

<https://doi.org/10.15407/mineraljournal.42.01.003>
УДК 548.12 + 549.0 + 591/492

В.І. Павлишин, д-р геол.-мін. наук, проф., акад. ВШ.
Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення
ім. М.П. Семененка НАН України
03142, Київ, Україна, пр-т Акад. Палладіна, 34
E-mail: V.I.Pavlyshyn@gmail.com
Researcher ID: D-6558-2019

Д.К. Возняк, д-р геол. наук, гол. наук. співроб.
Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення
ім. М.П. Семененка НАН України
03142, Київ, Україна, пр-т Акад. Палладіна, 34
E-mail: dkvoznyak@ukr.net
<https://orcid.org/0000-0002-6124-2033>

СИМЕТРИЯ-ДИССИМЕТРИЯ КРИСТАЛІВ СЛЮД І ТОПАЗУ КАМЕРНИХ ПЕГМАТИТІВ ВОЛИНИ: КРИСТАЛОХІМІЧНІ, МОРФОЛОГІЧНІ, ГЕНЕТИЧНІ АСПЕКТИ

Камерні пегматити Волині у коростенських гранітах приурочені до зони, по якій до камер вільного росту кристалів тривалий час надходили продукти дегазації магми кислого й основного складу. Топаз — найпопулярніший мінерал волинських пегматитів. Характерна морфологічна особливість топазів із пегматитів Волині — сплюсненість кристалів уздовж нормалі до граней призми $\{110\}$, внаслідок чого їхня зовнішня симетрія понижена (диссиметризація). На прикладі диссиметризованих кристалів топазу чітко окреслюється така колізія: поняття кристал у випадку його диссиметризації втрачає значення мінерального індивіду, набуває гетерогенної будови, яка кореспондується з втратою найголовніших властивостей кристала — однорідності та анізотропії. Для таких диссиметризованих кристалів запропоновано термін "аномальний монокристал" — візуально однорідний кристал, окремі піраміди росту якого на мікроскопічній належать до різних точкових груп симетрії. Всебічно висвітлена крізь призму симетрії-диссиметрії тема "Флюїдні потоки та морфологія слюд і топазів" у камерних пегматитах Волині. Зроблено висновок: стовбчасті кристали Li-Fe слюд (інколи без пінакоїда $\{001\}$) є наслідком активної взаємодії двох симетрій (принцип Кюрі) — флюїдного потоку та кристала, а диссиметризація кристалів топазу відбувалась в умовах однобічного надходження глибинних флюїдних потоків із симетрією "стріли".

Ключові слова: симетрія-диссиметрія кристалів, глибинний флюїдний потік, топаз, літійово-залізісті слюди, камерні пегматити Волині.

Вступ. У дефініцію сучасної мінералогії залучено, окрім предметного, прикладний зміст: сприяти задоволенню потреб людства в мінеральній сировині та її раціональному використанні. Широке визначення мінералогії передовсім актуальне нині, в час кризового стану української економіки, особливо її геологічної галузі, наскрізь просякнutoї корупцією і криміналітетом.

Прикладна мінералогія — основний рушій розвитку практичної геології та економіки — спирається в свою чергу на теоретичні напрацювання, насамперед генетичні. Наприклад, як генетично розтлумачити наявність серед камерних пегматитів Волині тіл, які вміщують багатотонні кристали кварцу, різнорозмірні, у тому числі гігантські, кристали берилу загаль-

Цитування: Павлишин В.І., Возняк Д.К. Симетрія-диссиметрія кристалів слюд і топазу камерних пегматитів Волині: кристалохімічні, морфологічні, генетичні. *Мінерал. журн.* 2020. 42, № 1. С. 03—11. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.42.01.003>

ною масою 1,5 т, чи істотно топазових пегматитів (за мінеральним складом заноришів) зі 100-кілограмовими кристалами топазу? Донедавна ця проблема не мала розв'язку й для літєво-залізистих слюд із волинських пегматитів.

Мета статті — крізь призму симетрії-диссиметрії проілюструвати нові можливості використання цього всеосяжного вчення для вирішення генетичних проблем.

Результати вивчення та їх обговорення. Наші дослідження волинських пегматитів, початок яких припадає на 60-ті роки ХХ ст., однозначно стверджують, що ні первісна гранітна (коростенська) магма, ні генетично пов'язана з нею пегматитова магма, яка формувалася у гіпабісальних умовах, не мали ресурсу летких та інших компонентів для росту великих і гігантських кристалів [2, 3, 11].

У вирішенні цієї проблеми намітилося декілька підходів — тектонічний, термобарогеохімічний [2, 3], кристалохімічний і морфологічний, які нижче проінтерпретовано з погляду вчення про симетрію-диссиметрію.

Заглядаючи в історію створення та розвитку вчення про симетрію-диссиметрію, пов'язану з грецькими мудрецами, Л. Пастером, Є.С. Федоровим, П. Кюрі, О.В. Шубніковим, Г. Вейльомом, І.І. Шафрановським, М.П. Юшкіним, В.С. Урусовим, мимоволі і неодмінно згадуємо великого В.І. Вернадського, який ще 1931 року писав *"Ясно, що принцип симетрії... в науке будет играть основную роль"* [1]. Це передбачення вченого збулося [14] і зачіпає наші інтереси.

Розупорядкування-упорядкування атомів у кристалічних структурах мінералів — поширене у природі явище. Ми згадуємо невпорядкований моноклінний санідін і впорядкований триклінний мікроклін; гексагональний і ромбічний кордієрит тощо, але не знаємо фазових переходів цього типу ромбічний — триклінний топаз, ромбічний — моноклінний топаз. Ці фазові перетворення тлумачаться поняттям "кінетичне упорядкування атомів", яке зазвичай називають ростовою диссиметризацією. Як кінетичні фазові переходи розуміють явища утворення деякої фази речовини в області стійкості іншої фази цієї речовини під дією (впливом) кінетичних чинників — швидкості росту, селективності приєднання атомів [16]. Кінетичні фазові переходи вказують — провідними параметрами в цьому випадку є не термодинамічні, а кінетичні чинники. Мова йде про

особливе кристалогенетичне явище, яке тривалий час було нерозгаданим, хоча відомо було чимало прикладів упорядкованого розподілу домішкових атомів по еквівалентних позиціях структури [16].

Незалежно від експериментальних даних, О.В. Шубніков [17] запропонував чисто теоретичну ідею механізму ростового упорядкування, яка була невдовзі блискуче підтверджена експериментальними дослідженнями [15, 20, 21]. Нині це явище тлумачать так: позиції однієї правильної системи точок, в якій статистично розподілені ізоморфні атоми, є еквівалентними лише в об'ємі кристала, однак на поверхні кристала вони можуть стати нееквівалентними (геометрично і енергетично), що створює умови для їх упорядкованого розподілу. Іншими словами, створений на поверхні упорядкований розподіл захоронюється в об'ємі кристала, кристалічна структура змінюється, його симетрія знижується.

Тепер під кутом зору цієї концепції повернемося до аналізу волинських кристалів топазу з камерних пегматитів. Згадаємо, що 50 років тому [7] була встановлена їхня гетерогенна будова — зміна величини кута $2V$ навіть у межах однієї пластинки, поява ізогір спотвореної форми, секторальний розподіл хромофорів і забарвлення. Ще раніше Л.А. Крижанівський установив наявність піроелектричних властивостей у волинському топазі [12].

За даними М. Akizuki, інших авторів [10, 11] і результатами наших радіоспектроскопічних досліджень (вони будуть опубліковані окремо) ростова диссиметризація кристалів волинського топазу, яка є наслідком упорядкованого, але різного розподілу F, OH, домішкових атомів, яскраво проявлена у симетрії граней, що ростуть (рис. 1): піраміда росту $\langle 010 \rangle$ залишається ромбічною, але з пониженою планальною симетрією — симетрія граней $mm2$, блакитна піраміда; піраміди росту $\langle 110 \rangle$ і $\langle 120 \rangle$ стають моноклінними — симетрія граней m , рожеві піраміди, а піраміди росту $\langle hkl \rangle$ набувають триклінної симетрії (структури) — симетрія граней $\bar{1}$. В об'ємі кристала число різновпорядкованих фаз може бути різним, але не більшим за три.

Отже, на прикладі диссиметризованих кристалів топазу (насправді число природних диссиметризованих кристалів наближується до 100) чітко окреслюється така колізія: фундаментальне поняття "кристал" у випадку його

диссиметризації втрачає значення мінерального індивіду, набуває гетерогенної будови, яка кореспондується зі втратою найголовніших властивостей кристала — однорідності та анізотропності. У нашому випадку можна говорити, що візуально однорідний кристал топазу, якщо не брати до уваги розподіл забарвлення, складається з декількох мінеральних індивідів. Для таких диссиметризованих кристалів запропоновано термін "аномальний монокристал" [7] — візуально однорідний кристал, окремі піраміди росту якого на мікрорівні належать до різних точкових груп симетрії.

Заглянемо в історію. Термін мінеральний індивід запропонував М.І. Кокшаров, який отожнював його із кристалом і писав: "То, что мы обыкновенно принимаем за индивидуум, за один кристалл, оказывается состоящим из целой группы, целого роя маленьких кристалликов, слившихся между собой в параллельном положении в одну общую массу, получившую форму, одинаковую с формой каждого из членов группы" [6, с. 157]. З цитати видно, що М.І. Кокшаров з фантастичною прозорливістю розумів непросту будову кристалів (мінеральних індивідів), але для своїх досліджень відбирав лише досконалі, наближені до ідеальних, кристали. Він звичайно враховував відхилення реальних кристалів від ідеалізованих еталонів-індивідів, які лежать в основі його знаменитих "Материалов для минералогии России". Та все ж останні були визнані ним за єдино можливий і надійний фундамент для побудови справжньої наукової кристалографії мінералів. Він фактично створив ідеальні образи мінеральних кристалів-індивідів. Цим самим Микола Іванович спонукає нас до пошуку істини на реальних (диссиметризованих) кристалах через знання, яке дає нам ідеальна модель. Саме таким способом ми переходимо від ідеальної симетрії mmm топазу до диссиметризованого кристала з різносиметричними пірамідами росту, кожна з яких можна сприймати як мінеральний індивід [16].

Аномальні кристали наділені аномальними властивостями. Вектор поляризації P у кристалі з піроефектом повинен бути паралельним одиничному полярному напрямку кристала. Якщо ж у кристалі немає одиничних полярних напрямів, як у випадку топазу з симетрією mmm , то ні піроефекту, ні інших векторних властивостей не слід очікувати в цьому мінералі, оскільки планаксіальна симетрія mmm то-

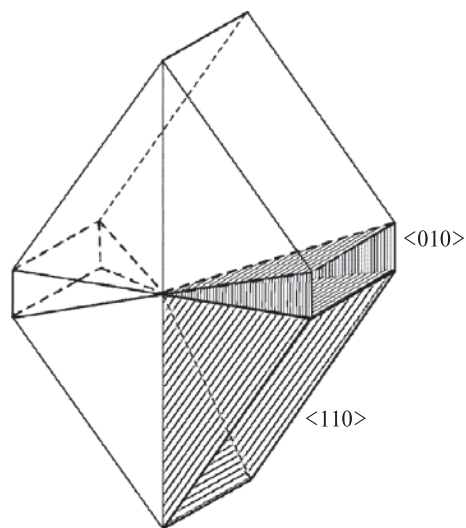


Рис. 1. "Монокристал" топазу з камерних пегматитів Волині. Видно дві різнозабарвлені й різносиметричні піраміди $\langle 010 \rangle$ — блакитна піраміда росту, $mm2$ і $\langle 110 \rangle$ — рожева піраміда росту, m

Fig. 1. "Single crystal" topaz from chamber pegmatites of Volyn. You can see two different colored pyramids $\langle 010 \rangle$ blue growth pyramid, $mm2$ and $\langle 110 \rangle$ — pink growth pyramid, m

пазу і наявність у ньому піро-п'єзоелектричних властивостей несумісні. Тим не менше ці властивості в диссиметризованих кристалах зафіксовані й неодноразово [10, 12].

Морфологічні та генетичні, тут тісно переплетені, аспекти відкриваємо відомою і дуже дотичною до наших досліджень цитатою незабутнього М.В. Белова [4]: "Для мінералога макрокристал виявився відкритою книгою, в якій записана його власна історія і доля родовища".

Повертаємося до нашого основного об'єкта досліджень — камерних пегматитів Волині, в мінералах яких установлена диссиметризація-симетризація, яка відповідає моделі полігенетичного родовища.

Неймовірною загадкою в 1960-х роках були знайдені нами у волинських пегматитах сильно видовжені вздовж третьої вісі кристали літєво-залізистих слюд [7]. Деякі з них навіть були без пінакоїда, на місці якого з'явилася вершина — пірамідальні індивіди псевдогексагональної симетрії (рис. 2).

Деталізуємо знахідки. У кварцовому ядрі нашу увагу привернули видовжені діжкоподібні кристали протолітійніту різного розміру — від 0,5 до 35 см за $[0001]$ і від 0,2 до 15 см у поперечному перетині (рис. 2). Вони були детально досліджені, до уточнення коорди-

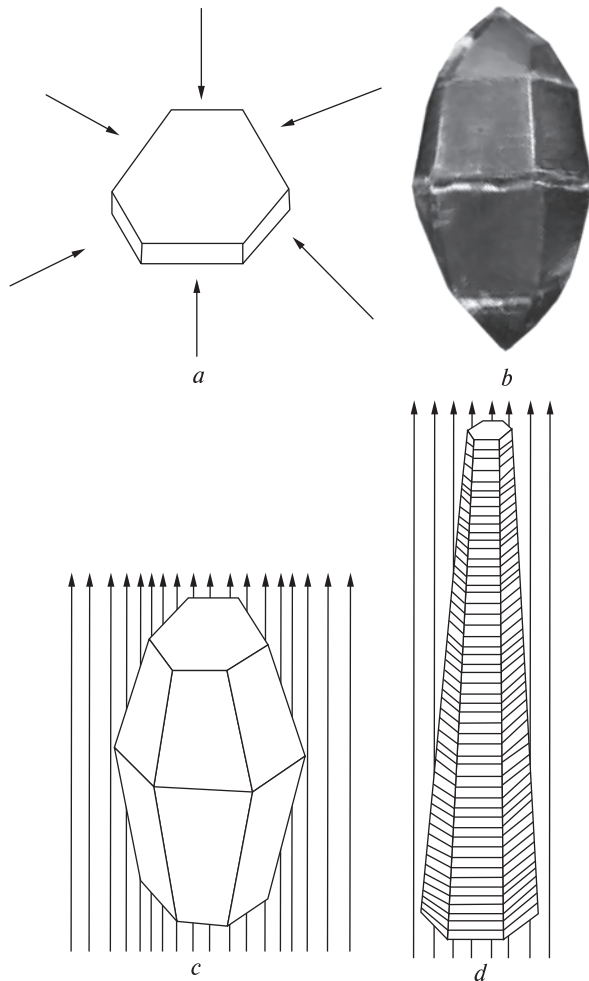


Рис. 2. Морфологія кристалів літєво-залізістих слюд, які виростили у різносиметрійних мінералоутворювальних середовищах: *a* — пластинчастий обрис поширених у природі слюд дитригональної форми, які виростили в умовах всебічного та рівномірного надходження живильної речовини до кристала (симетрія середовища $\infty L_{\infty} \infty PC$); *b* — дипірамідальний кристал протолітїоніту, який виріс у середовищі живлення з симетрією потоку, Волинське родовище, Україна; *c* — рідкісний "дитригонально"-дипірамідальний габітус протолітїоніту-3Т (симетрія тригонального кристала $L_3 3L_2$ (32)), який виріс у середовищі з симетрією циліндра (?); зарисовка кристала здійснена за результатами замірів за допомогою прикладного гоніометра, Волинське родовище; *d* — сильно видовжений кристал літєво-залізістої слюди, який виріс у флюїдному потоці з порівняно високою симетрією: габітус кристала — "гексагонально"-пірамідальний, симетрія — $L_6 6P$ — $6mm$; форму дещо ідеалізовано, Волинське родовище

Fig. 2. Morphology of lithium-ferruginous mica crystals grown in multidimensional mineral-forming media: *a* — plate outline of naturally occurring mica (ditrignon) that grew under conditions of comprehensive and uniform nutrient supply to the crystal (symmetry of medium $\infty L_{\infty} \infty PC$); *b* — dipyramidal protolithionite crystal, which grew in a medium with flow symmetry. Volyn deposit, Ukraine; *c* — a rare ditrigonal-dipyramidal habit of protolithionite-3T (symmetry of the trigonal crystal $L_3 3L_2$ (32)), which grew up in a medium with symmetry of the cylinder (?). The crystal drawing is based on the results of measurements by applied goniometer; *d* — strongly elongated crystal of lithium-ferruginous mica, which grew in a fluid flow with relatively high symmetry. Crystal habit "hexagonal"-pyramidal, symmetry — $L_6 6P$ — $6mm$. The form is partly idealized. Volyn deposit

нат атомів, які вписалися у політипну модифікацію 3Т. Передбачаємо, що саме ця слюда засвідчила початок надходження глибинних флюїдів до пегматитового тіла. Морфологічно вона описується двома простими формами — пінакоїдом і тригональною дипірамідою. Стовбчастий обрис спричинений ростом у високосиметричному флюїдному потоці. Рідко трапляються індивіди без пінакоїда або зі слабко розвиненим пінакоїдом. Їхній розмір уздовж [0001] в 5—10 разів більший, ніж за іншими кристалографічними осями. У занориші та в графічній зоні Li-Fe слюди представлені кристалами пластинчастого обриса, пінакоїдального габітусу, хоча в занориші зрідка трапляються і стовбчасті кристали.

У зоні вилуговування неймовірно рідкісна мінералогія слюд. Тут, ймовірно, вперше знайдено пластично деформовані й водночас видовжені кристали (рис. 3). Їхній розмір за [001] в 2—5, інколи 15 разів більший, ніж за [010] або [100]. Форма пінакоїдальної грані

наближується до правильного шестикутника або дитригона.

Довжина кристалів різна, але не перевищує 3 см. Характерна особливість зігнутих кристалів — зональна будова пінакоїдальної грані (рис. 3). Візуально зазвичай видно дві зони, сучасне забарвлення яких не відповідає їхньому первісному забарвленню. Внутрішня зона — це каолінізований цинвальдит, периферійна — мусковіт. У разі повного заміщення цинвальдиту каолінітом із подальшим його винесенням утворюються ефектні футлярподібні кристали мусковіту. Параметри елементарних комірок зонального кристала слюди (визначені Б.Б. Звягіним за допомогою електроннографічного методу) такі, Å: внутрішня цинвальдитова зона — $a = 5,30$; $b = 0,20$; $c = 10,3$; $\beta = 100^{\circ}50'$ і зовнішня мусковітова зона — $a = 5,20$; $b = 9,00$; $c = 10,0$; $\beta = 95^{\circ}50'$. Помітна відмінність цих параметрів спричинила явище гетерометрії — напругу на межі зон, яка компенсувалася пластичною деформацією.

Звернемося ще раз до рис. 3, насамперед до зональної слюди, що є двофазовим кристалом, симетрію якого на загал можна ідентифікувати як криволінійну. Але зараз нас буде більше цікавити загадкова генетична природа цієї поперечної зональності, представленої двома мінералами (зонами) — цинвальдитом і мусковітом, які в камерних пегматитах Волині є парагенетично забороненими мінералами. Розглянемо це питання детальніше.

Формування пегматитів супроводжувалося зміною (еволюцією) хімічного складу слюд за такою схемою: лепідомелан (аніт) — протолітійоніт — цинвальдит — кріофіліт — лепідоліт — мусковіт. Останній фіксувався у пегматитах не завжди і в невеликій кількості [7]. Визначальними тут були співвідношення концентрацій (активностей) Li, F, Al, OH. Допоки в розчинах активними були Li, F, мусковітова слюда не росла, тобто з'являлася вона лише після завершення кристалізації мінералів ізоморфного ряду лепідомелан — лепідоліт.

Поперечна зональність граней пінакоїда не є наслідком зміни параметрів кристалоутворювального середовища, як у випадку повздовжньої зональності, а сформована зонами, представленими забороненими мінералами (див. вище). Тим не менше ця зональність супроводжувала весь період росту кристала.

Отже, спостерігаємо, на перший погляд, парадоксальну ситуацію, яка, на нашу думку, має лише один розв'язок: припустити існування в цей період мінералоутворення двох джерел живильної речовини двофазових кристалів — пегматитового і пов'язаного з глибинними флюїдними потоками [2, 3]. Тут варто згадати світлої пам'яті Н.В. Петровську [13], яка підкреслювала, що однією з характерних ознак полігенних родовищ, до яких ми відносимо досліджуване Волинське родовище, є наявність у них заборонених парагенетичних асоціацій мінералів. Отже, ми отримали ще одне матеріальне свідчення можливої участі у формуванні камерних пегматитів флюїдних глибинних потоків.

Вище стисло охарактеризовані видовжені й пластично деформовані кристали слюд, що виростили в зоні вилуговування, в якій інтенсивно проявилися тісно переплетені процеси вилуговування кварцу, альбітизації мікрокліну та вільного росту кристалів у порожнинах. Якою конкретно була роль глибинних флюїдів, можливо визначальна, у формуванні зони вилуго-

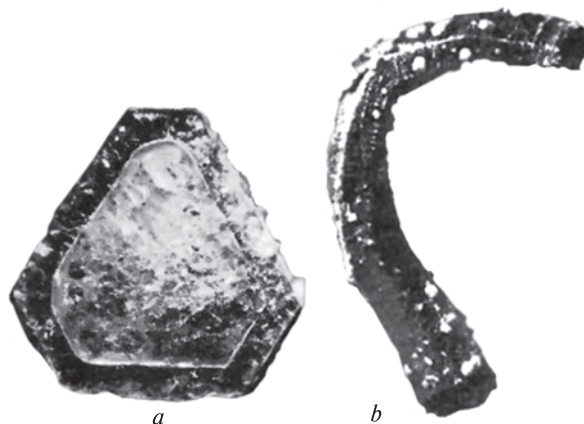


Рис. 3. Анатомія (а) і морфологія (b) пластично деформованого кристала слюди: а — зональна будова грані пінакоїда зігнутого кристала, зб. 4,6; b — гачкоподібний кристал з наростами сидериту, зб. 2,6

Fig. 3. Anatomy (a) and morphology (b) of plastically deformed mica crystal: a — zonal structure of pinacoid of curved crystal, magnified by 4.6; b — hook-shaped crystal with growths of siderite, magnified by 2.6

вування — питання надзвичайної ваги, оскільки продуктивність заноришів (кварц, топаз, берил, колекційна сировина) і формування зони вилуговування — взаємопов'язані процеси.

Продовжимо тему "флюїдні потоки та морфологія слюд". У камерних пегматитах Волині за обрисом маємо два типи кристалів слюд — пластинчасті й стовпчасті. Кристали 1-го типу тривіальні (рис. 2, a) — вони поширені в природі, виростили в умовах більш-менш рівномірного живлення і тому, відповідно до закону Браве, на них домінує пінакоїд {001}, який у занориші часто орієнтований перпендикулярно до субстрату.

Кристали 2-го типу (рис. 2, b—d) вирізняються передусім видовженістю за вертикальною віссю. Розвиток пінакоїда {001} ({0001}) підпорядкований розвитку граней вертикального поясу. Це і особливо наявність кристалів без пінакоїда суперечить законам геометричної кристалографії, оскільки на них відсутні грані з найщільнішою упаковкою атомів. Чи маємо тут, як видається на перший погляд, кричущу суперечність? Ні, не маємо. На допомогу приходять універсальний принцип симетрії Кюрі, в якому система "середовище — кристал" розглядається як єдине ціле (середовище народжує кристал). Врешті-решт відбувається взаємодія двох симетрій — кристала та кристалоутворювального середовища, — яка може пригнітити (посилити) вплив кристалічної структури на форму кристала. У випадку

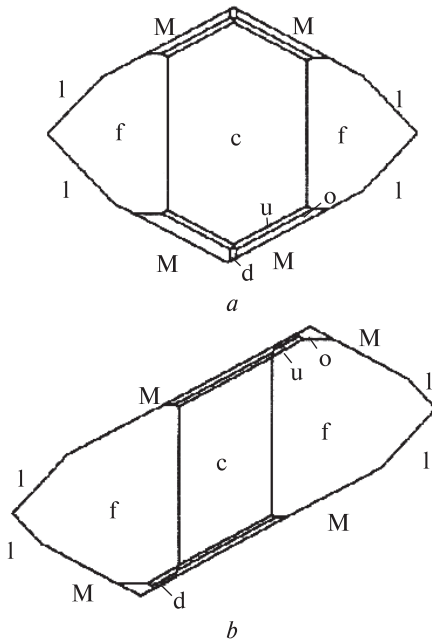


Рис. 4. Форма кристалів топазу, які росли в неоднакових умовах надходження живильної речовини: *a* — рівномірного; *b* — нерівномірного. Зображено лише грані на головках кристалів. Кристал *b* можна розглядати як морфологічно дисиметризований

Fig. 4. The form of topaz crystals that grew under different conditions of nutrient inflow: *a* — uniform; *b* — uneven. Only the faces on the crystal heads are shown. Crystal *b* can be treated as morphologically dissymmetrized

симетризації форми кристала можна говорити про принцип Кюрі—Шубнікова [18, 19]. Ще одне важливе положення принципу Кюрі — дисиметрія може виникнути лише під впливом причини, наділеної такою ж дисиметрією.

За такого підходу стовпчасті кристали Li-Fe слюд (2 тип) однозначно є наслідком активної взаємодії двох симетрій — флюїдного потоку та кристала. Цю обставину ми ілюструємо (показуємо) стрілами, які однак конкретно не вказують на вид симетрії флюїдного потоку. Точна діагностика симетрії потоку, особливо у випадку його взаємодії з мінералами низької категорії симетрії — питання непросте, слабо досліджене. Ми передбачаємо, що пластинчасті кристали росли в середовищі з симетрією, наближеною до симетрії кулі (ріст у вільних умовах в занориші у закритій системі, тобто без зовнішнього впливу), стовпчасті кристали — в середовищі з симетрією циліндра або близькою до неї. Останні росли у відкритій системі й їх поява в пегматитах безпосередньо пов'язана з дією глибинних флюїдних потоків.

Яскравим прикладом морфологічної дисиметризації кристалів є топаз із камерних пегматитів Волині, вона давно зафіксована, але не розтлумачена [7, 11]. Ще першими дослідниками (Л.Л. Івановим, М.Н. Івантишиним, Г.Г. Леммлейном) була встановлена та згодом підтверджена характерна морфологічна особливість волинських топазів — сплюсненість кристалів уздовж нормалі та по двох взаємно паралельних гранях призми $M\{110\}$. Унаслідок цього зовнішня форма втрачала характерний для ромбічної сингонії mmm ізометрично-ромбічний перетин $\perp [001]$, набуваючи уздовж $[010]$ видовженого сплющено-таблитчастого обрису (рис. 4).

Такі дисиметризовані кристали домінують на Волинському родовищі. На рис. 4 наведено ідеалізовану дисиметризацію. Спостереження реальних дисиметризованих кристалів дало підставу Г.Г. Леммлейну [6] відзначити їхній особливий ріст, який він назвав ексцентричним. У таких кристалах зміщений центр, ймовірно, у бік руху флюїдного потоку. Грані кристала, обернені назустріч потоку живлення, ростуть швидше за однойменні грані, обернені у протилежний бік. Іншими словами, спотворення форми кристалів здійснювалося таким чином — уздовж перпендикулярів до граней $M\{110\}$ кристали росли з меншою швидкістю, ніж уздовж $[010]$, тому відстань між взаємно паралельними гранями цієї призми відносно повільно збільшувалася.

Коли ж подивимося на сильно дисиметризований (реальний) кристал згори, то побачимо, що на його головці центральна грань $\{001\}$ змінила властиву їй конфігурацію, втратила симетрію (L_2PC , $mm2$), змістилася у бік від теоретичної вісі C і наче "потягнула" за собою інші дисиметризовані грані на головці. Змінилося також співвідношення розмірів призм у вертикальному поясі. Як остаточний результат маємо таке: ромбічний кристал $3L_23PC$ морфологічно (візуально) став триклінним. У кращому випадку дисиметризовані кристали мають симетрію $P(m)$.

Про ще один випадок активної взаємодії двох симетрій, яка проявилася у мінералоутворювальному потоці: а) всебічного та рівномірного надходження живильної речовини до кристала; б) іншого чинника його росту, що спричиняє ще й додаткове зростання нормальної швидкості росту граней. Він стосується більшої швидкості росту (у 2,2 рази) однієї із

суміжних граней призми $M\{110\}$ кристала топазу внаслідок осадження на неї великої кількості дрібних мінеральних фаз [9] із скаламученого в результаті специфічного тривалого кипіння водного мінералоутворювального розчину, густина якого близька до критичної. Вісь $[001]$ кристала топазу була приблизно паралельна горизонтальній поверхні. Специфіка кипіння водного мінералоутворювального розчину полягає в тому, що кипіння відбувається не в результаті швидкого спаду тиску у разі порушення герметичності стінок природного кристалізатора, а внаслідок нерівномірного температурного поля порожнини занорища. В.А. Калюжний [5] експериментально на флюїдних включеннях переконливо обґрунтував це явище тривалого кипіння водного розчину. Хоча кипіння розчину забезпечувало однакове надходження живильної речовини до обох граней призми, внесок іншого фактору — осадження мінеральних фаз на грань призми — супроводжувався більшою нормальною швидкістю росту грані, яка, безумовно, впливала на будову кристала і його форму.

Якщо в камері пегматиту топаз перебував у вертикальному положенні, (вісь $[001]$ кристала була перпендикулярною до горизонтальної площини), то під час росту зі скаламученого в результаті кипіння водного розчину на грані $f\{011\}$, (001) осідали дрібні мінеральні фази, під час консервації яких часто був захоплений мінералоутворювальний розчин, утворюючи характерні для кристалів топазу камерних пегматитів Волині первинні флюїдні включення [9]. При цьому кристали топазу набували призматичного габітусу, видовженого вздовж $[001]$.

Морфологічно диссиметризовані кристали топазу зафіксовано спостереженнями як в занорищах, так і в зонах вилуговування пегматитів. Передбачається, що ріст таких кристалів здійснювався в умовах одностороннього надходження глибинних флюїдних потоків із симетрією "стріли" P . Взаємодія двох симетрій — внутрішньої $3L_23PC$ і зовнішньої P — завершилася "перемогою" останньої, тому на диссиметризованих кристалах наявна лише одна псевдоплощина симетрії або елементи симетрії зникли, тобто на них розвинені лише спотворені форми — моноедри та діедри. Пізні невеликі кристали топазу (остання генерація) належать до адун-чілонського типу і недиссиметризовані.

Для подальших висновків і міркувань важливе значення має парагенезис "топаз-II + про-

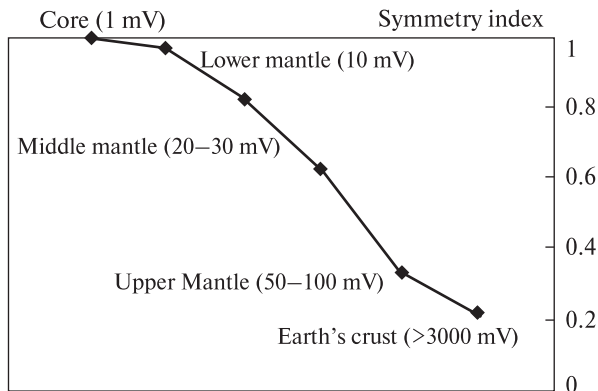


Рис. 5. Зменшення симетричності у процесі переходу від ядра Землі до земної кори. За М.П. Юшкіним [16]. mV — число мінеральних видів

Fig. 5. Symmetry reduction at transition from the Earth's core to the Earth's crust. According to M.P. Yushkin [16]. mV — mineral species

толітіоніт-3Т", що, на нашу думку, своїм народженням матеріально засвідчив принципово інший (новий) період мінералоутворення, спричинений появою в пегматитах речовини глибинного флюїдного потоку, якій передувала тектонічна дія і відкриття пегматитової системи. Поява симетрично іншого (флюїдно-потокового) середовища мінералоутворення відзеркалена в адекватній кристалізації невласливих слюдам стовпчастих кристалів, особливо яскравого маркера — політипної модифікації 3Т, морфологічно та структурно диссиметризованих кристалів топазу. Ранні кристали протолітіоніту-3Т приурочені до ділянок кварцового ядра, пошкоджених тектонічною дією. Передбачаємо, що глибинні флюїдні потоки, збагачені легкими леткими компонентами (H_2O , HF, Li_2O , BeO тощо), зіграли вирішальну роль у формуванні промислової мінералізації занорищів і зони вилуговування.

Висновки. На завершення зазначимо, що наведені нами дані стосовно симетрії-диссиметрії кристалів закономірно вписуються у загальну картину зміни симетричності у процесі переходу від внутрішніх до зовнішніх зон Землі [19] (рис. 5), незалежно від значущого числа мінеральних видів, установлених у земній корі. Водночас ми проілюстрували нові можливості використання вчення про симетрію-диссиметрію для висвітлення морфологічних і генетичних проблем у локальних обставинах з екстремальними умовами, які у нашому випадку спричинювали глибинні флюїдні потоки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Вернадский В.И. Философские мысли натуралиста. М.: Наука, 1988. 520 с.
2. Возняк Д., Матковський О., Павлишин В. Великі й гігантські кристали як критерій генезису камерних пегматитів Волині. *Мінерал. зб.* 2012. № 62, Вип. 2. С. 36—46.
3. Возняк Д.К., Павлишин В.І. Фізико-хімічні умови формування та особливості локалізації заноришевих пегматитів Волині (Український щит). *Мінерал. журн.* 2008. **30**, № 1. С. 5—20.
4. Козлова О.Г. Рост кристаллов. Уч. пособ. Под ред. Н.В. Белова. М.: Изд-во МГУ, 1967. 238 с.
5. Калюжный В.А. Основы учения о минералообразующих флюидах. Киев: Наук. думка, 1982. 239 с.
6. Кокшаров Н.И. Предмет минералогии, краткая ее история, кристаллы как настоящие индивидуумы неорганической природы. *Зап. Всерос. минерал. об-ва*, 1876. **10**. С. 133—158.
7. Лазаренко Е.К., Павлишин В.И., Латыш В.Т., Сорокин Ю.Г. Минералогия и генезис камерных пегматитов Волини. Львов: Вища шк., 1973. 360 с.
8. Леммлейн Г.Г. Морфология и генезис кристаллов. М.: Наука, 1973. 328 с.
9. *Мінералоутворюючі флюїди та парагенезиси мінералів заноришевих пегматитів Волині*. Відп. ред. В.А. Калюжний. Київ: Наук. думка, 1971. 216 с.
10. Павлишин В.І. Симетрія-диссиметрія кристалів: нові аспекти. *Мінерал. журн.* 2017. **39**, № 4. С. 67—75.
11. Павлишин В., Довгий С., Пащенко Є., Вовк О. Топаз у надрах України та в історії народів. Вид. 2-е. Київ: Ін-т обдар. дитини НАПН України, 2017. 274 с.
12. Павлишин В., Матковський О., Довгий С. Історія мінералогії в Україні. Від глибокої давнини до 90-х років ХХ ст. Київ: Master-print, 2019. 436 с.
13. Петровская Н.В. Что такое полигенные рудные месторождения? *Зап. Всес. минерал. об-ва*. 1986. № 3. С. 273—286.
14. Урусов В.С. Симметрия-диссимметрия в эволюции Мира. От рождения Вселенной до развития жизни на Земле. М.: Кн. дом ЛИБРОКОМ, 2013. 266 с.
15. Цинобер Л.И., Самойлович М.И. Распределение структурных дефектов и аномальная оптическая симметрия в кристаллах кварца. Проблемы современной кристаллографии. М.: Наука, 1975. С. 207—218.
16. Штукенберг А.Г., Пунин Ю.О. Оптические аномалии в кристаллах. СПб.: Наука, 2004. 263 с.
17. Шубников А.В. Симметрия и физические свойства пирамид роста. *Избр. тр. по кристаллографии*. М.: Наука, 1975. С. 248—252.
18. Шубников А.В., Коцик В.А. Симметрия в науке и искусстве. М.: Наука, 1972. 340 с.
19. Юшкин Н.П., Шафрановский И.И., Янулов К.П. Законы симметрии в минералогии. Ленинград: Наука, 1986. 335 с.
20. Akizuki M., Hampar M.C., Zussman J. An explanation of anomalous optical properties of topaz. *Mineral. Mag.* 1979. **43**. P. 237—241.
21. Akizuki M., Sunugawa I. Study of the sector structure in adularia by means of optical microscopy, infra-red absorption and electron microscopy. *Mineral. Mag.* 1978. **42**. P. 453—462.

Надійшла 22.01.2020

REFERENCES

1. Vernadskyi, V.I. (1988), *Filosofskie mysli naturalista*, Nauka, Moscow, RU, 520 p. [in Russian].
2. Voznyak, D., Matkovskiy, O. and Pavlyshyn, V. (2012), *Mineral. zb.*, Vol. 62, No. 2, Lviv, UA, pp. 36-46 [in Ukrainian].
3. Voznyak, D.K. and Pavlyshyn, V.I. (2008), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 30, No. 1, Kyiv, UA, pp. 5-20 [in Ukrainian].
4. Kozlova, O.H. (1967), *Rost kristallov*, Uch. posib., in Belov, N.V. (ed.), Izd-vo Mosk. gos. univ., Moscow, RU, 238 p. [in Russian].
5. Kaluzhnyi, V. (1982), *Osnovy ucheniia o mineraloobrazuyushchikh fluidah*, Nauk. dumka, Kyiv, UA, 239 p. [in Russian].
6. Koksharov, N.I. (1876), *Зап. Всерос. минерал. об-ва*, Vol. 10, RU, pp. 133-158 [in Russian].
7. Lazarenko, E.K., Pavlyshyn, V.I., Lатыш, V.T. and Sorokin, Yu.G. (1973), *Mineralogiya i genezis kamernykh pegmatitov Volyni*, Vyshcha shkola, Lvov, UA, 360 p. [in Russian].
8. Lemmlein, G.G. (1973), *Morfologiya i genesis kristallov*, Nauka, Moscow, RU, 328 p. [in Russian].
9. Kaluzhnyi, V.A. (ed.) (1971), *Mineraloutvoryuyuchi fluydy ta paragenezysy mineraliv zanoryshovykh pegmatytiv Volyni*, Nauk. dumka, Kyiv, UA, 216 p. [in Ukrainian].
10. Pavlyshyn, V.I. (2017), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 39, No. 4, Kyiv, UA, pp. 67-75 [in Ukrainian].
11. Pavlyshyn, V., Dovhyi, S., Pashchenko, Ye. and Vovk, O. (2017), *Topaz u nadrakh Ukrayiny ta v istoriyi narodiv*, Vyd. 2-he, In-t obdar. dytyny NAPN Ukrayiny, Kyiv, UA, 274 p. [in Ukrainian].
12. Pavlyshyn, V., Matkovskiy, O. and Dovhyi, S. (2019), *Istoriya mineralohiyi v Ukrayini. Vid glybokoyi davnyiny do 90-kh rokiv XX stolittya*, Master-print, Kyiv, UA, 436 p. [in Ukrainian].
13. Petrovskaya, N.V. (1986), *Зап. Всес. минерал. об-ва*, No. 3, RU, pp. 273-286 [in Russian].
14. Urusov, V.S. (2013), *Simmetriya-dissimetriya v evolyutsii Mira. Ot rozhdeniya Vselennoy do razvityiya zhyzni na Zemle*, Kn. dom LIBROKOM, Moscow, RU, 266 p. [in Russian].
15. Zinober, L.I. and Samoilovich, M.I. (1975), *Problemy sovremennoi kristallografii*, Nauka, Moscow, RU, pp. 207-218 [in Russian].

16. Shtukenberg, A.G. and Punin, Yu.O. (2004), *Opticheskie anomalii v kristallakh*, Nauka, St. Petersburg, RU, 263 p. [in Russian].
17. Shubnikov, A.V. (1975), *Simmetriya i fizicheskie svoystva piramid rosta*, Izbr. tr. po kristallografii, Nauka, Moscow, RU, pp. 248-252 [in Russian].
18. Shubnikov, A.V. and Koptsik, V.A. (1972), *Simmetriya v nauke i iskusstve*, Nauka, Moscow, RU, 340 p. [in Russian].
19. Yushkin, N.P., Shafranovskiy, I.I. and Yanulov, K.P. (1986), *Zakony simmetrii v mineralogii*, Nauka, Leningrad, RU, 335 p. [in Russian].
20. Akizuki, M., Hampar, M.C. and Zussman, J. (1979), *Mineral. Mag.*, Vol. 43, pp. 237-241.
21. Akizuki, M. and Sunugawa, I. (1978), *Mineral. Mag.*, Vol. 42, pp. 453-462.

Received 22.01.2020

V.I. Pavlyshyn, DrSc (Geology), Prof., High School Academician
 M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine
 34, Acad. Palladin Ave., Kyiv, Ukraine, 03142
 E-mail: V.I. Pavlyshyn@gmail.com
 Researcher ID: D-6558-2019

D.K. Voznyak, DrSc (Geology), Chief Researcher Fellow
 M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine
 34, Acad. Palladin Ave., Kyiv, Ukraine, 03142
 E-mail: dkvoznyak@ukr.net
<https://orcid.org/0000-0002-6124-2033>

SYMMETRY-DISSYMMETRY OF CRYSTALS MICAS AND TOPAZ OF THE VOLYNIAN CHAMBER PEGMATITES: CRYSTALLOCHEMICAL, MORPHOLOGICAL AND GENETIC ASPECTS

The Volyn chamber pegmatites in Korosten granites are continued to the zone in which the products of degassing of acid and basic fusions entered in chambers of free growth of crystals over a long period of time. Topaz is the most famous mineral in the Volynian pegmatites. The characteristic morphology of topaz from the Volynian pegmatites is of ten flattening of the crystals in a direction perpendicular to the prism face {110}. As a result, the extremal symmetry is not perfect (dissymmetrization). On the example of dissymmetrized topaz crystals, such a collision is clearly defined: the concept of a crystal, in the case of its dissymmetrization, loses the value of a mineral individual, acquires a heterogeneous structure, which corresponds to the loss of the main properties of the crystal — homogeneity and anisotropy. For such dissymmetrized crystals the term "anomalous monocystal" is proposed — a visually homogeneous crystal whose individual growth pyramids belong to different spatial symmetry groups at the micro level. The theme "Fluid flows and morphology of mica and topaz" in the chamber pegmatites of Volyn' is presented comprehensively through the prism of symmetry-dissymmetry. The conclusion is that the columnar crystals of Li-Fe mica (sometimes without pinacoid {001}) are a consequence of the active interaction of two symmetries (the Curie principle) — the fluid flow and the crystal. Dissymmetrization of topaz crystals was carried out under the conditions of one-sided flow of deep fluid flows with symmetry of the "arrow".

Keywords: symmetry-dissymmetry of crystals, deep fluid flow, topaz, Li-Fe mica, chamber pegmatites of Volyn.