acad. Palladin Av., Kyiv, Ukraine, 03680,
cosmin@i.ua

STRUCTURAL-MINERALOGICAL CHARACTERISTICS OF METEORITE WITH THE PROVISIONAL NAME "VELYKA BALKA"

The structural-mineralogical characteristic of a stony meteorite with the provisional name "Velyka Balka" is given; meteorite was submitted to the Committee on Meteorites of the National Academy of Sciences of Ukraine by inhabitant of Odesa V. Lukianets. The meteorite is classified as chondrite L4-5 with the shock stage S3 and the degree of weathering W3.

Key words: meteorite, chondrite, chondrules, signs of shock metamorphism.

MINERALOGICAL COLLECTION
2018. N 68, Is. 1. P. 149–152
ISSN 2078-6220

МІНЕРАЛОГІЧНИЙ ЗБІРНИК
2018. № 68, вип. 1. С. 149–152
ISSN 2078-6220

УДК 523.681

Наталія Кичань, Аеліта Гіріч

Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка НАНУ, просп. акад. Палладіна, 34, Київ, Україна, 01142,
cosmin@i.ua

СТРУКТУРИ УДАРНОГО МЕТАМОРФІЗМУ В МЕТЕОРИТІ “ВЕЛИКА БАЛКА”

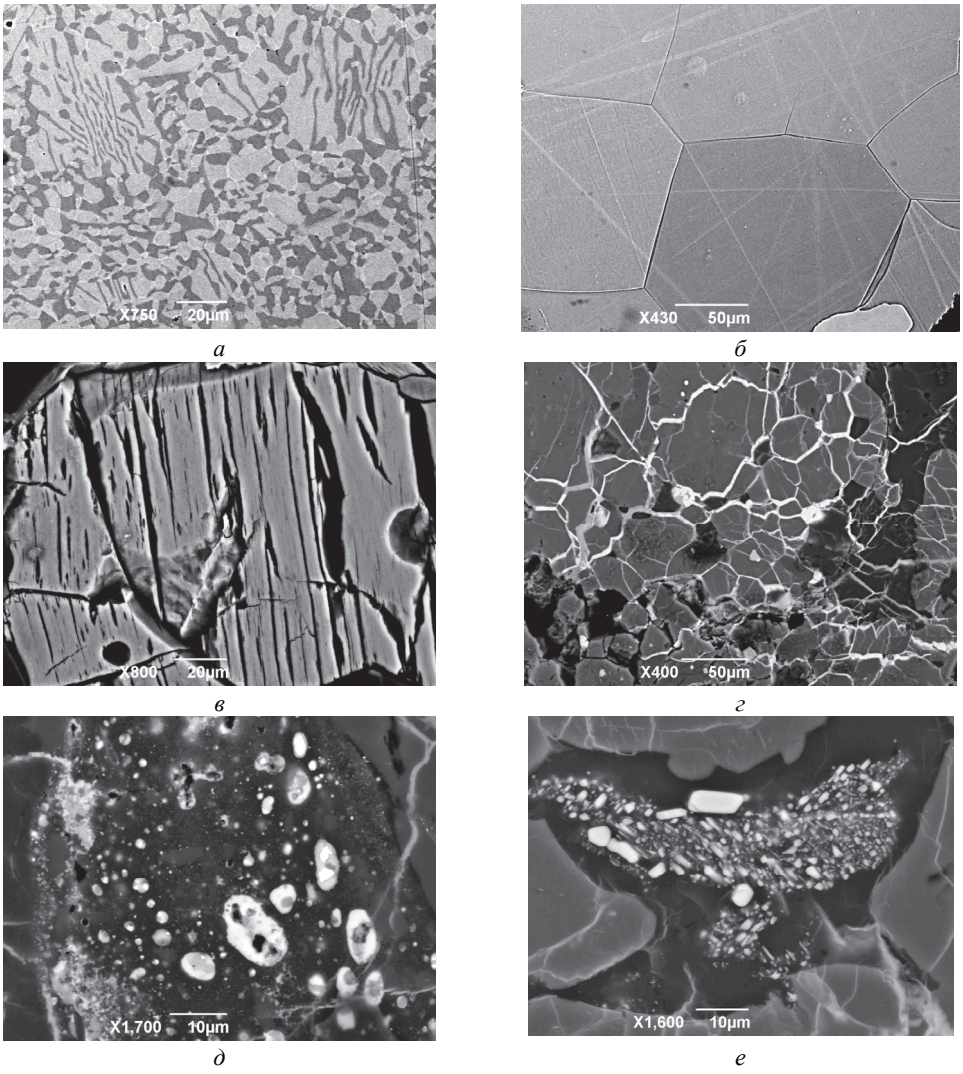
Наведено результати оптично-мікроскопічного та сканувального електронно-мікроскопічного дослідження структур ударного метаморфізму метеорита “Велика Балка”. Згідно з результатами досліджень, ступінь ударно-метаморфічного перетворення метеорита відповідає стадії S3. В історії материнського тіла метеорита виділено декілька співударянь.

Ключові слова: хондрит, нікелисте залізо, троїліт, ударний метаморфізм.

Структурно-мінералогічні дослідження нового метеорита з умовною назвою “Велика Балка” засвідчили, що він належить до звичайних хондритів хімічної групи L та петрологічного типу 4-5 (див. у цьому збірнику працю В. Семененко, А. Гіріч, Н. Кичань “Структурно-мінералогічна характеристика метеорита з умовною назвою “Велика Балка”). Однією з характерних особливостей метеорита є наявність різноманітних структур ударного метаморфізму, які свідчать про зіткнення материнського тіла хондрита з іншими тілами в поясі астероїдів. До них належать структури крихких (зсув деформаційних пластинок і монокристалів у троїліті) та пластичних деформацій (наявність деформаційних пластинок у троїліті та зігнутих зерен зонального теніту, орієнтована структура мікрографічного плеситу), структури ударного нагрівання (полікристалічна будова зерен камаситу і троїліту, зональний теніт, мартенситовий і мікрографічний плесит, троїліт вторинної генерації), а також структури плавлення (пилоподібні й сітчасті структури троїліту, чорні ударні жилки та ділянки плавлення в силікатах).

Нікелисте залізо, яке є одним з найінформативніших мінералів щодо вивчення впливу ударного метаморфізму на материнське тіло метеорита, представлене камаситом, тенітом, тонко- і грубоструктурним плеситом (див. рисунок, *а*). Більші за розміром зерна складені, головно, камаситом або його зростками з тенітом, а менші – зональним тенітом, інколи грубоструктурним плеситом. Серед зерен камаситу за формою розрізняють великі амебоподібні з гладкими краями й невеликою кількістю включень та менші округлі або овальні без включень. Великі зерна камаситу, зазвичай, мають полікристалічну будову (див. рисунок, *б*). Уздовж межі монокристалів розвинуті прожилки гідроксидів. Хімічний склад нікелистого заліза відрізняється не тільки від зерна до зерна, а й у межах зерен (див. таблицю). За даними енергодисперсійних досліджень (ЕДС), вміст Ni в плеситі (два аналізи) коливається в межах 11,1–12,14 мас. %, Co – 0,81–0,97 мас. %.

© Кичань Наталія, Гіріч Аеліта, 2018



а *б* *в* *г* *д* *е*

Сканувальне електронно-мікроскопічне зображення у відбитих електронах хондрита “Велика Балка”, полірований шліф:

а – мікрографічна структура плеситу; *б* – полікристалічна будова зерна камаситу (сіре), біле – теніт; *в* – деформаційні пластинки у троїліті; *г* – частково звітрені (ясно-сіре) жилкуваті структури плавлення троїліту (біле), розвинуті по міжфазових межах і тріщинах силікатів (темно-сіре); *д* – ударна чорна жилка, яка містить сітчасті структури плавлення троїліту (стрілка), та округлі евтектичні структури сумісного плавлення камаситу і троїліту; *е* – ідіоморфні мікрокристали хроміту в маскелініті.

Троїліту, як і камаситу, притаманна полікристалічна будова. Уздовж меж монокристалів, зміщених унаслідок ударного метаморфізму, широко розвинені прожилки гідроксидів заліза. Окремі зерна містять силікатні включення. Трапляються зерна сульфіду заліза незвичайної смугастої будови, яка утворилася внаслідок зсування деформаційних пластинок (див. рисунок, *в*). Такі зерна, за даними енергодисперсійних досліджень,

мають знижений уміст Fe та підвищений – S і Ni. Проте без прецизійних даних щодо складу ці сульфідні зерна однозначно не діагностовано. У метеориті поширені пилоподібні, жилкуваті (див. рисунок, *г*) та сітчасті структури плавлення троїліту й евтектичні структури сумісного плавлення троїліту і нікелистого заліза. Чорні ударні жилки (див. рисунок, *д*) складені слабко розкристалізованим склом і містять дрібні зерна силікатів та численні структури плавлення троїліту, інколи Fe,Ni-металу (пилоподібні, сітчасті, комірчасто-сітчасті, округлі евтектичні та ін.). Окремі ділянки ударного плавлення в силікатах складені маскелінітом (нормативним плагіоклазом) і звичайно містять численні ідіоморфні мікрокристали хроміту (див. рисунок, *е*).

Хімічний склад нікелистого заліза і троїліту в хондриті “Велика Балка” (L4-5) за даними енергодисперсійних досліджень, мас. %

Елемент	Камасит (n = 14)		Теніт (n = 20)		Троїліт (n = 11)	
	межі	середнє	межі	середнє	межі	середнє
Fe	90,9–93,0	92,2	49,0–72,5	65,8	60,8–62,8	61,8
Ni	5,19–7,58	6,26	25,8–49,9	33,4	Н. в.–0,25	0,06
Co	0,93–1,77	1,35	Н. в.–1,32	0,62	Н. в.– 0,75	0,20
Cu	Н. в.–0,44	0,03	Н. в.–0,67	0,11	Н. в.	Н. в.
Cr	Н. в.–0,21	0,05	Н. в.–0,18	< 0,02	Н. в.–0,11	< 0,01
S	Н. в.–0,24	0,03	Н. в.–0,42	0,03	36,8–38,5	37,8
P	Н. в.–0,23	< 0,02	Н. в.–0,31	0,03	Н. в.–0,45	0,09
Si	Н. в.–0,34	< 0,02	Н. в.–0,49	< 0,02	Н. в.–0,25	0,04
Сума		100		100		100

П р и м і т к и: n – кількість аналізів; Н. в. – не визначено.

Отже, виявлені численні структури ударного метаморфізму свідчать про складну космічну історію материнського тіла метеорита “Велика Балка”. Значне поширення структур плавлення є доказом того, що в деяких локальних ділянках ударна температура сягала температури плавлення троїліту та нікелистого заліза – від 988 до 1 455 °С (температура плавлення троїліту і нікелистого заліза, відповідно). Дослідження деформаційних пластинок, які в монокристалах полікристалічних зерен троїліту мають різне орієнтування, дає підстави для висновку, що в космічній історії материнського тіла метеорита було декілька співударянь. З урахуванням усіх цих змін загальний вплив ударного метаморфізму на первинні структурно-мінералогічні характеристики хондрита можна оцінити як помірний, тобто значення ударного тиску досягало 15–20 ГПа, що, згідно з міжнародною шкалою Штоффлера та ін. (Stöffler, Keil, Scott, 1991), відповідає стадії S3.

Стаття: надійшла до редакції 23.07.2018
прийнята до друку 06.08.2018

Nataliia Kychan, Aelita Hirich

M. P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NASU, 34, Acad. Palladin Av., Kyiv, Ukraine, 03680,
cosmin@i.ua

STRUCTURES OF SHOCK METAMORPHISM IN METEORITE "VELYKA BALKA"

The results of optical microscopic and scanning electron microscopic study of the meteorite "Velyka Balka" are given. The data show the evidences of a shock metamorphism in the meteorite as S3 stage. It is assumed a few collisions during the history of a parent body of the meteorite.

Key words: chondrite, nickel iron, troilite, shock metamorphism.

MINERALOGICAL COLLECTION
2018. N 68, Is. 1. P. 153–155
ISSN 2078-6220

МІНЕРАЛОГІЧНИЙ ЗБІРНИК
2018. № 68, вип. 1. С. 153–155
ISSN 2078-6220

УДК 552.61:549.2

Світлана Ширінбекова[1], Олександр Андрєєв[2]

[1]*Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка НАНУ, просп. акад. Палладіна, 34, Київ, Україна, 01142, svetlana_shirinbekova@ukr.net*
[2]*ННІ "Інститут геології", Київський національний університет імені Тараса Шевченка, вул. Васильківська, 90, Київ, Україна, 03022, andreev@univ.kiev.ua*

ОСОБЛИВОСТІ ЗВІТРЮВАННЯ ФОСФІДІВ У РЕЧОВИНІ ЗАЛІЗНОГО МЕТЕОРИТА *КААЛІ*

Наведено характеристику фосфідів, виявлених у залізному метеориті *Каалі* (IAB). Шрейберзит і його морфологічний різновид рабдит добре збереглися в лімоніті завдяки підвищеній стійкості до хімічного звітрювання. За ступенем збереженості серед зерен фосфідів виділено незмінені зерна, частково звітрені та суцільно заміщені. Наявність структури крихкої деформації у вигляді закономірних тріщин за спайністю та брекчіювання звітрілих зерен фосфідів свідчить про зв'язок між їхнім окисненням за земних умов і структурами ударного метаморфізму в метеоритній речовині.

Ключові слова: залізний метеорит, шрейберзит, рабдит, хімічне звітрювання, структури крихкої деформації.

Речовина залізного метеорита *Каалі* (IAB) зазнала значних структурно-мінералогічних змін під час тривалого звітрювання у природно-кліматичному середовищі острова Сааремаа, Естонія [1, 2, 5, 6]. Лімонітизація здебільшого поширились у матриці камациту (α-Fe,Ni), менше – на ділянках плеситу в зональних пластинках тенiту (γ-Fe,Ni) [7]. Водночас зерна фосфідів – шрейберзиту $(Fe,Ni)_3P$ та його морфологічного різновиду рабдиту – добре збереглися в лімоніті завдяки підвищеній стійкості до хімічного звітрювання [5]. Включення фосфідів значно менш окиснені, порівняно з камаситом, поодинокі тріщинуваті зерна шрейберзиту чітко виділені на тлі гідроксидів заліза в ударно-метаморфізованих взірцях [4].

Серед зерен фосфідів у речовині дослідженого метеоритного взірця за ступенем збереженості виділено три групи: незмінені зерна, частково звітрені та суцільно заміщені. До незмінених належить більшість ідіоморфних зерен рабдиту розміром одиниці–перші десятки мікрометрів з поширеною чотирикутною і малопоширеною трикутною формою перерізу, а також видовжені пластинки й ниткоподібні кристали завдовжки десятки–сотні мікрометрів. Незмінені зерна фосфідів містяться серед неокисненого нікелистого заліза, на межі з локальними звітреними ділянками звивистої форми у матриці камациту, у великій центральній звітрілій ділянці взірця. Подекуди вони виглядають контрастніше на тлі дисперсних і плямистих корозійних продуктів, а завдяки значній твердості

© Ширінбекова Світлана, Андрєєв Олександр, 2018

бувають чітко окреслені серед нікелистого заліза. Незмінені зерна фосфідів містять у середньому (дев'ять аналізів, у дужках – межі вмісту), мас. %: Fe – 41,0 (37,6–43,7); Ni – 45,0 (40,2–50,4); P – 13,3 (11,6–14,5); аналітична сума – 99,4 (97,3–101,5).

Декілька частково звітрілих, тріщинуватих та брекчійованих зерен рабдиту і шрейберзиту пов'язано з локальними периферійними заміщеними ділянками у взірці та великою центральною. Пластинка рабдиту зазнала обмеженої корозії на перетині з локальною плямою лімоніту в матриці камаситу. В агрегаті пластинки теніту із зернами погранично-зернистого шрейберзиту наявні обидві мінеральні фази, слабко окиснені на межі зі звітрілою матрицею камаситу.

Рідкісні включення суцільно заміщених зерен рабдиту відшукали в центральній звітрілій ділянці. Поодиноку псевдоморфозу лімоніту по рабдиту виявлено серед неокисненого α-(Fe,Ni)-металу. Середній (за двома аналізами) хімічний склад псевдоморфози лімоніту такий, мас. %: Fe – 44,2; Ni – 3,35; P – 3,50; Co – 0,27; Cu – 0,06; Ca – 1,30; Si – 0,44; Ti – 0,12; Al – 0,09; Mg – 0,09; Na – 0,11; K – 0,03; Cl – 0,03; S – 0,02; сума – 53,50.

З'ясовано, що протягом звітрювання метеоритної речовини відбувалася міграція хімічних елементів: з фосфідів виносилися Fe, Ni, P, натомість привносилися Ca та Si з навколишнього середовища (скельного ґрунту), у якому протягом кількох тисячоліть [3] перебував взірець метеорита *Каалі*. Про міграцію елементів в інших звітрілих взірцях цього метеорита повідомляли попередні дослідники [6].

Отже, у звітрілому взірці октаедриту *Каалі* більшість зерен фосфідів збереглася добре. Наявність структури крихкої деформації у вигляді закономірних тріщин за спайністю та брекчіювання звітрілих зерен фосфідів свідчить про зв'язок між їхнім окисненням за земних умов і структурами ударного метаморфізму в метеоритній речовині.

Список використаної літератури

1. *Аалоэ А. О.* Новые данные о метеоритных кратерах на острове Сааремаа / А. О. Аалоэ // Метеоритика. – 1958. – Вып. 16. – С. 108–114.
2. Вторичные минералы и структуры железных осколков метеорита Каали / И. А. Юдин, В. Н. Логинов, В. Г. Гмыра и др. // Астроном. вестн. – 1982. – Т. 16, вып. 4. – С. 231–237.
3. *Моора Т. Х.* Новые данные о строении и возрасте Каалиских метеоритных кратеров (о-в Сааремаа, Эстония) / Т. Х. Моора, А. В. Раукас // Геоморфология. – 2012. – № 3. – С. 93–103.
4. *Семененко В. П.* Признаки ударного метаморфизма в метеорите Каали / В. П. Семененко, Л. Г. Самойлович, И. С. Козлов // Метеоритика. – 1982. – Вып. 41. – С. 96–100.
5. *Юдин И. А.* К минералогии метеорита Каали / И. А. Юдин // Метеоритика. – 1968. – Вып. 28. – С. 44–50.
6. *Юдин И. А.* Минералогия метеоритов / И. А. Юдин, В. Д. Коломенский. – Свердловск : Урал. НЦ АН СССР, 1987. – 200 с.
7. *Buchwald V. F.* Handbook of Iron Meteorites / V. F. Buchwald. – California : Univ. of California Press, 1975. – Vol. 2. – P. 704–707.

Стаття: надійшла до редакції 23.07.2018
прийнята до друку 06.08.2018

Svitlana Shyrinbekova[1], Oleksandr Andrieiev[2]

[1]*M. P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NAS of Ukraine,*
34, Acad. Palladin Av., Kyiv, Ukraine, 03680,
svetlana_shirinbekova@ukr.net
[2]*Institute of Geology, Taras Shevchenko National University of Kyiv,*
90, Vasylkivska St., Kyiv, Ukraine, 03022,
andreev@univ.kiev.ua

FEATURES OF WEATHERING OF PHOSPHIDES IN IRON METEORITE *KAALI*

The characteristic of phosphides found in *Kaali* iron meteorite (IAB) is given. Schreiberzite and its morphological variety rhabdite are well preserved in limonite due to increased resistance to chemical weathering. By the degree of preservation, we distinguished among phosphide grains (1) the unaltered ones, (2) partially weathered and (3) completely replaced. The presence of a structure of brittle deformation in the form of natural fractures by cleavage as well as brecciation of weathered phosphide grains indicates the connection between their oxidation under earth conditions and structures of shock metamorphism in meteoritic matter.

Key words: iron meteorite, schreiberzite, rhabdite, chemical weathering, structures of brittle deformation.

MINERALOGICAL COLLECTION
2018. N 68, Is. 1. P. 156–159
ISSN 2078-6220

МІНЕРАЛОГІЧНИЙ ЗБІРНИК
2018. № 68, вип. 1. С. 156–159
ISSN 2078-6220

УДК 551.311.231:553.81:550.812.1(571.56)

Николай Зинчук

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

ДРЕВНИЕ КОРЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ В КОМПЛЕКСЕ АЛМАЗОПОИСКОВЫХ РАБОТ

Кратко описано древние коры выветривания, развитые на породах трапповой формации и кимберлитах в пределах Малоботуобинского, Далдыно-Алакитского и Среднемархинского алмазоносных районов Сибирской платформы. Охарактеризовано закономерности изменения различных пород и разнообразные факторы, значимые для формирования элювиальных продуктов. Такие данные (для применения их в практике поисковых работ на алмаз) можно получить только в случае проведения комплексных оптических, электронно-микроскопических и структурно-кристаллохимических исследований.

Ключевые слова: кора выветривания, типоморфизм минералов, смешаннослоистые образования, комплексные исследования минералов, поиски алмазов, Сибирская платформа.

Коры выветривания (КВ) возникают в случае благоприятного соотношения интенсивности выветривания, глубины возможного корообразования и скорости размывания. Интенсивность выветривания резко возрастает с повышением температуры и увеличением количества выпадающих осадков. Значение также имеет обилие гумусового вещества, обладающего кислотными свойствами. Мощность КВ во многом зависит от глубины залегания грунтовых вод.

На древних платформах (Сибирской, Африканской, Восточно-Европейской, Китайской и др.) широко распространены остаточные КВ на различных породах. Наиболее детально мы с коллегами изучили их на Сибирской платформе – в Малоботуобинском (МБАР), Далдыно-Алакитском (ДААР) и Среднемархинском (СМАР) алмазоносных районах, где благоприятные условия для формирования КВ были в позднем девоне–раннем карбоне и среднем–позднем триасе. Выветриванию в этот период подвергались терригенно-карбонатные породы PZ_1, долериты, туфы и туфобрекчии трубочных тел, туфогенные образования корвунчанской свиты T_1 и кимберлиты. Структурно древние КВ приурочены, в основном, к конседиментационным палеоподнятиям, где в период формирования перекрывающих их отложений развивались обстановки денудационных и денудационно-аккумулятивных равнин. В конседиментационных палеовпадинах, служивших местами аккумуляции переотложенного материала КВ, наоборот, были неблагоприятные условия для интенсивного корообразования.

В МБАР сравнительно наиболее полные и мощные (до 15 м) площадные остаточные КВ на нижнепалеозойских терригенно-карбонатных породах развивались (а затем сохранились от размывания) на Улу-Тогинском, Мирнинском, Джункунском и Черны-

© Зинчук Николай, 2018

шевском палеоподнятиях, обрамляющих Кюеляхскую, Улахан-Ботуобинскую и Ахтарандинскую впадины.

В некоторых алмазоносных районах СП зафиксировано развитие КВ на породах трапповой формации. Их детально изучено на юго-восточной окраине Тунгусской синеклизы. Площадная остаточная КВ ($T_{2–3}$) развита на трапповом плато в северо-западной части района. Вместе с породами субстрата она сохранилась от размывания в послераннеюрское время только в понижениях плато или в тектонически опущенных блоках. Мощность КВ на долеритах обычно составляет первые метры, лишь в отдельных разрезах достигает 50 м и более. Обычно от размывания сохраняется только нижняя часть КВ – зона дезинтеграции. Характерные минералы выветрелых долеритов – в разной степени изменённые плагиоклазы (андезин–битовнит) и гейландит. В целом такие же минералы лёгкой фракции выявлены в КВ туфов и туфобрекчий трубок взрыва трапповых пород различных частей района, а также туфогенных образований корвунчанской свиты, характерных для северо-западной части района. Вверх по разрезу в породах трапповой формации обычно увеличивается содержание олигоклаза. Типоморфным минералом тяжёлой фракции выветрелых пород является ильменит. Отличительной особенностью глинистых минералов в слабо изменённых профилях КВ долеритов является сохранение Mg-Fe^{3+}-монтмориллонита до тех пор, пока в породах есть собственно вермикулит, который в верхних частях профиля вследствие гомогенизации переходит в неупорядоченную вермикулит-монтмориллонитовую смешанослоистую фазу. В наиболее зрелых профилях фиксируют переменное количество примеси каолинита.

Особо интересны типоморфные особенности продуктов выветривания кимберлитов, в которых могут сохраняться устойчивые минералы этих пород – алмазы и их парагенетические спутники (пироп, пикроильменит, хромшпинелиды и др.). В глинистой составляющей КВ кимберлитов есть серпентин, хлорит, вермикулит, а также монтмориллонит, монтмориллонит-гидрослюдистая смешанослоистая фаза и гидрослюда. В октаэдрических сетках структуры разбухающих минералов, судя по значениям параметра элементарной ячейки b = 0,893 нм, содержатся, главным образом, Fe^{3+} и Al. В нижней и средней части разреза КВ кимберлитов этой смешанослоистой фазе присуща тенденция к упорядоченному чередованию пакетов.

Продолжительность периодов корообразования (происходило в условиях влажного тёплого климата и относительно хорошего дренирования территории) существенно влияла на мощность элювиальных толщ и количество алмазов, высвобождающихся из этих толщ при их образовании либо непосредственно на кимберлитах, либо в продуктах их ближнего переотложения во вторичных коллекторах. Оценивая с этих позиций материалы о древних КВ на территории всей СП и наиболее богатых алмазами МБАР, ДААР и СМАР, можно сделать вывод, что в позднем девоне–раннем карбоне и среднем–позднем триасе здесь были благоприятные условия для интенсивного корообразования. Об этом свидетельствуют сохранившиеся от размывания мощные КВ с высокозрелыми верхними горизонтами. Однако непосредственно в КВ россыпи алмазов фиксируют только над кимберлитовыми трубками.

Переотложение продуктов выветривания вблизи областей денудации, накопление их, в основном, в пресноводных континентальных водоёмах, небольшая мощность сформировавшихся осадочных толщ и незначительные их погружения – всё это определило слабое гидрохимическое воздействие среды на аллотигенные минералы, а также отсутствие наложенных на них процессов каталитического преобразования. Эти условия привели к тому, что глинистые минералы верхнепалеозойских и мезозойских отло-

жений алмазоносных районов СП, связанные, преимущественно, с процессами переотложения различных продуктов КВ, определённым образом наследовали структурные и кристаллохимические особенности минералов из элювиальных толщ. Это даёт возможность использовать выявленные типоморфные признаки отдельных минералов разных фракций, а также геохимические особенности выветрелых пород для идентификации в осадочных толщах продуктов, поступивших из различных источников снова и связанных с гипергенными изменениями пород разного химического и минерального состава.

Выявлено сходство тектонического развития и геологического строения МБАР и ДААР с остальной территорией восточного борта Тунгусской синеклизы в позднепалеозойское время, а в мезозое – МБАР со всей зоной Ангаро-Вилюйского прогиба и северо-западным бортом Вилюйской синеклизы. В комплексе с обнаруженными особенностями накопления продуктов выветривания это даёт основания для того, чтобы распространить полученные закономерности на обширные соседние территории, которые в будущем могут стать новыми алмазоносными провинциями.

Проведенные исследования свидетельствуют, что, наряду с минералогическими особенностями исходных пород и гидрогеохимическими условиями среды, важное значение при формировании элювиальных продуктов имеют такие три фактора: 1) степень структурной упорядоченности первичных минералов; 2) унаследованность этих свойств вновь возникающими фазами; 3) универсальность процесса преобразования гипогенных и образования гипергенных минералов в профилях выветривания, развитых на разных породах. В продуктах выветривания пород, различающихся по химическому составу и минералогическим особенностям, развиты специфические разновидности смешанно-слоистых образований, что также может быть типоморфной особенностью соответствующих КВ. Это даёт возможность на структурном уровне дифференцировать одни и те же видовые разновидности первичных минералов, а также идентифицировать вторичные слоистые силикаты, которые могут различаться либо по характеру заселения октаэдрических позиций в их структуре (ди- или триоктаэдрический мотив кристаллической решётки), либо по способу взаимного наложения отдельных силикатных слоёв в их структуре (или политипии).

Описанные закономерности изменения различных пород можно использовать только в случае комплексного оптико-электронно-микроскопического и структурно-кристаллохимического их изучения.

Стаття: надійшла до редакції 26.07.2018
прийнята до друку 06.08.2018

Nikolai Zinchuk

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

ANCIENT CRUSTS OF WEATHERING IN THE COMPLEX OF DIAMOND PROSPECTING WORKS

The ancient crusts of weathering developed on the rocks of the trap formation and kimberlites in the Malobotuobinsky, Daldyno-Alakitsky and Srednemarkhinsky diamondiferous areas of the Siberian platform are briefly described. The changes in various rocks and various factors, which are significant for the formation of eluvial products, have been characterized. Such data (for their application in the practice of prospecting for diamond) can be obtained only in the case of complex optical, electron-microscopic, and structural-crystallochemical studies.

Key words: crust of weathering, typomorphism of minerals, mixed-layered formations, complex studies of minerals, prospecting for diamonds, Siberian platform.

MINERALOGICAL COLLECTION
2018. N 68, Is. 1. P. 160–163
ISSN 2078-6220

МІНЕРАЛОГІЧНИЙ ЗБІРНИК
2018. № 68, вип. 1. С. 160–163
ISSN 2078-6220

УДК 549.752.143:551.312.3(477.4)

Любов Фігура

Інститут геологічних наук НАН України,
вул. Олеся Гончара, 55б, Київ, Україна, 01054,
liuba_figura@ukr.net

МОНАЦИТОНОСНІ ВІДКЛАДИ БАСЕЙНУ ВЕРХНЬОЇ ТЕЧІЇ ПІВДЕННОГО БУГУ

Досліджено монацитоносні відклади басейну верхньої течії р. Південний Буг. Простежено вміст монациту й супутніх мінералів від корінних порід до сучасних алювіальних відкладів. Зроблено висновки щодо перспектив монацитоносності території досліджень.

Ключові слова: монацит, кора звітрювання, осадові породи, алювіальні відклади, Південний Буг, Україна.

Район досліджень розташований у межах відомої рідкісноземельної металогенічної провінції, проте дослідники звичайно приділяли тут увагу проявам рідкісних земель у корінних породах [2]. Останніми роками під час з'ясування різноманітних питань видобутку і збагачення руд рідкісноземельних металів осадові відклади вивчають рівною мірою з позицій як економіки, так і екології. З такого погляду руди осадового чохла технологічно привабливіші порівняно з корінними.

Підвищені концентрації рідкісноземельних елементів у досліджуваних відкладах осадового чохла пов'язані з розмиванням монацитоносних гранітоїдів, головно лейкократових і пегматоїдних гранітів бердичівського комплексу, а також лейкогранітів і пегматитів хмільницького комплексу. Вони приурочені до кори звітрювання, бучацької серії еоцену, нижньої підтовщі товщі глин, пісків і вапняків, а також четвертинних алювіальних і алювіально-флювіогляціальних відкладів.

На досліджуваній території переважає площова каолініт-гідрослюдиста та гідрослюдисто-каолінітова кора звітрювання. Кора по гранітоїдах охоплює 80 % від загальної площі поширення кори звітрювання. Чітко визначено дві її зони: зону дезінтеграції та гідрослюдисто-каолінітову. Каолінітова зона поширена менше.

У зоні дезінтеграції наявний поступовий перехід від материнських порід до елювію. Середня потужність зони – 4–5 м, іноді – 50 м. Породи тріщинуваті, часто перетворені на жорству. Польові шпати замутнені, каолінізовані; темноколірні мінерали хлоритизовані. Зона дезінтеграції зберігає основні структурно-текстурні особливості та колір материнської породи. Вміст монациту становить тут 0,39 кг/т.

Гідрослюдисто-каолінітова зона поширена найбільше. Її середня потужність 6–8 м, на окремих ділянках – до 70 м. Породи зеленкувато-сірі, плямисті, зберігають структуру материнських утворень. Польові шпати цілком заміщені каолінітом, біотит – гідрослюдами, піроксени – монтморилонітом. Кількість новоутворених мінералів досягає 90 %, серед них каолініт становить 45–80 %, гідрослюда –10–45 %. У зоні простежено посту-

© Фігура Любов, 2018

пове посилення процесів звітрювання догори за профілем – вторинні мінерали кори звітрювання яснішають. Вміст монациту в цій зоні становить 0,4 кг/т.

Каолінітова зона має потужність 7,5–9,0 м, на окремих ділянках досягає 90 м. Породи представлені первинними каолінами ясно-сірого, майже білого кольору з поодинокими бурими плямами гідроксидів заліза. Головні породоутворювальні мінерали – каолініт і кварц. Вміст кварцу становить 15–45 %, причому догори за розрізом він поступово зменшується. У нижній частині зони трапляються домішки гідрослюди. Вміст монациту – 0,243 кг/т.

Відклади бучацької серії виповнюють ерозійно-тектонічні депресії, звивисті контури яких зумовлені характером рельєфу поверхні кристалічного фундаменту. Континентальні вуглисті відклади серії представлені складною товщею алювіальних фацій, які заміщують одна одну й швидко виклинюють за простяганням. Зазвичай це руслові та заплавні підфації.

Руслові підфації приурочені до осьових, найглибших частин давніх річкових долин, уздовж яких їхню вузьку смугу і простежено. Відклади представлені пісками, іноді слабко зцементованими з утворенням пісковиків на глинистому й каоліновому цементі. Піски переважно кварцові, іноді польовошпат-кварцові, сірі, ясно-сірі, подекуди глинисті й вуглисті, ступінь обкатування зерен низький. Середня потужність пісків руслових фацій – 4–5 м. Мінеральний склад такий: ільменіт, лейкоксен, монацит, циркон, рутил, кіаніт, гранат, турмалін, пірит, апатит, ставроліт. Вміст монациту досягає 0,75 кг/м^3, ільменіту – 3,35, циркону – 0,20 кг/м^3.

Заплавні підфації, найпоширеніші, представлені пісками і глинами. Піски сірі, ясно-сірі, кварцові, різнозернисті, головно середньозернисті, подекуди глинисті і слабко вуглисті. Глини сірі, щільні, з тонкими прошарками глинистого кварцового піску. Мінеральний склад: кварц, польові шпати, гранати, пірит, ільменіт, рутил, циркон, монацит, магнетит, топаз, хромшпінеліди, молібденіт. Вміст монациту досягає 2,29 кг/м^3, ільменіту – 21,6, циркону – 1,21 кг/м^3.

Нижня підтовща товщі глин, пісків і вапняків звичайно залягає на породах фундаменту. У її складі розрізняють дві пачки – нижню і верхню. Нижня збереглася від розмивання в найглибших урізах і представлена алювіальними відкладами руслової й заплавної фацій. Це піски – кварцові, іноді польовошпат-кварцові, сірі, ясно-сірі, іноді буруваті, різнозернисті з переважанням крупно-середньозернистих до гравійних з дрібною добре обкатаною галькою, найчастіше несортовані, подекуди в низах зцементовані глинисто-каолінітовим цементом.

У підошві локально трапляються прошарки вторинних каолінів. Каоліни сірі, жовто-сірі, інколи з блакитним відтінком, дуже щільні, зі значною домішкою різнозернистого кварцового піску. Потужність – до 5 м.

Часто піски перешаровані з прошарками глин – сірих, блакитно-сірих, рідше іржаво-бурих, різного ступеня запісочення, щільних, в’язких, звичайно безкарбонатних, іноді тонкошаруватих до листуватих. У місцях, де глинами складений базальний горизонт, вони містять кластичний матеріал, представлений кутастими й обкатаними зернами кварцу розміром 1–10 мм, вміст яких досягає 3–5 %. Наявні прошарки коричнювато-сірих до чорних вуглистих глин, часто з обвугленою рослинністю, трапляються пропластки бурого вугілля потужністю від перших сантиметрів до 0,5 м. Верхня пачка товщі складена морськими й лагунно-озерними піщано-глинистими відкладами. Мінеральний склад: кварц, ільменіт, лейкоксен, рутил, ставроліт, циркон, турмалін, гранат, монацит, апатит, сфалерит, халькопірит, піротин, корунд, топаз, шпінель, муасаніт, барит, графіт,

галеніт, молібденіт, золото. Вміст монациту досягає 5,15 кг/м^3, ільменіту – 17,65, цирконy – 1,72, рутилу й анатазу – 2,05 кг/м^3. Спектральним аналізом у монациті визначено максимальний вміст церію – 0,02 %.

Часто на еродованій поверхні товщі глин, пісків і вапняків залягають четвертинні алювіально-флювіогляціальні відклади, які представлені сірими, жовтувато-сірими, бурувато-жовтими різнозернистими кварцовими (іноді з домішкою польових шпатів і слюдистого матеріалу) пісками. У низах товщі фіксують домішки дрібного гравію й гальки. Пісок погано сортований, глинистий, з зернами різного ступеня обкатування. Потужність відкладів – від 0,9 до 25,9 м. Мінералогічним аналізом визначено підвищений вміст монациту (до 0,8 кг/м^3), ільменіту (до 18,56) і циркону (до 0,85 кг/м^3).

Алювіальними відкладами, зазвичай, складені русла, заплави і надзаплавні тераси найбільших водотоків району досліджень [1].

Терасові відклади представлені кварцовими і кварц-польовошпатовими пісками, головно середньозернистими, сірувато-жовтими, безкарбонатними, різного ступеня глинистості. Трапляються тонкі (до 2–3 см) прошарки піскуватих суглинків. Потужність – до 17 м. У важкій фракції пісків визначено підвищений вміст гранату (до 23,48 кг/м^3), монациту (до 5,08), ільменіту і лейкоксену (до 9,2 кг/м^3), циркону, є рутил і анатаз, а також хромшпінеліди у знаковій кількості.

Заплавний алювій літологічно неоднорідний і звичайно представлений темно-сірими й сірими глинистими суглинками та піщано-глинистими відкладами. Потужність – до 12 м. Руслова фація – це кварцові й польовошпат-кварцові піски, головно середньозернисті, сірого і бурувато-сірого кольору. Піски погано сортовані, а зерна обкатані слабко. Трапляються включення гальки. Вміст монациту досягає 585 г/м^3, ільменіту – 3 кг/м^3, гранату – 7–8 кг/м^3.

Отже, усі осадові відклади району містять монацит у ваговій кількості. За нинішнього рівня досліджень зазначені об’єкти ще не можна рекомендувати для розробляння, та згодом цілком вірогідно розробляти їх комплексно – на рідкісні землі, цирконій, гранат, польовошпатову сировину.

Список використаної літератури

1. *Дядченко М. Г.* Монацитовые россыпи Приднепровья и Побужья / М. Г. Дядченко. – Киев : Изд-во АН УССР, 1961. – 271 с.
2. Металічні корисні копалини / Д. С. Гурський, К. Ю. Єсипчук, В. І. Калінін та ін. – К. ; Львів : Центр Європи, 2006. – 740 с.

Стаття: надійшла до редакції 23.07.2018
прийнята до друку 06.08.2018

Liubov Fihura

Institute of Geological Sciences of NAS of Ukraine,
55b, Olesia Honchara St., Kyiv, Ukraine, 01601,
liuba_figura@ukr.net

MONAZITE-BEARING DEPOSITS OF THE PIVDENNYI BUH BASIN UP-STREAM

Monazite-bearing deposits of the Pivdennyi Buh basin up-stream have been investigated. The content of monazite and related minerals from indigenous rocks to modern alluvial deposits has been analyzed. Conclusions regarding prospects of investigated territory on monazite are made.

Key words: monazite, crust of weathering, sedimentary rocks, alluvial deposits, Pivdennyi Buh, Ukraine.

MINERALOGICAL COLLECTION
2018. N 68, Is. 1. P. 164–166
ISSN 2078-6220

МІНЕРАЛОГІЧНИЙ ЗБІРНИК
2018. № 68, вип. 1. С. 164–166
ISSN 2078-6220

УДК 553.99:549(477.81)

Марія Криницька

Національний університет водного господарства та природокористування, вул. Соборна, 11, Рівне, Україна, 33028,
nni-vgp@nuwm.edu.ua

РЕЧОВИННИЙ СКЛАД БУРШТИНОНОСНИХ ВІДКЛАДІВ ЯК ІНДИКАТОР УМОВ БУРШТИНОНАГРОМАДЖЕННЯ

Поклади промислового бурштину на Рівненщині генетично пов'язані з товщею осадових порід олігоцену. Літологічні характеристики бурштиновмісних відкладів у розрізі й за площею їхнього поширення мінливі, що свідчить про мілководність басейну седиментації.

Ключові слова: бурштин, бурштиновмісні відклади, кварц, мінерали важкої фракції, умови осадонагромадження, олігоцен, Рівненська область.

Продуктивна на промисловий бурштин товща північної частини Рівненської обл. представлена утвореннями межигірської світи нижнього олігоцену, які в повних розрізах палеогену підстелені відкладами обухівської світи верхнього еоцену, а перекриті породами берецької світи верхнього олігоцену.

Осадові породи Межигірського басейну седиментації представлені різнозернистими пісками, подекуди шаруватими завдяки глинистій, алевритистій складовій або розсіяній органіці. Псамітовий матеріал погано сортований до несортованого. Зерна піску за формою округлі, округло-кутасті, за ступенем обкатування – обкатані й напівобкатані. У місцях скупчення бурштину товщі, зазвичай, притаманні дещо більша кількість крупнозернистого кварцового матеріалу та наявність уламків вуглефікованої деревини. Проте якщо в розрізі нема видимих уламків бурштину чи деревини, то візуально виокремити такі горизонти практично неможливо.

У продуктивних відкладах зафіксовано значний вміст мінералів легкої фракції, головно кварцу (у середньому 92–98 %). Подекуди вміст кварцу досягає 100 % (прояв Володимирець), інколи ж знижується до 80 % (прояв Вирка). У незначній кількості є глауконіт (1–3 %), глинисто-слюдисті мінерали, польові шпати, мусковіт.

Загальний вміст мінералів важкої фракції в бурштиновмісних відкладах змінюється від 0,01–0,04 до 0,1–0,2 %, зрідка (як на Клесівському родовищі) зростає до 1–2 %. Набір важких мінералів та їхній уміст у різних бурштиноносних районах дещо відмінні. Найбільше ільменіту, гранатів, турмаліну, піриту, лейкоксену, сидериту виявлено у відкладах Клесівського родовища, яке розташоване найближче до Українського щита (УЩ). У незначній кількості (до 0,1 %), хоча й досить часто, трапляються ставроліт, мінерали групи епідоту, рутил, кіаніт і лімоніт, у такій же кількості, проте значно рідше, – мінерали групи біотиту, циркон, апатит, гематит, дуже рідкісні знаки флюориту. Вміст глауконіту, частота виявлення якого становить 70 %, дещо перевищує його вміст у важкій фракції інших родовищ та проявів. Зовсім нема мінералів, характерних для Володи-

© Криницька Марія, 2018

мирецького та, в окремих випадках, Дубровицького бурштиноносних районів, – магнетиту, мартиту, андалузиту, шпінелі, анатазу, силіманіту, топазу. Палеогенові продуктивні відклади південної частини Клесівського бурштиноносного району (прояв Федорівка) мають такий же набір мінералів, як і на Клесівському родовищі, проте їхній вміст значно нижчий.

Висока концентрація ільменіту, гранату, турмаліну, а також наявність кіаніту й апатиту в бурштиновмісних відкладах Клесівського бурштиноносного району є доказом руйнування кристалічних порід УЩ. Наявність у пробах з Клесівського родовища мінералів групи біотиту свідчить про руйнування гранітоїдів. Набір виявлених мінералів загалом характерний для кристалічних комплексів північно-західної частини щита. Отже, осадові породи досліджуваного району формувалися завдяки нагромадженню продуктів руйнування кристалічних порід УЩ, які потрапляли в прибережну частину олігоценового моря. Туди ж виносилася й вимита з ґрунтів бурштинова смола.

Поява нових мінералів у бурштиноносних районах, віддалених від УЩ, є свідченням додаткових джерел постачання уламкового матеріалу. Це могли бути поверхня островів та підводні палеопідвищення, які розмежовували басейн седиментації.

За набором мінералів легкої та важкої фракцій нижня й верхня частини розрізу продуктивної товщі родовища Володимирець Східний суттєво не відрізняються між собою. У центральній частині зафіксовано збільшення вмісту глинисто-слюдистих агрегатів, дещо більший вміст глауконіту та наявність піриту, що дає змогу припускати можливість незначних коливальних рухів під час масового бурштинонагромадження. Загалом змінність гранулометричного й мінерального складу бурштиновмісних відкладів догори за розрізом (укрупнення піщаної фракції, яка переважає, збільшення вмісту крупнозернистого, гравійного матеріалу та кварцу в усіх фракціях, зменшення вмісту циркону в дрібнозернистій фракції) свідчить про поступове обміління морського басейну в межигірський час палеогену.

Породам, сингенетичним із формуванням значних скупчень бурштину, притаманна змінність літологічних характеристик по латералі, що підтверджує їхнє утворення за умов епіконтинентального мілководного моря. Піски складені крупно-, середньо- та дрібнозернистою фракціями в різних співвідношеннях. Часто в них є лінзи і прошарки пісків з підвищеним вмістом алевриту й пеліту, що свідчить про наявність у межах басейну седиментації зон з малорухомими водами. Характерні домішки глауконіту, уламків вуглефікованої деревини, розсіяного органічного матеріалу, який надає відкладам характерний темний відтінок. Вміст добре обкатаного бурштину псефітового розміру в цих пісках на локальних ділянках змінюється від 0,2 до 15,0 %, що можливо за умови формування в прибережних (пляжних) зонах островів (Володимирецький бурштиноносний район) та стійкого суходолу (Клесівський бурштиноносний район).

Результати детальних досліджень гранулометричних особливостей розрізу продуктивної товщі та її мінерального складу свідчать про регресивний характер межигірського моря. Бурштин розподілений у розрізі товщі й по латералі вкрай нерівномірно. Отже, вихідна для його утворення бурштинова смола потрапляла в морський басейн порціями протягом усього часу існування сприятливих для її накопичення умов.

Значно південніше територій поширення шматків бурштину промислового значення виявлено палеогенові відклади тільки з зерновим бурштином [1]. Дослідження засвідчили погане сортування пухких бурштиновмісних утворень, однак подібність їхнього мінерального складу. Як і в північній частині, головним компонентом відкладів є зерна кварцу, а важкі мінерали представлені дуже дрібними зернами різного ступеня обкату-

вання. Переважання в цій частини басейну седиментації рутилу й циркону, які є стійкими під час транспортування, свідчить на користь багаторазового перевідкладання матеріалу або тривалого часу його транспортування. Польські вчені* за допомогою катодолюмінесцентних досліджень підтвердили наявність тут кварцу метаморфічного походження.

Характер поширення бурштину в продуктивних відкладах межигірської світи олігоцену дає змогу класифікувати його скупчення як розсипи з нерівномірним просторовим розподілом корисного компонента. Наявність у бурштиноносних відкладах поліської частини Рівненщини стійких до звітрювання мінералів кристалічного фундаменту свідчить, що головною провінцією постачання в морський межигірський басейн викопних бурштинових смол слугував суходіл у межах УЩ. Передбачають, що бурштин привносився в морський басейн також з осадовими породами, утвореними під час руйнування як магматичних, так і метаморфічних порід щита.

Відмінність мінерального складу важкої фракції межигірських відкладів різних бурштиноносних районів свідчить про додаткові локальні джерела розмивання та мілководність і часткову ізольованість окремих частин басейну.

Стаття: надійшла до редакції 23.07.2018
прийнята до друку 06.08.2018

Mariia Krynytska

National University of Water and Environmental Engineering,
11, Soborna St., Rivne, Ukraine, 33028,
nni-vgp@nuwm.edu.ua

MINERAL COMPOSITION OF AMBER-BEARING DEPOSITS AS THE INDICATOR OF AMBER ACCUMULATION CONDITIONS

The deposits of industrial amber in Ukraine are located in sedimentary rocks of Oligocene. Lithological characteristics of amber-bearing deposits in section and in the area of distribution are variable. They indicate to shallowness pool of sedimentation and determine the conditions for the accumulation of amber.

Key words: amber, amber-bearing deposits, quartz, minerals of heavy fraction, conditions of accumulation, Oligocene, Rivne region.

*Depositional environment of Paleogen amber-bearing quartz-glauconite sands from Zdolbuniv (Rivne region, NW Ukraine): mineralogical and petrographical evidences / Lucyna Natkaniec-Nowak, Magdalena Dumanska-Słowik, Beata Naglik, Victor Melnychuk, Mariya B. Krynickaya, Wojciech Smoliński, Magdalena Sikorska-Jaworowska, Paweł Stach, Dorota Kubica, Karolina Ładoń // Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Mineral Resources Management. – 2017. – Vol. 33, Is. 4. – P. 45–62. DOI 10.1515/gospo-2017-0041 [https://min-pan.krakow.pl//wydawnictwo/wp-content/uploads/sites/4/2017/12/natkaniec-i-inni.pdf]

MINERALOGICAL COLLECTION
2018. N 68, Is. 1. P. 167–168
ISSN 2078-6220

МІНЕРАЛОГІЧНИЙ ЗБІРНИК
2018. № 68, вип. 1. С. 167–168
ISSN 2078-6220

УДК 549:552.5(479.22)

Олександр Клевцов, Антон Васін

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна,
майдан Свободи, 4, Харків, Україна, 61022,
mineralogy@karazin.ua

МІНЕРАЛЬНИЙ СКЛАД АЛЮВІАЛЬНО-ПРОЛЮВІАЛЬНИХ ВІДКЛАДІВ ВЕРХІВ'ЇВ р. ТЕРЕК (ГРУЗІЯ)

Наведено результати вивчення мінералів із шліхових проб алювіально-пролювіальних відкладів верхів'їв р. Терек (Грузія). Виділено чотири мінеральні асоціації: турмалін–топаз–кварц, пірит–магнетит, галеніт–халькопірит і халькопірит–турмалін. На підставі виконаних досліджень зроблено припущення про розвиток в апікальних частинах масивів мікроклінових гранітів, гранодіоритів процесів грейзенізації та наявність гідротермальних родовищ.

Ключові слова: мінерал, шліховий аналіз, мінеральна асоціація, грейзенізація, алювіально-пролювіальні відклади, Великий Кавказ, р. Терек, Грузія.

Район дослідження розташований на півночі Грузії (адміністративний центр Мцхета-Мтіанеті), у центрі Великого Кавказу. Рельєф сильно розчленований. Середні абсолютні позначки рівнин – 1 400 м, вододілів – 2 600 м. Максимальна висота перевищує 5 000 м. Гідрографічна мережа представлена великою кількістю мілководних гірських річок. Живлення річок льодове, снігове, дощове. Паводки на річках бувають улітку, що пов'язано з максимальним таненням льодовиків. Заболоченість території мінімальна. Ступінь відслонення району дуже високий, прохідність погана. Частина території вкрита льодовиками, тому дуже висока ймовірність селів і снігових лавин.

Територія належить до альпійського геосинклінального поясу і є частиною антиклінорію Головного Кавказького хребта з серією інтрузивних та ефузивних тіл [1].

Для відбирання шліхових проб було організовано спеціальну експедицію, після чого в лабораторії готували шліхи до аналізу (зважували, скорочували, сепарували тощо) [3, 4].

Аналіз шліхів засвідчив наявність у них таких мінералів, як кварц, халькопірит, турмалін, пірит, топаз, магнетит, галеніт. Виділено чотири мінеральні асоціації:

1) турмалін–топаз–кварц – індикатор грейзенових родовищ. Найбільш вірогідний розвиток грейзенів по мікроклінових гранітах і гранодіоритах палеозойської інтрузії. У нерозмитих частинах можливі прояви каситериту;

2) пірит–магнетит – можливо, приурочені до четвертинних інтрузивних та ефузивних утворень андезитового складу;

3) галеніт–халькопірит – вірогідно, пов'язані з гідротермальними родовищами в мікроклінових гранітах, гранодіоритах палеозойської інтрузії;

© Клевцов Олександр, Васін Антон, 2018

4) халькопірит–турмалін – можуть бути пов'язані з поки не виявленими північнокавказькими гідротермальними родовищами типу Браден у Чилі [2].

Про можливу наявність корінного родовища міді в басейні р. Терек свідчать такі розшукові ознаки:

- аномально високий вміст халькопіриту в місці розмивання гранітних інтрузій;
- наявність слабко обкатаних зерен шліхових мінералів (халькопірит, топаз, турмалін), а також наявність у шліхових пробах рудних мінералів, не стійких за поверхневих умов (наприклад, галеніт);
- наявність у шліхових пробах мінеральних асоціацій, характерних для визначених геолого-промислових типів родовищ (халькопірит–турмалін – родовища типу Браден у Чилі [2]).

Результати виконаних досліджень дають підстави припускати розвиток в апікальних частинах масивів мікроклінових гранітів, гранодіоритів, процесів грейзенізації та наявність гідротермальних родовищ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Гамкрелидзе Г. М.* Геология СССР. Т. 10. Грузинская ССР. Ч. 1 / Г. М. Гамкрелидзе. – М. : Недра, 1964. – 620 с.
2. *Лазаренко Є. К.* Курс мінералогії / Є. К. Лазаренко. – К. : Вища школа, 1969. – 498 с.
3. *Логвиненко Н. В.* Введение в методику исследования осадочных пород / Н. В. Логвиненко. – Харьков : Изд-во ХГУ, 1957. – 143 с.
4. *Родыгина В. Г.* Введение в шлиховой метод / В. Г. Родыгина. – Томск : Изд-во Томск. ун-та, 1985. – 130 с.

Стаття: надійшла до редакції 23.07.2018
прийнята до друку 06.08.2018

Oleksandr Klevtsov, Anton Vasin

V. N. Karazin Kharkiv National University,
4, Svobody Sq., Kharkiv, Ukraine, 61022,
mineralogy@karazin.ua

MINERAL COMPOSITION OF ALLUVIAL-PROLUVIAL DEPOSITS OF THE TEREK RIVER HEAD (GEORGIA)

We researched the minerals from heavy concentrates of alluvial-proluvial deposits of the Terek River head (Georgia). Four mineral associations have been distinguished: tourmaline–topaz–quartz, pyrite–magnetite, galena–chalcopyrite and chalcopyrite–tourmaline. Based on the performed studies, the assumption is made about the development of greisening processes in the apical parts of microcline granites and granodiorites massifs and the presence of hydrothermal deposits.

Key words: mineral, panning, mineral association, greisening, alluvial-proluvial deposits, Great Caucasus, Terek River, Georgia.

MINERALOGICAL COLLECTION
2018. N 68, Is. 1. P. 169–171
ISSN 2078-6220

МІНЕРАЛОГІЧНИЙ ЗБІРНИК
2018. № 68, вип. 1. С. 169–171
ISSN 2078-6220

УДК 549:552.5(477-234)

Петро Білоніжка, Юрій Дацюк

Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, Львів, Україна, 79005,
mineral@franko.lviv.ua

ВПЛИВ ЕНДОГЕННИХ ПРОЦЕСІВ НА ОСАДОВЕ МІНЕРАЛОУТВОРЕННЯ

Схарактеризовано вплив ендогенних процесів на аутигенне мінералоутворення у верхньокрейдових і палеогенових відкладах (мергелі, вапняки, карбонатні глини) Гірського Криму.

Ключові слова: аутигенне мінералоутворення, ендогенні процеси, осадові породи, верхня крейда, палеоген, Гірський Крим.

В осадових породах нерідко трапляються аутигенні мінерали, які утворилися в процесі гальміролізу пірокластичного матеріалу, головно вулканічного попелу, та з гідротермальних розчинів. До таких мінералів належать смектити, цеоліти, кремені, глауконіт, фосфорити та ін. Вони містяться в осадових породах переважно в розсіяному стані, тому дослідники не завжди їх виявляють.

У процесі виверження вулканів тонкодисперсний вулканічний попіл піднімається високо в атмосферу й потоками повітря переноситься на сотні–тисячі кілометрів. На початковій стадії гальміролізу пірокластичного матеріалу утворюються смектити [2]. З цим пов'язана їхня наявність в осадових породах тих районів, де вулканізму не було.

Вплив ендогенних процесів на аутигенне мінералоутворення ми вивчали у верхньокрейдових і палеогенових відкладах Гірського Криму, представлених мергелями й вапняками, місцями карбонатними глинами. Фазовий склад і мікроструктурні особливості аутигенних утворень досліджували дифрактометричним і електронно-мікроскопічним аналізами.

З'ясовано, що склад глинистих мінералів, виділених із карбонатних порід досліджуваних відкладів, майже однаковий. Це, головно, смектити з домішками гідрослюди, хлориту, цеолітів кліноптилоліт-гейландитової групи та ін. [1]. Цеоліти цієї групи поширені в мезо-кайнозойських осадових і вулканогенно-осадових породах на континентах і в сучасних донних осадах морів та океанів [3].

У мергелях нерідко трапляються прошарки й лінзи кременів. У морській воді вміст Si дуже низький (3 мг/л). Нема сумніву в тому, що утворення кременів у морських седиментаційних басейнах також пов'язане з ендогенними процесами. Хемогенно кремнезем випадає в осад із водних розчинів тоді, коли вміст у них Si досягає 100 мг/л. Досліджувані кремені представлені халцедоном, місцями з домішками низькотемпературного кристобаліту й кальциту. У кременях виявлено фрагменти кремнієвих губок, діатомей і радіолярій [1]. Ці мікроорганізми розвиваються за умов підвищеного вмісту в морській

© Білоніжка Петро, Дацюк Юрій, 2018

воді кремнію. Про це свідчить наявність кременів тільки в окремих інтервалах стратиграфічного розрізу карбонатних порід [1].

У відкладах Гірського Криму простежують сліди підводного розмивання карбонатних порід на контактах відкладів верхнього альбу–сеноману, маастрихту–дату і танету–іпру. Потужність залишкового піщано-карбонатного матеріалу становить, зазвичай, 20–30 см, подекуди трапляються кишені розмивання завглибшки до 80 см. Серед залишкового матеріалу наявні скупчення глауконіту округлої, овальної й ниркоподібної форми, конкреції та інші форми виділення фосфоритів (складені карбонат-фторапатитом). Мікроструктура зерен глауконіту поверхнева сітчаста, волокнистоподібна, а внутрішня – пластинчаста, короткостовпчаста, сітчаста. Цим зумовлена висока адсорбційна здатність глауконіту. У фосфоритах виявлено добре збережені форми коколітофоридів, сітчасті бактеріальні утворення і фрагменти губок [1].

На розмитій покрівлі карбонатних пісковиків верхнього альбу (враконський горизонт) виявлено плямисті скупчення смектиту і кристалики магнетиту й ільменіту. Кристалики магнетиту октаедричної, рідше ромбододекаедричної форми з ультра- і мікропорами, а ільменіту – таблитчастої, гексагональної форми. Нема сумніву в тому, що магнетит та ільменіт утворилися з гідротерм, які надходили в морський седиментаційний басейн по конседиментаційних тектонічних розривних порушеннях. У морській воді вміст заліза дуже низький ($1\cdot10^{-6}$ %), а титану – ще нижчий ($1\cdot10^{-7}$ %), отже, інших джерел для утворення зазначених мінералів, крім гідротерм, не було.

Аутигенне формування глауконіту, кременів і фосфоритів також пов'язане з надходженням у морський басейн гідротермальних розчинів, проте в їхньому утворенні значну роль відігравали мікроорганізми [1].

Список використаної літератури

1. *Білоніжка П.* Нариси з мінералогії Гірського Криму (межиріччя Бодраку і Качі) / П. Білоніжка. – Львів, 2017. – 166 с.
2. *Дриц В. А.* Глинистые минералы: смектиты, смешаннослойные образования / В. А. Дриц, А. Г. Коссовская. – М. : Наука, 1990. – 206 с.
3. *Коссовская А. Г.* Генетические типы цеолитов клиноптилолит-гейландитовой группы континентов и океанов / А. Г. Коссовская. В. Д. Шутов, М. Я. Кац // Природные цеолиты. – М. : Наука, 1980. – С. 8–30.

Стаття: надійшла до редакції 23.07.2018
прийнята до друку 06.08.2018

Petro Bilonizhka, Yurii Datsiuk

Ivan Franko National University of Lviv,
4, Hrushevskoho St., Lviv, Ukraine, 79005,
mineral@franko.lviv.ua

INFLUENCE OF ENDOGENOUS PROCESSES ON SEDIMENTARY MINEROGENESIS

The influence of endogenous processes on the authigenous mineralization in the deposits of the Upper Cretaceous and the Palaeogene of the Mountain Crimea (marls, limestones and carbonate clays) is characterized. The phase composition and microstructural features of the authigenic minerals were studied by diffractometric and electron microscopic analyzes.

Key words: authigenous mineral formation, endogenous processes, sedimentary rocks, Upper Cretaceous, Palaeogene, Mountain Crimea.

MINERALOGICAL COLLECTION
2018. N 68, Is. 1. P.172–180
ISSN 2078-6220

МІНЕРАЛОГІЧНИЙ ЗБІРНИК
2018. № 68, вип. 1. С. 172–180
ISSN 2078-6220

УДК 552.517(477.63)

Альона Стеценко, Владислав Іванченко, В'ячеслав Стеценко

Державна наукова установа "Центр проблем морської геології, геоекології та осадового рудоутворення НАН України",
вул. Олеся Гончара, 55б, Київ, Україна, 01054,
stetsenkoaliona@gmail.com

ОСОБЛИВОСТІ МІНЕРАЛЬНОГО ТА ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ТРАВЕРТИНІВ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОГО ПОХОДЖЕННЯ У КРИВОРІЖЖІ

Наведено нові дані щодо природно-техногенних травертинів у Центральному Криворіжжі. Утворення сучасних відкладів пов'язане безпосередньо з діяльністю хвостосховища Центрального гірничо-збагачувального комбінату – з виходом високомінералізованих стічних вод ставка-накопичувача на поверхню. Травертини досліджено оптичними методами, мікрозондовим, спектральним та хімічним аналізами. Основним складовим компонентом породи є CaO. За даними спектрального аналізу визначено, що карбонатні новоутворення значно "чистіші" від природних осадів балки за рівнем важких металів (Ni, Cr, Cu, Pb, Ti, V, Co) та рідкісноземельних елементів (Sc, Y, Zr, Nb, Ga, Be, Yb). Разом з перлами арагоніту й рудними грауваками травертини є техногенно-природними осадовими породами, які нині формуються в межах Криворізького басейну.

Ключові слова: травертин, кальцит, хвостосховище, підземні води, Криворіжжя.

Вступ. Криворізький залізорудний басейн – один з найбільших техногенних регіонів України. Особливо навантаженими ділянками є території, які межують з гірничими підприємствами, хвосто- і шламосховищами, відстійниками тощо. З діяльністю гірничих підприємств пов'язане і сучасне мінерало- та породоутворення. Одним із таких процесів є утворення природно-техногенних травертинів на території, що межує з хвостосховищем Центрального гірничозбагачувального комбінату (ЦГЗК) у Кривому Розі. Дослідження мінеральних новоутворень має важливе наукове значення, оскільки дає змогу прогнозувати розвиток природно-техногенних процесів у навколишньому середовищі.

Мета досліджень – вивчити особливості мінерального та хімічного складу техногенних новоутворень травертину. **Завдання** – дослідити мінеральний та хімічний склад травертинів; виконати геохімічні дослідження території поширення карбонатів; з'ясувати вплив техногенних водойм на сучасне геологічне середовище.

Об'єкти і методи дослідження. Об'єкт досліджень – природно-техногенні травертини, утворення яких пов'язане з витоком сильно мінералізованої води з хвостосховища ЦГЗК. Виконано польові роботи, застосовано оптичну і растрову електронну мікроскопію (РЕМ), мікрозондовий (МА), хімічний та спектральний аналізи.

© Стеценко Альона, Іванченко Владислав, Стеценко В'ячеслав, 2018

Геолого-географічний нарис району досліджень. Сучасний процес утворення природно-техногенних травертинів відбувається в підніжжі західної упорної призми хвостосховища ЦГЗК. Хвостосховище розташоване в тальвегах балок Велика та Мала Лозуватка (центрально-західна частина Кривого Рогу) на позначках 95–115 м над рівнем моря. Його використовують як місце складування відходів збагачення магнетитових кварцитів ЦГЗК у вигляді пісків та сильно мінералізованих стічних вод. Щорічні надходження пісків становлять 7,8 млн т із вмістом магнітного заліза близько 7,0 % [8]. Важка фракція відходів нагромаджується в картах намиву хвостосховища, а порівняно очищена вода частково повертається до ставка оборотної води хвостосховища, звідки її знову забирають для потреб збагачувальної фабрики. Повернення води забезпечене її стіканням до дренажних систем, розташованих по периметру хвостосховища (рис. 1).

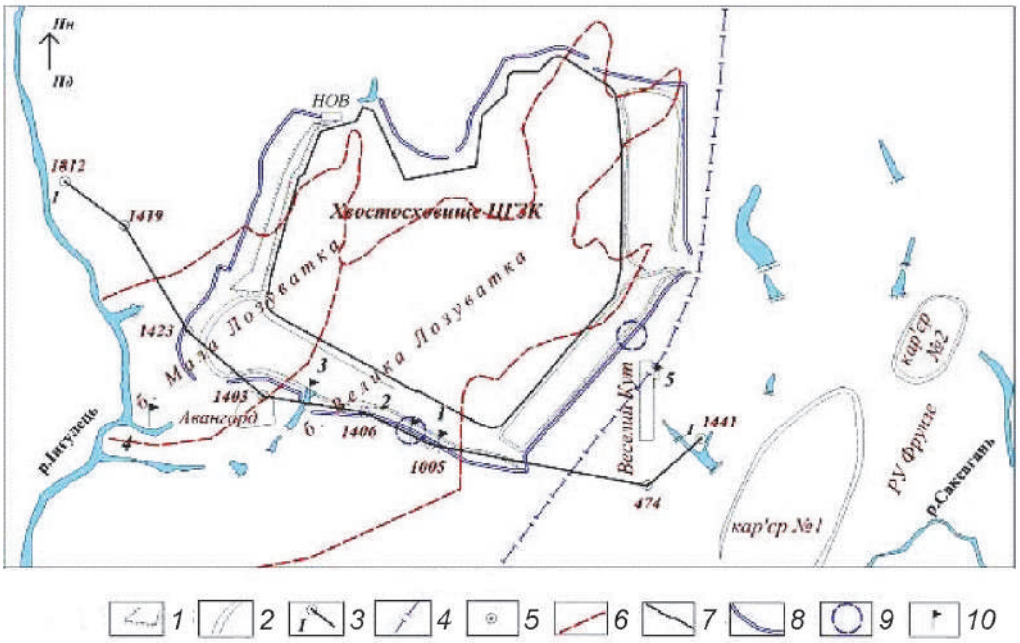


Рис. 1. План-схема району досліджень:

1 – дамба хвостосховища ЦГЗК; *2* – контури упорних призм; *3* – лінія геологічного розрізу; *4* – лінія вододілу; *5* – гідроспостережні свердловини; *6* – контури балок; *7* – контур хвостосховища; *8* – дренажна система хвостосховища; *9* – місця виходу джерел сильно мінералізованої води; *10* – місця відбирання проб (1–5 – номер проби).

Унаслідок випаровування з поверхні дзеркала хвостосховища та дренажу через упорні призми (дамби) до водоносних горизонтів відбувається втрата води з хвостосховища, що спонукає підприємство постійно поповнювати запаси води з р. Інгулець (біля с. Авангард). По периметру хвостосховища утворилися штучні джерела, через які сильно мінералізована вода дренує з-під дамби хвостосховища у напрямі Інгульця, промислових об’єктів та населених пунктів Криворізького району. Насичені штучні розчини-водотоки поширюються у навколишньому середовищі, дренують товщу палеоген-неогенових осадових порід і змінюють їхній природний стан [3]. Безпосередньо в місцях витоку їх з-під дамби хвостосховища ми й виявили поклади травертину.

Результати й обговорення. На досліджуваній території наявна велика кількість джерел виходу техногенної води з-під упорних призм хвостосховища ЦГЗК. Просочування води відбуваються періодично – вони пов'язані з перенасиченням хвостів збагачення комбінату водою внаслідок атмосферних опадів. Під час водонасичення в таких ділянках утворюються водні потоки з підвищеною гідрокарбонатною мінералізацією.

У тальвегах балок навколо хвостосховища ми виявили поклади травертину, які залягають на розмитій поверхні четвертинних лесоподібних суглинків з прошарками чорнозему. Травертини утворюють субгоризонтальні верстви й лінзи потужністю від кількох сантиметрів до 0,5 м (рис. 2). Вони суттєво відрізняються від осадових карбонатних порід сарматського віку у відслоненнях балок Велика й Мала Лозуватка і не пов'язані з їхнім перевідкладанням.

Рис. 2. Природно-техногенний травертин у тальвезі балки Велика Лозуватка (у підніжжі дамби хвостосховища).

Верстви травертину мають вигляд субгоризонтальних площадок, терас і напливів, які спускаються "сходинками" у напрямі гирла балок. Добре помітні лускоподібні, таблитчасті мінеральні агрегати, щітки, кірки й вицвіти на поверхні порід, з яких побудована дамба. У ділянках максимального розвитку відкладів (на відстані 5–15 м від джерел мінералізованої води) їхня ширина досягає 4,0–4,5 м. Далі їх простежують по водотоках, де вони поступово загасають через 30–50 м, потужність шару зменшується до 2–3 см.

Макроскопічно порода біла, світло-сіра, рідше зеленкувата і блідо-рожева. Текстура грубошарувата, лускувата, пориста. Структура дрібнозерниста, прихованокристалічна (рис. 3). Місцями травертин утворює пухку землисту або грудкувату масу незцементованих часточок усередині пачок щільної будови або на їхній поверхні (див. рис. 3, *а*).

У формуванні відслонень беруть участь різного розміру уламки залізистих кварцитів зі схилів упорної призми хвостосховища та велика кількість рослинних залишків, покритих кірками, щітками й вицвітами хемогенних карбонатів. Карбонатний склад агрегатів підтверджує бурхлива реакція з розчином HCl.

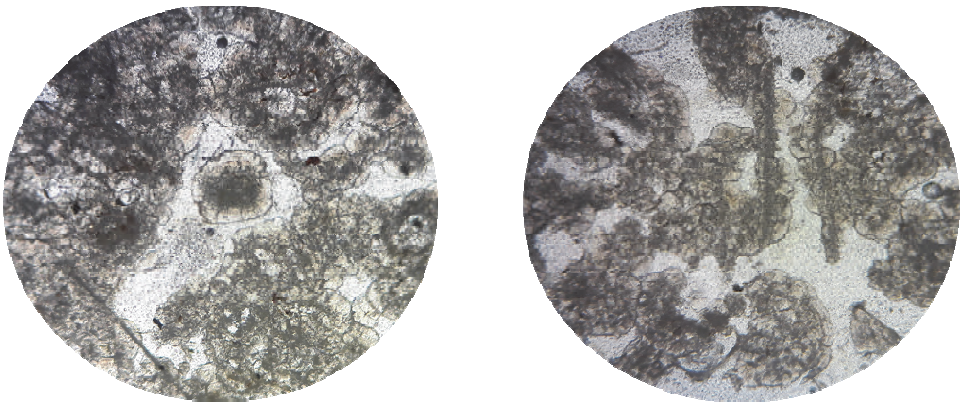
Під мікроскопом порода біла з коричневим відтінком, шарувата, місцями плямиста, з великою кількістю порожнин (рис. 4). Шаруватість зумовлена тонким чергуванням мікрошарів прихованокристалічного карбонату, глинистих мінералів і гетиту. Подекуди породоутворювальні мінерали формують концентрично-зональні натічні агрегати (див. рис. 4, *а*); агрегати з'єднані в ланцюжки (див. рис. 4, *б*).

а *б*

в

Рис. 3. Різновиди агрегатів техногенно-природних карбонатних новоутворень (тальвег балки в підніжжі упорної призми хвостосховища):

а – крихка землиста маса частково подрібненого травертину; *б* – карбонатні агрегати пористої текстури, сформовані на рештках рослин; *в* – масивні агрегати травертину з невеликими порами й шаруватою текстурою.

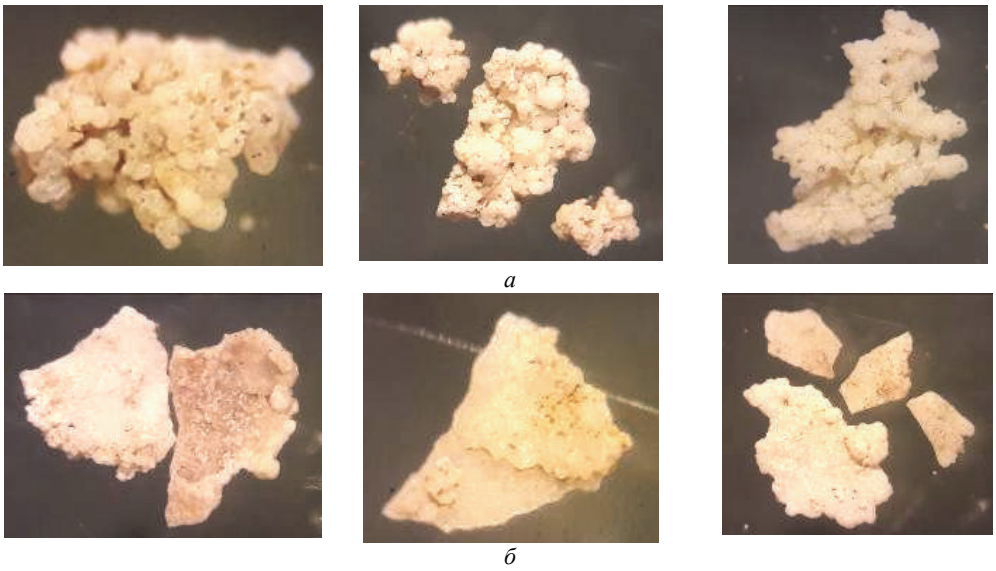


а *б*

Рис. 4. Вигляд травертину під мікроскопом, без аналізатора:
а – ланцюжкова будова, × 25; б – концентрично-зональна будова, × 40.

Головним породоутворювальним мінералом травертину є кальцит (55 %), вторинні мінерали – кварц (20 %), біотит (15), гетит (8 %), акцесорні – рутил, магнетит, мартит, хлорит. Реліктові уламки вмісних порід представлені зернами залізистих кварцитів, жильного кварцу, гранітів тощо.

Карбонати молочно-білі, рожеві, жовто-коричневі від домішок гетиту, трапляються незабарвлені виділення. Кристали рідкісні. Основна форма агрегатів – сфероїд. Скупчення сфероїдів утворюють натеки, кірки, щітки і плівки (рис. 5).



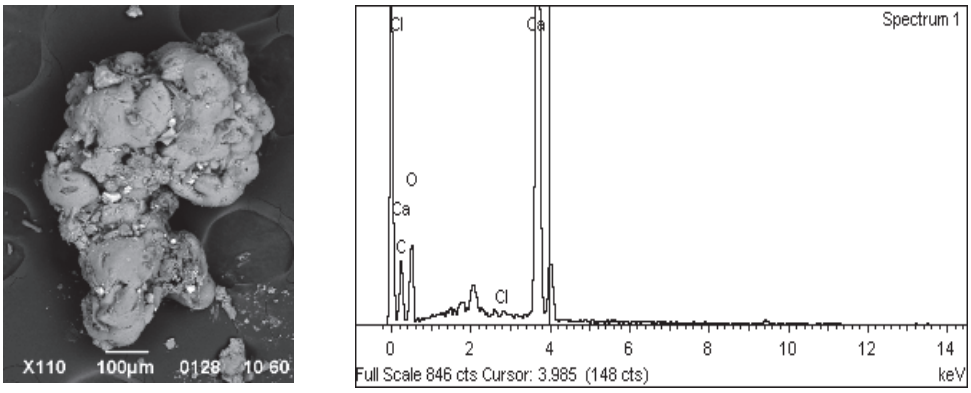
а

б

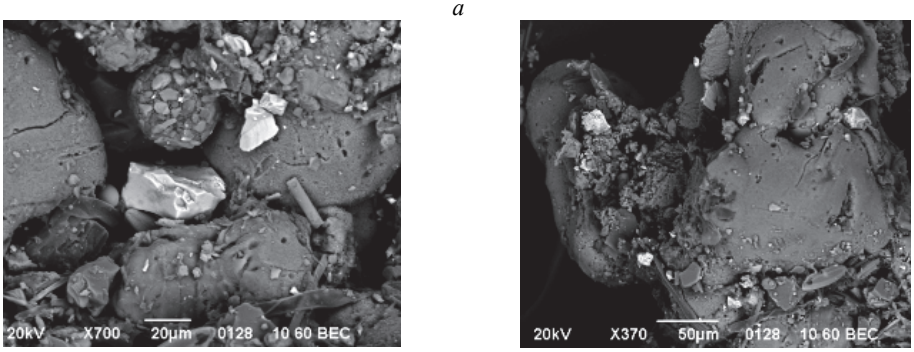
Рис. 5. Форми виділення карбонатів під бінокуляром, × 300:
а – сфероїдальні натічні агрегати; *б* – кірки, щітки і плівки.

Під електронним мікроскопом натічні форми карбонатів мають вигляд грудкуватих агрегатів, напливів, стяжінь, сфероїдальних утворень прихованокристалічної будови (рис. 6). За даними мікрозондового аналізу, за складом вони відповідають кальциту (див. рис. 6, *а*). Можливі домішки гідроксидів заліза, опалу, гіпсу, галогенідів (див. рис. 6, *б*).

У хімічному складі травертину головною складовою є CaO (49,53 %), на другому місці – SiO_2 (4,64 %), є незначна кількість MgO (0,56 %). Заліза небагато: 1,17 % FeO та 0,86 % Fe_2O_3. Втрати під час прожарювання становлять 43,24 %. Результати спектрального аналізу карбонатних новоутворень та інших четвертинних відкладів тальвегу балки Велика Лозуватка відображено на рис. 7. З них випливає, що досліджений травертин має суттєві геохімічні особливості, які відрізняють його від природних осадових порід району досліджень. Породи тільки за вмістом Mn подібні на інші осади. Вміст усіх аналізованих хімічних елементів, крім Ca, значно нижчий, а Sc, Ba, Y, Co, Zr, Nb, Ga, Be, Yb взагалі не визначено спектральним аналізом. Отже, карбонатні новоутворення виявилися значно "чистіші" щодо важких металів (Ni, Cr, Cu, Pb, Ti, V, Co) та рідкісноземельних елементів (Sc, Y, Zr, Nb, Ga, Be, Yb). Спектральним аналізом не виявлено P, Ag, Hg, Bi.



а



б

Рис. 6. Натічні форми прихованокристалічного травертину:
а – грудкуватий агрегат травертину, який за даними мікрозондового аналізу відповідає кальциту; *б* – домішки в будові агрегатів.

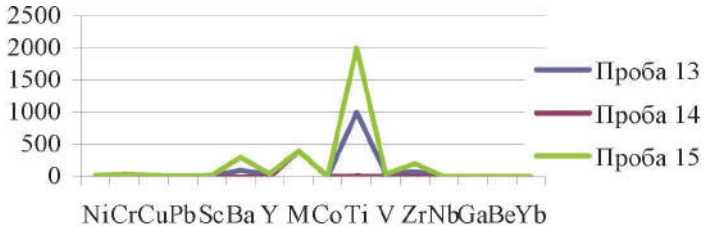


Рис. 7. Елементи-домішки у складі донних відкладів балки Велика Лозуватка за даними спектрального аналізу, мг/кг.
Відстань місць відбирання проб від упорної призми хвостосховища: проба 13 (суглинки зі значною домішкою чорнозему) – 3 м; проба 14 (травертин) – 20 м; проба 15 (піскуваті суглинки з чорноземом) – 200 м.

Наведені дані свідчать про чистоту хімічних процесів за умов сучасного осадонагромадження, без участі в них домішок важких металів. У формуванні травертину бере участь суто гідрокарбонат кальцію, який під впливом зміни термодинамічних умов розкладається на нерозчинний карбонат кальцію, чисту воду й вуглекислий газ:

$$Ca(HCO_3)_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O + CO_2\uparrow.$$

Утворення травертину звичайно відбувається зі зниженням тиску, що пов'язано з виходом підземних вод на поверхню. Воно супроводжується асиміляцією виділеного CO_2 рослинами або дифузією в атмосферу в ході інтенсивного руху води. Як наслідок, відбувається хімічна реакція, під час якої виділяється нерозчинний у воді карбонат кальцію [2].

З рис. 7 також бачимо, що вміст важких металів у пробах змінюється від вершини балки до її гирла. На ділянках сучасного формування травертинів уміст майже всіх важких металів різко зменшується і навіть досягає нуля, а в напрямі до гирла балки знову зростає. Це свідчить про розчинення з осаду окремих хімічних елементів і вимивання їх водою, яка депонує з виявлених джерел. Зазначимо, що розчинення було вибіркове, оскільки вміст Ni, Cu, Pb, Mn, Co, V, Ga і Be в осадах не змінився.

Висновки. Технологічна вода, яка циркулює в оборотному циклі ГЗК, збагачена різноманітними розчинними солями, у тім числі $Ca(HCO_3)_2$. Депонування значних її обсягів з об'єму хвостосховищ у геологічне середовище приводить до активізації процесів сучасного осадоутворення. Розвантаження техногенних і змішаних природно-техногенних вод на денну поверхню супроводжується осадженням розчинених солей. Йому сприяє зміна температури, pH середовища та підвищення концентрації внаслідок випаровування води.

Карбонатну породу, утворену з вуглекислих джерел, зачислено до травертину. Досліджені травертини приурочені до джерел у фундаменті дамби хвостосховища ГЗК і за походженням є техногенно-природними. Вони локалізовані на денній поверхні винятково в зоні витікання й випаровування високомінералізованої технологічної води ГЗК. Зміна умов у місцях розвантаження подібна до умов утворення природного травертину [5–7].

Стратиграфічно вивчені породи належать до верхнього підрегіоярусу голоценового відділу четвертинної системи. На геологічному розрізі ділянки їхнього поширення обмежені мережею балок, де вони локально перекривають суглинки – лесоподібні, жовтобурі, палеві, з прошарками реліктових ґрунтів. Раніше повідомляли про наявність техногенно-природних перлів арагоніту ("шахтні перли") [1] та рудних граувак [4]. Травертини доповнюють наші знання про техногенно-природні осадові породи, які за сучасних умов утворюються в межах Криворізького басейну.

Техногенно-природні травертини Криворіжжя мають високі тепло- та звукоізоляційні властивості, задовільний декоративний вигляд та дуже низький (до цілковитої відсутності) вміст важких металів. Їх можна використовувати у житлово-комунальному будівництві та виробництві екологічно чистих матеріалів іншого призначення.

Список використаної літератури

1. *Євтєхов В. Д.* "Шахтні перли" Криворізького басейну / В. Д. Євтєхов // Геол.-мінерал. вісн. – 2002. – № 2 (8). – С. 78–81.
2. *Свинко Й.* Травертини (вапнякові туфи) / Й. Свинко // Тернопільський енциклопедичний словник : у 4 т. – Тернопіль : Видавничо-поліграфічний комбінат "Збруч", 2008. – Т. 3 : П–Я. – 708 с.
3. *Стеценко А. І.* Основні джерела та чинники техногенного впливу на осадові породи центральної частини Кривбасу / А. І. Стеценко, В. В. Іванченко // East European Scientific Journal. – 2016. – N 12, part 1. – P. 39–46.

4. Changes in river sedimentation caused by the influence of the modern system of Ukraine / V. V. Ivanchenko, M. V. Belitskaya, Y. Y. Smirnov, A. S. Ilyina // Third Plenary Conference and Field Trip From the Caspian to Mediterranean: Environmental Change and Human Response during the Quaternary. Proceedings. – Astrakhan, 2015. – P. 91–96.
5. *Harper E. M.* Evolutionary response by bivalves to changing Phanerozoic sea-water chemistry / E. M. Harper, T. J. Palmer, J. R. Alphey // Geol. Magazine. – 1997. – Vol. 134. – P. 403–407.
6. *Palmer T. J.* Calcite precipitation and dissolution of biogenic aragonite in shallow Ordovician calcite seas / T. J. Palmer, M. A. Wilson // Lethaia. – 2004. – Vol. 37. – P. 417–427.
7. *Schmittner K.-E.* Micro-environmental controls on biomineralization: superficial processes of apatite and calcite precipitation in Quaternary soils, Roussillon, France / Karl-Erich Schmittner and Pierre Giresse // Sedimentology. – 1999. – Vol. 46, N 3. – P. 463–476.
8. https://cgok.metinvestholding.com/ru/about/structure

Стаття: надійшла до редакції 18.07.2018
прийнята до друку 06.08.2018

Aliona Stetsenko, Vladyslav Ivanchenko, Viacheslav Stetsenko

State Scientific Institution "Center for Problems of Marine Geology, Geoecology and Sedimentary Ore Formation of NAS of Ukraine",
55b, Olesia Honchara St., Kyiv, Ukraine, 01054,
stetsenkoaliona@gmail.com

FEATURES OF MINERAL AND CHEMICAL COMPOSITION OF TECHNOGENIC-NATURAL TRAVERTINES FROM KRYVYI RIH REGION

We investigated technogenic-natural travertines, which have been found in the tales of the beams Velyka Lozuvatka and Mala Lozuvatka near the Tailored Storage Facility of the Central Mining and Processing Plant. They are localized on the surface in the zone of leakage and evaporation of high-mineralized wastewater of storage tank. Travertines overlay the washed-out surface of Quaternary loess-like loams with intercalations of chernozem and form sub-horizontal layers and lenses with the capacity up to 0.5 m. They differ significantly from the sedimentary carbonate rocks of the Sarmatian age in the outcrops of the Velyka and Mala Lozyvatka beams and are not related to their redeposition.

Travertines are white, light gray, less greenish and pale pink. Their texture is coarse-bedded, scaly, porous; the structure – fine-grained, cryptocrystalline. Here and there, travertine forms a loose earthy or cloddy mass of uncemented particles inside the packets of massive structure or on their surface.

The main rock-forming mineral of travertine is calcite (55 %), secondary minerals – quartz (20), biotite (15), and goethite (8 %), accessory ones – rutile, magnetite, martite, and chlorite. Relict fragments of the host rocks are represented by grains of ferruginous quartzites, vein quartz, granites, etc.

According to the results of spectral analysis, carbonate neoformations are significantly "cleaner" in relation to heavy metals (Ni, Cr, Cu, Pb, Ti, V, Co) and rare earth elements (Sc, Y, Zr, Nb, Ga, Be, Yb), than other Quaternary sediments.

Earlier, there were reports about the presence of technogenic-natural aragonite pearls ("mine pearls") and ore greywackes in the region. Travertine complements our knowledge about technogenic-natural sedimentary rocks, which under present conditions are formed in the Kryvyi Rih basin.

Key words: travertine, calcite, tailings storage facility, underground water, Kryvyi Rih basin.

.

MINERALOGICAL COLLECTION
2018. N 68, Is. 1. P. 181–183
ISSN 2078-6220

МІНЕРАЛОГІЧНИЙ ЗБІРНИК
2018. № 68, вип. 1. С. 181–183
ISSN 2078-6220

УДК 556.314:504.5.06:553.63(477-924.52)

Василь Дяків

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

МІНЕРАЛОГО-ГЕОХІМІЧНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ САМООРГАНІЗАЦІЇ Й ЕВОЛЮЦІЇ КАРСТОВИХ ГІДРОГЕОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ ЗОНИ ТЕХНОГЕНЕЗУ СОЛЯНИХ РОДОВИЩ КАРПАТСЬКОГО РЕГІОНУ

У межах Стебницького й Калуш-Голинського родовищ калійних руд та Солотвинського родовища кам'яної солі внаслідок тривалих гірничодобувних робіт сформувалися карстові гідрогеологічні системи, які детально досліджують протягом останніх 15 років. Схарактеризовано типові гідрогеологічні та специфічні мінералого-геохімічні ознаки таких систем.

Ключові слова: карстова гідрогеологічна система, родовища калійних солей, родовища кам'яної солі, соляно-глинисті відклади, самоорганізація систем, Карпатський регіон, Україна.

У межах Карпатського регіону на території Польщі, України й Румунії до Передкарпатського та Закарпатського крайових прогинів, а також до краю Східноєвропейської платформи приурочені потужні товщі соляно-глинистих моласових відкладів міоцену. Тут розвідано десятки родовищ калійних руд та кам'яної солі. В Україні найбільшими є Стебницьке й Калуш-Голинське родовища калійних руд та Солотвинське родовище кам'яної солі. Ці родовища активно розробляють ще з XVIII–XIX ст., тому їхнє геологічне середовище нині суттєво змінене гірничо-видобувними роботами, порушене водопритоками та розвитком соляного карсту. Як наслідок, у межах родовищ або окремих аварійних ділянок сформувалися карстові гідрогеологічні системи, які стали об'єктами досліджень і детального моніторингу протягом останніх 15 років. Карстовим гідрогеологічним системам (КГС) притаманні типові гідрогеологічні ознаки та специфічні мінералого-геохімічні закономірності самоорганізації й еволюції.

Типові гідрогеологічні ознаки кожної КГС такі: наявність зон (контурів ділянок) живлення, транзиту й розвантаження; активний розвиток техногенно-активізованого карсту; домінантне збільшення з часом об'єму водопритоку до досягнення покрівлі водорозчинних порід – базису карстової денудації.

Специфічні мінералого-геохімічні ознаки самоорганізації й еволюції КГС зони техногенезу соляних родовищ Карпатського регіону такі:

1) суцільне й селективне вилуговування водорозчинних мінералів, зумовлене їхньою різною розчинністю;

© Дяків Василь, 2018

2) формування шорстких поверхонь вилуговування, залишкового “скелета”, каналів, промоїн;

3) вивільнення, осадження, транспортування, акумулювання, гідроізоляційний ефект недорозчинених реліктів та нерозчинних компонентів;

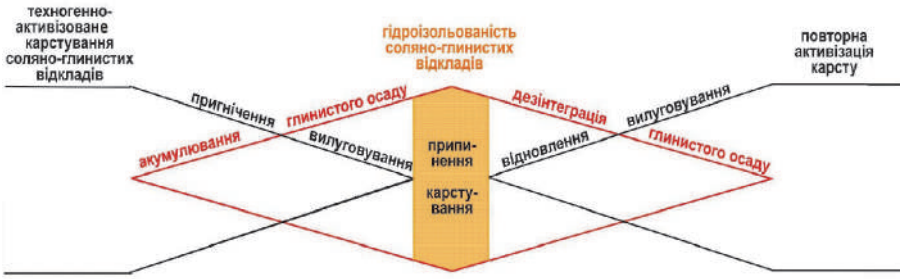
4) стратифікація ламінарних потоків карстових вод за їхнім хімічним складом;

5) активне змішування й усереднення хімічного складу карстових вод, донна ерозія гідроізоляційного екрану, активізація вилуговування на ділянках турбулентних потоків;

6) тимчасове і тривале пригнічення техногенно-активізованого карсту внаслідок провалів та в разі надходження теригенного матеріалу;

7) соляно-глиниста цементація.

Виконані дослідження засвідчили, що поведінка соляно-глинистих мінеральних асоціацій за умов техногенно-зміненого геологічного середовища соляних родовищ відповідає дисипативним системам, які функціонують за принципом циклічного зворотного зв’язку процесів вилуговування та акумулювання гідроізолювального осаду, що пригнічує розчинення та його дезінтеграцію (див. рисунок). У таких системах відбувається циклічна зміна стадії вилуговування легкорозчинних мінералів в агресивному середовищі стадією вивільнення важкорозчинних і нерозчинних компонентів, які блокують дезінтеграцію й підтримують динамічну рівновагу, та стадією її порушення.



Принцип зворотного зв’язку процесів вилуговування й акумулювання гідроізолювального осаду, що пригнічує розчинення та його дезінтеграцію.

Характерною ознакою соляно-глинистих відкладів за таких умов є їхнє активне розчинення, вирівнювання поверхні, акумулювання нерозчинного осаду. Умови та механізм утворення елювіальних відкладів соляно-глинистих покладів з’ясовано у працях багатьох дослідників [1, 3 та ін.]. Загалом уважають, що в зоні активного водообміну підземні води, агресивні щодо соляних мінералів, швидко насичуються і стають розсолом, тобто рідиною, важчою і більш в’язкою, ніж прісна вода. Шар розсолів, який виник на поверхні розчинення, цілком втрачає агресивність і водночас захищає соляні мінерали від доступу агресивної води. Незважаючи на агресивність вод щодо соляних мінералів, їхнє вилуговування відбувається латерально, тому природна циркуляція не приводить до появи типового карстового рельєфу: утворення карстових форм нівельоване більш-менш рівномірним “злиттям” поверхні соляного масиву на всій площі виходу в зону активного водообміну, акумулюванням нерозчинного осаду та його перекристалізацією. Так відбувається гідроізоляція соляних масивів за нерівноважних фізико-хімічних умов, а зона елювіальних відкладів стає дисипативною системою (ознака їхньої самоорганізації) [2].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Дзенс-Литовский А. И.* Соляной карст СССР / А. И. Дзенс-Литовский. – Л. : Недра, 1966. – 167 с.
2. *Дяків В. О.* Дисипативні системи соляно-глинистих мінеральних асоціацій в умовах агресивних середовищ (на прикладі соляних родовищ Карпатського регіону) / В. О. Дяків // Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування : Третя наук.-практ. конф. : матеріали. – К., 2016. – С. 292–296.
3. *Короткевич Г. В.* Соляной карст / Г. В. Короткевич. – Л. : Недра, 1970. – 255 с.

Стаття: надійшла до редакції 30.07.2018
прийнята до друку 06.08.2018

Vasyl Diakiv

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

MINERAL AND GEOCHEMICAL REGULARITIES OF SELF-ORGANIZATION AND EVOLUTION OF KARST HYDROGEOLOGICAL SYSTEMS IN TECHNOGENIC ZONES OF THE CARPATHIAN SALT DEPOSITS

Within the limits of Stebnytske and Kalush-Holynske deposits of potassium ores and Solotvynske deposit of rock salt, due to the long mining work, karst hydrogeological systems have been formed, which have been studied in detail during the last 15 years. The typical hydrogeological and specific mineralogical and geochemical features of such systems are characterized.

The performed researches have shown that the behaviour of salt-clay mineral associations in the conditions of technogenically-modified geological environment of salt deposits corresponds to dissipative systems, which function on the principle of cyclic feedback of leaching and accumulation of waterproofing sediment, which suppresses dissolution and its disintegration.

Key words: karst hydrogeological system, deposits of potassium salts, deposits of rock salt, salt-clay deposits, self-organization of systems, Carpathian region, Ukraine.

MINERALOGICAL COLLECTION
2018. N 68, Is. 1. P. 184–186
ISSN 2078-6220

МІНЕРАЛОГІЧНИЙ ЗБІРНИК
2018. № 68, вип. 1. С. 184–186
ISSN 2078-6220

УДК 553.981:552.52 (477.8)

Ігор Попп, Михайло Шаповалов, Петро Мороз

Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України,
вул. Наукова, 3а, Львів, Україна, 79060,
itpopp@ukr.net

МІНЕРАЛОГІЧНИЙ ТА ГЕОХІМІЧНИЙ АСПЕКТ ПРОБЛЕМИ СЛАНЦЕВОГО ГАЗУ (НА ПРИКЛАДІ ЧОРНИХ АРГІЛІТІВ ЗАХОДУ УКРАЇНИ)

Досліджено речовинний склад потенційно газоносних глинистих відкладів нижнього силуру Волино-Подільської окраїни Східноєвропейської платформи у контексті формування покладів сланцевого газу. Запропоновано теоретичні моделі геохімічних і фізико-хімічних процесів, які відбуваються під час седиментогенезу й літогенезу газоносних вуглецевмісних глинистих і кременисто-глинистих відкладів (“газоносних сланців”) та розробляння покладів сланцевого газу.

Ключові слова: сланцевий газ, чорні аргіліти, глинисті мінерали, органічний вуглець, Волино-Подільська окраїна Східноєвропейської платформи.

Під час дослідження умов формування покладів так званого сланцевого газу постають такі питання: як газ потрапив у нині закриті пори та які мінералогічні й геохімічні особливості глинистих відкладів сприяли його акумуляції?

У контексті цієї проблеми ми вивчали речовинний склад потенційно газоносних нижньосилурійських глинистих відкладів Волино-Подільської окраїни Східноєвропейської платформи. Ці осадові утворення ми трактуємо як колишні газоматеринські відклади, з яких газ не зміг з певних причин цілком мігрувати.

Асоціація глинистих мінералів у глинистих породах S_1 представлена головно гідрослюдою та хлоритом, значно менше є каолініту і змішаношаруватих утворень типу гідрослюда–монтморилоніт. Породи містять домішки кварцу, кальциту, польового шпату. Виявлено ознаки адсорбції органічних сполук глинистими мінералами.

Зазначимо, що у скременілих бітумінозних аргілітах нижньої крейди й олігоцену Українських Карпат (шипотська та менілітова світи) змішаношаруваті утворення типу гідрослюда–монтморилоніт наявні в порівняно більшій кількості, причому їхній уміст зменшується в зоні глибинного катагенезу.

Згідно з результатами досліджень, виділено такі різновиди порід:

1) чорні скременілі аргіліти – текстура масивна; $SiO_{2вільн}$ – 14,10–14,50 %, алюмосилікати – до 82,27–82,44 %; порівняно мало карбонатів ($CaCO_3$ – 2,07–2,27 %); вміст $C_{орг}$ становить 0,36–0,88 %, піриту FeS_2 – 0,26–0,34 %;

2) темно-сірі аргіліти – текстура сланцювата; дуже мало кварц-халцедонового матеріалу: $SiO_{2вільн}$ – 0,67 %, алюмосилікати – до 90,56 %; вміст кальциту вищий ($CaCO_3$ – 3,40 %); $C_{орг}$ – 2,35–2,43 %; пірит – 2,33 %;

© Попп Ігор, Шаповалов Михайло, Мороз Петро, 2018

3) темно-сірі скременілі аргіліти – текстура косо-шарувата; $SiO_{2вільн}$ – 13,87 %, алюмосилікати – до 72,34 %; органічної та карбонатної складової найбільше, %: $C_{орг}$ – 3,44–3,51, $CaCO_3$ – 7,97; пірит – 1,43 %.

У чорних скременілих аргілітах органічної речовини недостатньо, щоб забезпечити реалізацію їхніх газоматеринських властивостей та гідрофобізацію порового простору. Породи з порівняно вищим вмістом $C_{орг}$ за сприятливих геологічних і геохімічних умов можуть гідрофобізуватися й бути колекторами вуглеводнів, зокрема "сланцевого газу".

Для однозначних висновків щодо потенційної газоносності всієї нижньосилурійської товщі треба детальніше вивчити закономірності розподілу в ній органічної речовини, адже вміст $C_{орг}$ є важливою ознакою для діагностики потенційних колекторів сланцевого газу. Його можуть генерувати тільки ті породи, які містять 2–10 % і більше $C_{орг}$. Розсіяна органічна речовина порід є джерелом утворення газу, а також сорбентом газу і чинником гідрофобізації порового простору. Цей процес особливо важливий для формування фільтраційно-ємнісних властивостей низькопористих колекторів, у яких, на відміну від високопористих піскуватих колекторів, різко переважають пори капілярного й субкапілярного розміру. Саме в них на межі тверда–рідка або тверда–газоподібна фази відбуваються відповідні процеси. Тільки гідрофобізовані аргіліти можуть бути колекторами нафти й газу, тоді як гідрофільні глинисті породи міститимуть лише воду. Досить ефективним сорбентом газу, крім гідрофобізованої глинистої речовини, є й частинки органічної речовини (керогену).

Запропоновано теоретичні моделі геохімічних і фізико-хімічних процесів, які відбуваються під час седиментогенезу й літогенезу газоносних вуглецевмісних глинистих і кременисто-глинистих відкладів ("газоносних сланців") та розробляння покладів сланцевого газу.

Важливу роль у формуванні газоносності досліджуваних порід відігравали такі чинники: нагромадження $C_{орг}$ у відкладах, інтенсивне діагенетичне метаноутворення, адсорбція органічних сполук поверхнею породоутворювальних мінералів і гідрофобізація порового простору порід, абсорбція метану та його газоподібних гомологів включеннями органічної речовини (керогену), ефект так званої капілярної конденсації газу, концентрація газу в закритому поровому просторі.

Седиментогенез досліджених вуглецевмісних відкладів відбувався за відновних анаеробних умов (океанічна безкиснева подія на межі ордовику й силуру – OAE-S_1). Протягом діагенезу та раннього катагенезу відбувалася гідрофобізація порід, а в пізньому катагенезі – утворення закритого порового простору, у якому газ є переважно в сорбованому й оклюдованому стані. Тому необхідною умовою для видобутку сланцевого газу є утворення штучної тріщинуватості і, певною мірою, руйнування самих порід. Застосовують метод гідророзриву пласта, унаслідок чого сорбований і оклюдований газ вивільняється й піднімається догори по свердловині. Однак такі технології шкодять навколишньому середовищу.

Для вирішення і теоретичних, і практичних (у тім числі екологічних) проблем, пов'язаних з вивченням та розробкою родовищ сланцевого газу, потрібні детальні мінералогічні й геохімічні дослідження.

Стаття: надійшла до редакції 13.07.2018
прийнята до друку 06.08.2018

Ihor Popp, Mykhailo Shapovalov, Petro Moroz

Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals of NASU,
3a, Naukova St., Lviv, Ukraine, 79060,
itpopp@ukr.net

MINERALOGICAL AND GEOCHEMICAL ASPECT OF NATURAL SHALE GAS PROBLEM (AT THE EXAMPLE OF BLACK ARGILLITES OF WESTERN UKRAINE)

The material composition of the Lower Silurian potentially gas-bearing clay deposits in the Volyno-Podilska margin of the East European platform has been investigated in the context of shale gas deposits formation.

The following factors played an important role in the formation of the gas content of the studied rocks: accumulation of C_{org} in sediments, intensive diagenetic methane formation, adsorption of organic compounds by the surface of rock forming minerals and hydrophobization of pore space in rocks, absorption of methane and its gaseous homologues by the inclusions of organic matter (kerogen), the effect of the so-called capillary condensation of gas, the concentration of gas in a closed porous space.

The theoretical models of geochemical and physico-chemical processes that occur during sedimentogenesis and lithogenesis of gas-bearing carbonaceous clays and siliceous-clay deposits ("gas-bearing shales") and exploitation of shale gas deposits are proposed.

Key words: shale gas, black argillites, clay minerals, organic carbon, Volyno-Podilska margin of the East European platform.

MINERALOGICAL COLLECTION
2018. N 68, Is. 1. P. 187–189
ISSN 2078-6220

МІНЕРАЛОГІЧНИЙ ЗБІРНИК
2018. № 68, вип. 1. С. 187–189
ISSN 2078-6220

УДК 553.94:549.08(477.8)

Михайло Матрофайло[1], Володимир Лазар[2], Микола Король[3], Ярослава Яремчук[1]

[1]*Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України,*
вул. Наукова, 3а, Львів, Україна, 79060,
igggk@mail.lviv.ua
[2]*ДП "Львіввугілля",*
вул. Б. Хмельницького, 26, Сокаль, Львівська обл., Україна, 80000,
lazar_v@meta.ua
[3]*Відокремлений підрозділ "Геологорозвідувальна експедиція" ДП "Львіввугілля",*
вул. Устилузька, 19, Володимир-Волинський, Волинська обл., Україна, 44700,
geolog@vv.lt.ukrtel.net

МІНЕРАЛЬНИЙ СКЛАД НЕОРГАНІЧНОЇ ЧАСТИНИ ВУГІЛЛЯ ПРОМИСЛОВИХ ПЛАСТІВ МЕЖИРІЧАНСЬКОГО РОДОВИЩА (ЛЬВІВСЬКО-ВОЛИНСЬКИЙ КАМ'ЯНОВУГІЛЬНИЙ БАСЕЙН)

Наведено результати морфологічного аналізу промислових вугільних пластів Межирічанського родовища Львівсько-Волинського вугільного басейну. Схарактеризовано мінеральний склад неорганічної частини вугілля пластів $n_7^н$, $n_7^в$, n_8, $n_8^в$ (бужанська світа башкирського ярусу C_2).

Ключові слова: кам'яне вугілля, морфоструктури вугільних пластів, неорганічна складова вугілля, рентгенофазовий аналіз, Львівсько-Волинський кам'яновугільний басейн.

На підставі результатів морфологічного аналізу та з урахуванням співвідношення органічної й неорганічної складових вугілля ми визначили основні морфоструктури промислових вугільних пластів Межирічанського родовища Львівсько-Волинського басейну (ЛВБ) та зональну зміну їхньої будови. Виявлені особливості морфолого-генетичної зональності вугільних пластів та характер і масштаби прояву морфологічних змін засвідчують складну блокову будову вугленосної товщі. На території басейну поширені переважно морфолого-генетичні зони першого і другого типів, які утворилися за умов стабільного й порівняно стабільного нагромадження органічної речовини. Морфолого-генетичні зони третього типу, які формувалися за нестабільних умов нагромадження фітомаси, приурочені, головно, до Південно-Західного вугленосного району.

За допомогою дифрактометричного рентгенівського аналізу визначено мінеральний склад неорганічної частини вугілля основних промислових пластів Межирічанського родовища. Проби відібрано в шахтах з пластів $n_7^н$, $n_7^в$, n_8, $n_8^в$ (бужанська світа башкирського ярусу C_2).

Рентгенофазовий аналіз проб вугілля засвідчив, що вони відрізняються між собою за якісним і кількісним складом мінералів, серед яких визначено каолініт, пірит, кальцит,

© Матрофайло Михайло, Лазар Володимир, Король Микола, Яремчук Ярослава, 2018

доломіт, гідрослюду, гідроксиди заліза (див. таблицю). Каолініт наявний у більшості проб, піриту дещо менше. Кальцит, як і доломіт, у одній пробі є домішкою, у іншій – єдиним мінералом, інколи асоціює з каолінітом і піритом. Гідрослюду ідентифіковано тільки в одній пробі, як і домішку гідроксидів заліза.

Склад неорганічної частини вугілля робочих пластів
Межирічанського родовища за результатами дифрактометричного аналізу

Номер проби	Шахта	Вугільний пласт	Місце відбирання проби (номер лави)	Марка вугілля	Мінеральні включення
1	Відродження	n_8	438	Жк	Кальцит
2	Великомостівська	$n_7^н$	112	Гк	Доломіт
3	Межирічанська	$n_7^в$	389 біс, оконтурювальний штрек	Гк	Пірит, гідроксиди заліза?
4		$n_7^н$	189	Сапропелеве	Пірит, каолініт, кальцит?
5				Гк	Каолініт, доломіт?
6	Червоноградська	n_8	439	Гк	Каолініт
7	Степова	$n_8^в$	565, оконтурювальний штрек	Г	Гідрослюда, каолініт
8		$n_7^н$	121	Гк	Пірит, каолініт
9	Лісова	$n_8^в$	525	Ж	Кальцит, пірит, каолініт

Опукле підняття фону (гало) у ділянці 12–37° 2θ на дифрактограмах свідчить про переважний вміст у пробах органічного матеріалу, можна припустити також наявність у них рентгеноаморфного кремнезему (халцедон, опал) та/чи нескристалізованих гідроксидів заліза. Усе це зумовлює зниження чутливості аналізу щодо визначення в пробах польових шпатів.

Отримані нами дані підтверджують результати попередніх досліджень: у прозорих шліфах під мікроскопом у вугіллі виявлено тонкодисперсний глинистий матеріал, теригенний і аутигенний кварц, плагіоклази (альбіт та ін.), халцедон, доломіт, кальцит, каолініт, гідроксиди заліза, пірит, а також слабко обкатаний грубоуламковий матеріал аргілітів, алевролітів, пісковиків, вапняків і сидеритів. Примітно, що дифрактометричним аналізом ми не виявили в досліджених пробах кварц і плагіоклази, натомість діагностовано каолінітовий та гідрослюдисто-каолінітовий матеріал. Зазначимо, що петрографічні дослідження стосувалися всього ЛВБ, а рентгенівські – тільки Межирічанського родовища.

Для поліпшення інформативності дифрактометричного рентгенівського методу дослідження вугілля доцільно вдосконалити методику збагачення неорганічної складової проб.

Стаття: надійшла до редакції 27.07.2018
прийнята до друку 06.08.2018

Mykhailo Matrofailo[1], Volodymyr Lazar[2], Mykola Korol[3], Yaroslava Yaremchuk[1]

[1]*Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals of NASU,*
3a, Naukova St., Lviv, Ukraine, 79060,
igggk@mail.lviv.ua
[2]*SE "Lvivvuhillia",*
26, B. Khmelnytskoho St., Sokal, Lviv region, Ukraine, 80000,
lazar_v@meta.ua
[3]*SU "Geological Exploration Expedition" SE "Lvivvuhillia",*
19, Ustyluzka St., Volodymyr-Volynskyi, Ukraine, 44700,
geolog@vv.lt.ukrtel.net

MINERAL COMPOSITION OF THE INORGANIC PART OF COAL OF THE MEZHYRICHANSKE DEPOSIT INDUSTRIAL COAL BEDS (LVIV-VOLYN COAL BASIN)

The results of the morphological analysis of Mezhyrichanske deposit industrial coal beds in Lviv-Volyn coal basin are given. The mineral composition of the coal inorganic part from the beds of $n_7^н$, $n_7^в$, n_8, $n_8^в$ (Buzhanska suite, Bashkirian stage of C_2) is characterized. Using X-ray diffraction analysis, minerals such as kaolinite, pyrite, calcite, dolomite, hydromica, iron hydroxides have been found.

Key words: coal, morphostructure of coal beds, inorganic component of coal, X-ray phase analysis, Lviv-Volyn coal basin.

MINERALOGICAL COLLECTION
2018. N 68, Is. 1. P. 190–194
ISSN 2078-6220

МІНЕРАЛОГІЧНИЙ ЗБІРНИК
2018. № 68, вип. 1. С. 190–194
ISSN 2078-6220

УДК 549:050(477)

Анна Радченко

Видавничий дім "Академперіодика" НАН України,
вул. Терещенківська, 4, Київ, Україна, 01004,
radchenko@nas.gov.ua

НАУКОВА ПЕРІОДИКА З МІНЕРАЛОГІЇ В УКРАЇНІ: НАПРЯМИ РОЗВИТКУ

Стисло схарактеризовано три головні вітчизняні наукові періодичні видання мінералогічного спрямування: "Записки Українського мінералогічного товариства", "Мінералогічний журнал" та "Мінералогічний збірник". За допомогою контекстного аналізу назв видань за кілька років визначено основні тематичні акценти вміщених у них публікацій. Виконано порівняння з чотирма найбільш цитованими за даними наукометричної бази даних Web of Science Core Collection виданнями відповідної тематики. Окреслено перспективні напрями розвитку мінералогічної періодики в Україні.

Ключові слова: науковий журнал, "Записки Українського мінералогічного товариства", "Мінералогічний журнал", "Мінералогічний збірник", мінералогія, рубрика, цитування.

Кожна вітчизняна наукова установа і кожний заклад вищої освіти нині змушені вирішити долю власних періодичних видань: закривати їх чи інтенсивно розвивати. Причин цьому багато. Брак фінансування на наукову й видавничу діяльність та збройна агресія Російської Федерації спричинили скорочення чисельності наукових працівників і, як наслідок, загальне зменшення кількості придатних до опублікування наукових результатів. Зокрема, кількість наукових публікацій установ Відділення наук про Землю НАН України у 2015 р. була на 30 % менша, порівняно з 2012 р. Глобалізаційні процеси призвели не тільки до панування англійської мови, а й до уніфікації вимог до наукових публікацій як в організаційній частині (публікаційна етика, рецензування, залучення працівників та авторів з якомога більшої кількості країн, необхідність відхилення бодай чверті публікацій), так і стосовно рівня та якості оприлюднюваних результатів. Нині важко оприлюднити за кордоном публікацію, у якій описано результати, що їх отримано за давніми методиками на застарілому обладнанні. Важливими є і внутрішньодержавні новації: 1) запровадження методик оцінювання діяльності наукових і навчальних установ, у яких беруть до уваги не тільки кількість публікацій, а й кількість періодичних видань в установі; 2) набуття 01.01.2016 р. чинності Закону України "Про реформування державних і комунальних друкованих засобів масової інформації", відповідно до якого органи державної влади, інші державні органи та органи місцевого самоврядування не можуть бути засновниками (співзасновниками) друкованих засобів масової інформації; 3) наказ МОН України від 15.01.2018 р. № 32 "Про затвердження Порядку формування Переліку наукових фахових видань України".

© Радченко Анна, 2018

Навіть не акцентуючи увагу на тому, що в Україні нині забагато наукових періодичних видань (їхня кількість сумірна з кількістю наукової періодики в РФ і втричі більша, ніж у Польщі), і проаналізувавши зазначені тенденції й документи, можна дійти висновку, що видання, яке хоче вижити, повинно бути сучасним, помітним, ефективним, принадним для потенційних членів редакційних колегій, рецензентів і авторів. Для задоволення цих вимог видання мусить мати чітке тематичне спрямування, займати певну тематичну нішу, а не дублювати іншу періодику бодай частково.

Виконане три роки тому дослідження масиву наукових публікацій у журналах Відділення наук про Землю НАН України засвідчило [2], що кількість закордонних авторів публікацій у них становить 3–23 %, а власне видання надзвичайно міцно поєднані за мережею авторів і тематикою, проаналізованою за УДК. Однак "Мінералогічний журнал" дещо відокремлений від осередку, що його формують "Геологічний журнал", "Геофізичний журнал" і "Геологія та корисні копалини Світового океану".

Для того, щоб вирішувати долю видання, потрібно мати чітке уявлення про його реальний стан, знати його сильні та слабкі сторони. Дослідження, метою якого було одержання такого "портрета" видання, ми виконали для журналу "Записки Українського мінералогічного товариства"; відповідну публікацію подано до цьогорічного тому.

Опубліковані матеріали наявних 13 томів "Записок " проаналізовано за рубриками, авторами й тематикою, отримано певні кількісні показники, які характеризують діяльність друкованого органу Українського мінералогічного товариства (УМТ) протягом 2004–2016 рр. Частиною дослідження було з'ясування пріоритетного наукового спрямування видання, для чого застосовано частотний аналіз повнозначних слів назв наукових статей. З дослідження ми вилучили матеріали новинневого і хронікального характеру, а також службові частини мови; усі назви перекладено українською мовою. З'ясовано, що для авторів 186 статей "Записок УМТ" загалом пріоритетними є особливості мінералогії (мінералів) родовищ, руд, порід України, передовсім Українського щита: саме ці слова у назвах трапляються найчастіше (див. рисунок, *а*).

Аналогічна частотна хмара за назвами видань 132 наукових статей "Мінералогічного журналу" протягом 2014–2017 рр. засвідчує такі акценти: особливості порід Українського щита і Приазов'я, їхній вік та склад (див. рисунок, *б*), а 302 наукові статті "Мінералогічного збірника" (2004–2016 рр.) присвячені, здебільшого, висвітленню особливостей порід і мінералів (мінералогії) Карпат і Українського щита (див. рисунок, *в*).

Отже, відмінностей мало. Проте цілі, задекларовані виданнями, дещо відрізняються. "Записки УМТ" орієнтовані на "загальні питання мінералогії, основні проблеми мінералогії України та науково-організаційну діяльність Українського мінералогічного товариства", "Мінералогічний збірник" – на "актуальні питання мінералогії, геохімії, петрології та екології України та інших регіонів", а "Мінералогічний журнал" – на "висвітлення питань з мінералогії, біомінералогії, геохронології, пошукової та екологічної геохімії, петрології, рудоутворення, мінералогічних і геохімічних методів пошуку та оцінки родовищ корисних копалин".

Водночас, аналіз чотирьох наукових журналів ("Mineralium Deposita", "Minerals Engineering", "Mineralogical Magazine" та "Minerals"), статті з яких становлять сотню найбільш цитованих у Web of Science Core Collection (WoS CC) за 2014–2018 рр., свідчить, що акценти змістились у бік питань прикладної мінералогії [1], зокрема промислової, техногенної та технологічної, спрямованої на забезпечення енергоощадного виробництва та відновлення довкілля, а також у бік методологічної й методичної складових тонких мінералогічних досліджень.

а *б*

в

Частотність повнозначних слів у назвах наукових статей українських наукових періодичних видань з мінералогії:
а – “Записки Українського мінералогічного товариства”; *б* – “Мінералогічний журнал”; *в* – “Мінералогічний збірник”.

Якщо мати на меті розвиток проаналізованих наукових періодичних видань, то з викладеного можна дійти таких висновків.

Вітчизняним виданням мінералогічного спрямування варто переглянути задекларовану мету діяльності й осучаснити пріоритетні напрями публікацій з огляду на світові тенденції. Бажано також глибше розділити сфери наукових зацікавлень, формуючи певне коло рецензентів та авторів.

Доцільно більше уваги приділяти питанням мінерально-сировинної бази, зокрема освоєнню техногенних родовищ, орієнтуючись не тільки на вилучення корисних компонентів, а й на поліпшення стану довкілля. Висвітлюючи результати прикладних робіт, потрібно приділяти увагу якості опису виконаних досліджень, акцентувати увагу на застосованих методах, класичних і нових методиках, методологічних напрацюваннях. Адже провідні світові видання вимагають таких описів, які би задовольняли вимоги щодо відтворюваності результатів.

Щораз більшої ваги у світі набувають публікації оглядового характеру, а також роботи, спрямовані на підвищення престижу наукової праці. Також для всього “неангломовного” світу актуальними є питання збереження й розвитку національної наукової термінології. Адже тільки популяризація наукових досліджень та розвиток термінології

можуть забезпечити відповідний інтенсивний розвиток навчальних програм, дають змогу постійно осучаснювати освіту й прирощувати людський капітал держави.

Обов'язково потрібно осучаснити веб-ресурси мінералогічних видань, орієнтуючись на фактично вже уніфіковану в усьому світі структуру наукового періодичного видання, доповнити подану на веб-ресурсах інформацію розлогими відомостями про членів редакційних колегій, дотримання авторського права та публікаційної етики, застосування користувацьких ліцензій, здійснення рецензування й порядку розгляду матеріалів, оформлення пристатейних переліків посилань у такий спосіб, щоб вони забезпечували можливість перехресних посилань в електронному вигляді, актуалізувати наповнення сторінок англійською мовою тощо. Нині обов'язковим для наукового періодичного видання є використання сучасних цифрових ідентифікаторів науковців – рецензентів, членів редколегій та авторів (ORCID, ResearcherID та ін.) та цифрових ідентифікаторів статей (DOI).

У разі виконання наведених умов видання зможе претендувати на входження до тематичних чи загальнонаукових наукометричних баз і збереже власні позиції в державному переліку наукових фахових видань. Ці кроки дадуть змогу зберегти й розширити потенційну читацьку аудиторію і, відповідно, коло авторів. А відоме помітне видання з виразною тематикою та якісним наповненням стане додатковою позитивною рисою наукової установи чи навчального закладу, збільшуватиме шанси на отримання ліпших умов для продовження актуальних наукових досліджень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Матковський О. І.* Прикладна мінералогія : навч. посібник / О. І. Матковський, Б. І. Пирогов. – Львів : Видавн. центр ЛНУ імені Івана Франка, 2002. – 285 с.
2. *Радченко А. І.* Геологічна наука в академічних публікаціях / А. І. Радченко, Ю. В. Діденко // Nauka Innov. – 2016. – Vol. 12, N 3. – P. 14–26. doi: https://doi.org/10.15407/scin12.03.014

Стаття: надійшла до редакції 23.07.2018
прийнята до друку 06.08.2018

Anna Radchenko

Publishing House "Academperiodyka" of NAS of Ukraine,
4, Tereshchenkivska St., Kyiv, Ukraine, 01004,
radchenko@nas.gov.ua

SCIENTIFIC PERIODICALS IN MINERALOGY IN UKRAINE: DIRECTIONS OF DEVELOPMENT

Three main Ukrainian mineralogical appropriation scientific periodicals are briefly described: "Mineralogical Journal (Ukraine)", "Mineralogical Review" (now "Mineralogical Collection"), "Notes of Ukrainian Mineralogical Society". The context analysis of the publication titles for several years shows the main thematic focus presented in these publications. The comparison with the four most quotable publications of the respective subjects according to the Web of Science Core Collection database has been performed. The prospective directions of mineralogical periodicals in Ukraine development are outlined.

Key words: scientific journal, "Notes of Ukrainian Mineralogical Society", "Mineralogical Journal (Ukraine)", "Mineralogical Review" ("Mineralogical Collection"), mineralogy, headings, quotation.

ЗМІСТ

Орест Матковський, Володимир Павлишин
РОЛЬ ГЕОЛОГІЧНОЇ СЛУЖБИ УКРАЇНИ В РОЗВИТКУ МІНЕРАЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ (ДО 100-РІЧЧЯ ЗАСНУВАННЯ УКРАЇНСЬКОГО ГЕОЛОГІЧНОГО КОМІТЕТУ)..... 3

Ганна Кульчицька, Ірина Герасимець, Володимир Бельський
ГЕНЕЗИС СКЕЛЕТНИХ І ЗОНАЛЬНИХ ПСЕВДОМОНОКРИСТАЛІВ..... 24

Микола Павлунь
ДЕЯКІ АСПЕКТИ ПРИРОДИ Й ЕВОЛЮЦІЙНОЇ СТРУКТУРИ ЗОНАЛЬНОСТІ ЗРУДЕНІННЯ ГІДРОТЕРМАЛЬНОГО КЛАСУ ТА ЇЇ ТЕОРЕТИКО-ПРИКЛАДНЕ ЗНАЧЕННЯ..... 30

Віктор Мельничук
КРИТЕРІЇ ПРОГНОЗУВАННЯ МІДНОГО ЗРУДЕНІННЯ У ТРАПАХ ВОЛИНІ..... 36

Мирон Ковальчук, Віталій Сукач, Олексій Вишневський
ЗОЛОТОНОСНІСТЬ ВАРВАРІВСЬКОГО Й АДАМІВСЬКОГО РУДНИХ ПОЛІВ ВЕРХІВЦІВСЬКОЇ ЗЕЛЕНОКАМ'ЯНОЇ СТРУКТУРИ..... 40

Віталій Сукач, Мирон Ковальчук, Олексій Вишневський, Сергій Неживой
ЗОЛОТО З РУДОНОСНИХ ПОРІД ГАЙЧУРСЬКОЇ ДІЛЯНКИ (ЗАХІДНЕ ПРИАЗОВ'Я)..... 45

Мирон Ковальчук, Любов Фігура, Ірина Капеліста
ЗОЛОТОНОСНІСТЬ МОГИЛІВ-ПОДІЛЬСЬКОЇ ДІЛЯНКИ ТА НАПРЯМИ ЇЇ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ..... 49

Николай Зинчук
ОСОБЕННОСТИ АЛМАЗОВ В ДРЕВНИХ ОСАДОЧНЫХ ТОЛЩАХ..... 54

Світлана Тіхлівець, Валентина Філенко
МОРФОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ МАГНЕТИТУ ПРОДУКТИВНОЇ ТОВЩІ ПІВНІЧНОГО РАЙОНУ КРИВОРІЗЬКОГО БАСЕЙНУ..... 58

Степан Кривдік, Віктор Шаригін, Олександр Дубина
Ta-Nb МІНЕРАЛІЗАЦІЯ В ЛУЖНИХ ПОРОДАХ ПРИАЗОВ'Я І ПРИДНІПРОВ'Я..... 62

Віталій Харитонов, Таїсія Харитонова
ЗОЛОТОВМІСНІ МІНАЛИ У СКЛАДІ ІЛЬМЕНІТУ НОСАЧІВСЬКОГО РОДОВИЩА..... 67

Олександр Вовк, Галина Занкович, Ігор Наумко
ОСОБЛИВОСТІ КРИСТАЛОМОРФОЛОГІЇ МАРМАРОСЬКИХ "ДІАМАНТІВ" ІЗ ЖИЛ У ФЛІШОВИХ ВІДКЛАДАХ КРОСНЕНСЬКОЇ СТРУКТУРНО-ФАЦІАЛЬНОЇ ОДИНИЦІ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ (РАЙОН НОВОГО БЕСКИДСЬКОГО ТУНЕЛЮ)..... 72

Євген Луньов
ПОЙКІЛІТОВИЙ НЕФЕЛІН ІЗ МАЛІНЬЇТІВ ПОКРОВО-КИРИЇВСЬКОГО МАСИВУ..... 76

Олена Гречановська, Олексій Гречанівський, Лідія Канунікова
МЕТАМІКТНІСТЬ ЦИРКОНУ ЯСТРУБЕЦЬКОГО РУДОПРОЯВУ ТА АЗОВСЬКОГО Zr-REE РОДОВИЩА (УКРАЇНСЬКИЙ ЩИТ) ЗА ДАНИМИ РЕНТГЕНІВСЬКОГО АНАЛІЗУ..... 80

Kateryna Shniukova
INCLUSIONS IN ZIRCONS FROM VOLCANIC ROCKS OF THE LOMONOSOV SUBMARINE MASSIF..... 85

Катерина Ільченко, Олена Гречановська, Євген Науменко, Сергій Старик
ДЕЯКІ КРИСТАЛОХІМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЛУЖНОГО ТУРМАЛІНУ ЗА ДАНИМИ ІНФРАЧЕРВОНОЇ СПЕКТРОСКОПІЇ ТА РЕНТГЕНІВСЬКОГО АНАЛІЗУ..... 89

Oleksandr Dubyna, Viktor Sharygin, Stepan Kryvdik, Oleksandr Mytrokhin
KAINOSITE-(Y) IN VEINED SYENITES OF THE PENYZEVYCHI QUARRY (KOROSTEN PLUTON, UKRAINE)..... 94

Віра Гаценко, Олександр Андрєєв
ПІРОКСЕНИ ПОРІД ПОКРОВО-КИРИЇВСЬКОГО МАСИВУ: ОСОБЛИВОСТІ МОРФОЛОГІЇ ТА ХІМІЧНОГО СКЛАДУ..... 99

Надія Юрченко, Олена Павлова
АМФІБОЛИ ПОРІД ЗОНИ ФЕНІТИЗАЦІЇ ЧЕРНІГІВСЬКОГО КАРБОНАТИТОВОГО МАСИВУ ТА ЇХНІ ОПТИКО-СПЕКТРОСКОПІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ..... 103

Степан Кривдік, Віктор Шаригін, Олександр Дубина
Na-АСТРОФІЛІТ МАЛОТЕРСЯНСЬКОГО МАСИВУ (СЕРЕДНЄ ПРИДНІПРОВ'Я)..... 107

Степан Кривдік, Віктор Шаригін, Олександр Дубина
ЕНІМАГТИТ ІЗ НЕФЕЛІНОВОГО СІЄНІТУ МАЛОТЕРСЯНСЬКОГО МАСИВУ (СЕРЕДНЄ ПРИДНІПРОВ'Я)..... 113

Василь Загнітко, Ірина Квасниця, Володимир Мороз, Любов Проскурка
КРИСТАЛОМОРФОЛОГІЯ, ГЕОХІМІЯ ТА ГЕНЕЗИС КАРБОНАТНИХ УТВОРЕНЬ ГІРСЬКОГО КРИМУ..... 118

Олександр Андрєєв, Олена Хлонь, Сергій Савенок
РІДКІСНІ АЛЮМОФОСФАТИ ПАЛЕОПРОТЕРОЗОЙСЬКИХ ПІСКОВИКІВ ВОЛИНСЬКОГО МЕГАБЛОКА УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА..... 122

Антон Вальтер, Олександр Андрєєв, Анатолій Писанський, В'ячеслав Павлюк
ФОРМУЛИ МІНЕРАЛІВ З ВИСОКИМ ВМІСТОМ РАДІОГЕННИХ ІЗОТОПІВ 126

Орест Матковський, Ігор Наумко, Микола Павлунь
ЕТАПИ ТА ПЕРІОДИ РОЗВИТКУ ТЕРМОБАРОГЕОХІМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ В УКРАЇНІ..... 129

Тетяна Лупашко, Аркадій Таращан, Катерина Ільченко, Олена Гречановська, Віктор Гаращенко
ОСОБЛИВОСТІ ФЛЮЇДНОГО РЕЖИМУ ФОРМУВАННЯ РІДКІСНОМЕТАЛЕВИХ РОДОВИЩ ЛУЖНИХ ПОРІД ЗА ДАНИМИ СПЕКТРОСКОПІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ МІНЕРАЛІВ..... 135

Ігор Наумко, Леонід Скакун, Тарас Бринський, Богдан Сахно
СПЕЦИФІКА ГАЗОВОГО РЕЖИМУ ЕФУЗИВНИХ ПРОЦЕСІВ ПІД ЧАС ФОРМУВАННЯ АНДЕЗИТІВ ВИГОРЛАТ-ГУТИНСЬКОГО ВУЛКАНІЧНОГО ПАСМА..... 139

Кирило Шкуренко
ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТОНКОЗЕРНИСТОЇ РЕЧОВИНИ ПРИМІТИВНИХ ХОНДРИТІВ..... 142

Віра Семененко, Аеліта Гіріч, Наталія Кичань
СТРУКТУРНО-МІНЕРАЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТЕОРИТА З УМОВНОЮ НАЗВОЮ "ВЕЛИКА БАЛКА"..... 146

Наталія Кичань, Аеліта Гіріч
СТРУКТУРИ УДАРНОГО МЕТАМОРФІЗМУ В МЕТЕОРИТІ "ВЕЛИКА БАЛКА"..... 149

Світлана Ширінбекова, Олександр Андрєєв
ОСОБЛИВОСТІ ЗВІТРЮВАННЯ ФОСФІДІВ У РЕЧОВИНІ ЗАЛІЗНОГО МЕТЕОРИТА *КААЛІ*..... 153

Николай Зинчук
ДРЕВНИЕ КОРЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ В КОМПЛЕКСЕ АЛМАЗОПОИСКОВЫХ РАБОТ..... 156

Любов Фігура
МОНАЦИТОНОСНІ ВІДКЛАДИ БАСЕЙНУ ВЕРХНЬОЇ ТЕЧІЇ ПІВДЕННОГО БУГУ..... 160

Марія Криницька
РЕЧОВИННИЙ СКЛАД БУРШТИНОНОСНИХ ВІДКЛАДІВ ЯК ІНДИКАТОР УМОВ БУРШТИНОНАГРОМАДЖЕННЯ..... 164

Олександр Клевцов, Антон Васін
МІНЕРАЛЬНИЙ СКЛАД АЛЮВІАЛЬНО-ПРОЛЮВІАЛЬНИХ ВІДКЛАДІВ ВЕРХІВ'ЇВ р. ТЕРЕК (ГРУЗІЯ)..... 167

Петро Білоніжка, Юрій Дацюк
ВПЛИВ ЕНДОГЕННИХ ПРОЦЕСІВ НА ОСАДОВЕ МІНЕРАЛОУТВОРЕННЯ 169

Альона Стеценко, Владислав Іванченко, В'ячеслав Стеценко
ОСОБЛИВОСТІ МІНЕРАЛЬНОГО ТА ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ТРАВЕРТИНІВ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОГО ПОХОДЖЕННЯ У КРИВОРІЖЖІ..... 172

Василь Дяків
МІНЕРАЛОГО-ГЕОХІМІЧНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ САМООРГАНІЗАЦІЇ Й ЕВОЛЮЦІЇ КАРСТОВИХ ГІДРОГЕОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ ЗОНИ ТЕХНОГЕНЕЗУ СОЛЯНИХ РОДОВИЩ КАРПАТСЬКОГО РЕГІОНУ... 181

Ігор Попп, Михайло Шаповалов, Петро Мороз
МІНЕРАЛОГІЧНИЙ ТА ГЕОХІМІЧНИЙ АСПЕКТ ПРОБЛЕМИ СЛАНЦЕВОГО ГАЗУ (НА ПРИКЛАДІ ЧОРНИХ АРГІЛІТІВ ЗАХОДУ УКРАЇНИ)..... 184

Михайло Матрофайло, Володимир Лазар, Микола Король, Ярослава Яремчук
МІНЕРАЛЬНИЙ СКЛАД НЕОРГАНІЧНОЇ ЧАСТИНИ ВУГІЛЛЯ ПРОМИСЛОВИХ ПЛАСТІВ МЕЖИРІЧАНСЬКОГГО РОДОВИЩА (ЛЬВІВСЬКО-ВОЛИНСЬКИЙ КАМ'ЯНОВУГІЛЬНИЙ БАСЕЙН)..... 187

Анна Радченко
НАУКОВА ПЕРІОДИКА З МІНЕРАЛОГІЇ В УКРАЇНІ: НАПРЯМИ РОЗВИТКУ..... 190