

УДК 548:549.646.1:553.064.1(477.42)

КРИСТАЛОМОРФОЛОГІЯ БЕРИЛУ З КАМЕРНИХ ПЕГМАТИТІВ ВОЛИНИ

О. Вовк¹, І. Наулко²

¹Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки,
просп. Волі, 13, 43025 м. Луцьк, Україна
E-mail: geologygeochemistry@gmail.com

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

Досліджено морфологію кристалів берилу з камерних пегматитів Волині. Вивчено вплив структурних чинників та умов утворення на форму кристалів. Наведено розрахунки ретикулярної густини за методом Доннея–Харкера, попередньо визначено РВС-вектори в кристалічній структурі, зроблено припущення про F, S, K-грані за П. Хартманом і В. Г. Пердоком, визначено морфологічну важливість простих форм, відповідно до симетрії грані за І. Шафрановським. Різні структурні підходи свідчать про морфологічну важливість граней $\{0001\}$, $\{10\bar{1}0\}$, $\{11\bar{2}0\}$, $\{10\bar{1}1\}$.

Ключові слова: берил, кристаломорфологія, кристалічна структура, ретикулярна густина, проста форма, генезис, пегматити, Волинь.

Берил камерних пегматитів Волині, генетично і просторово пов'язаних з гранітами Коростенського плутону Волинського мегаблока Українського щита, – єдине промислове джерело мінералу в Україні [7]. Наявні також його дрібні прояви в інших регіонах [6, 14, 19]. Кристали берилу приурочені головню до повнодиференційованих пегматитових тіл камерного типу з чітко вираженою зональною будовою [1].

Загалом пегматити в гранітах Коростенського плутону виявлені у Володарськ-Волинському, Ріхтенському, Гута-Потіївському, Пугачовському, Кривотинському та інших районах Волинського мегаблока [7]. За межами цих районів пегматитові прояви, їхні групи або окремі пегматитові тіла трапляються зрідка. У різних пегматитових полях вони приурочені до контактів рапаківіподібних різновидів гранітів, екзоконтактів дайок, ксенолітів різних порід у гранітоїдах, апікальних частин аплітоподібних гранітів.

У межах Коростенського плутону камерні пегматити наявні лише у Володарськ-Волинському пегматитовому полі. Воно є частиною ендоконтактової зони гранітного масиву завдовжки 22–25 км і завширшки 0,3–1,5 км, що прилягає до західного контакту Волинського габро-лабрадоритового масиву. Однак навіть у цьому полі є ділянки, що не містять пегматитових тіл.

Перші відомості про волинський берил навів Л. Іванов 1933 р., хоча про мінерал згадували й раніше [7]. Незважаючи на те, що надалі його ретельно вивчали [1, 7, 9], кристаломорфологію берилу досліджено недостатньо. Це пов'язано, насамперед, з тим, що

грані кристалів розчинені й часто не діагностовані. Крім того, не було спроб пов'язати морфологію кристалів з особливостями їхньої структури та умов утворення.

Ми досліджували кристали берилу (рис. 1) із заніркових областей і зон вилуговування, а також аналізували вплив структурних (внутрішніх) чинників та умов утворення на морфологію берилу. Використовували такі структурні підходи: розрахунок ретикулярної густини за методом Доннея–Харкера [20], визначення ланцюгів сильного зв'язку за П. Хартманом і В. Г. Пердоком [15], аналіз симетрії граней за І. Шафрановським [18]. Для вивчення умов утворення берилу застосовували методи дослідження включень мінералоутворювального середовища [5] та аналіз мінеральних парагенезисів [4]. Порівнювали результати теоретичної та практичної послідовності морфологічної важливості граней простих форм.

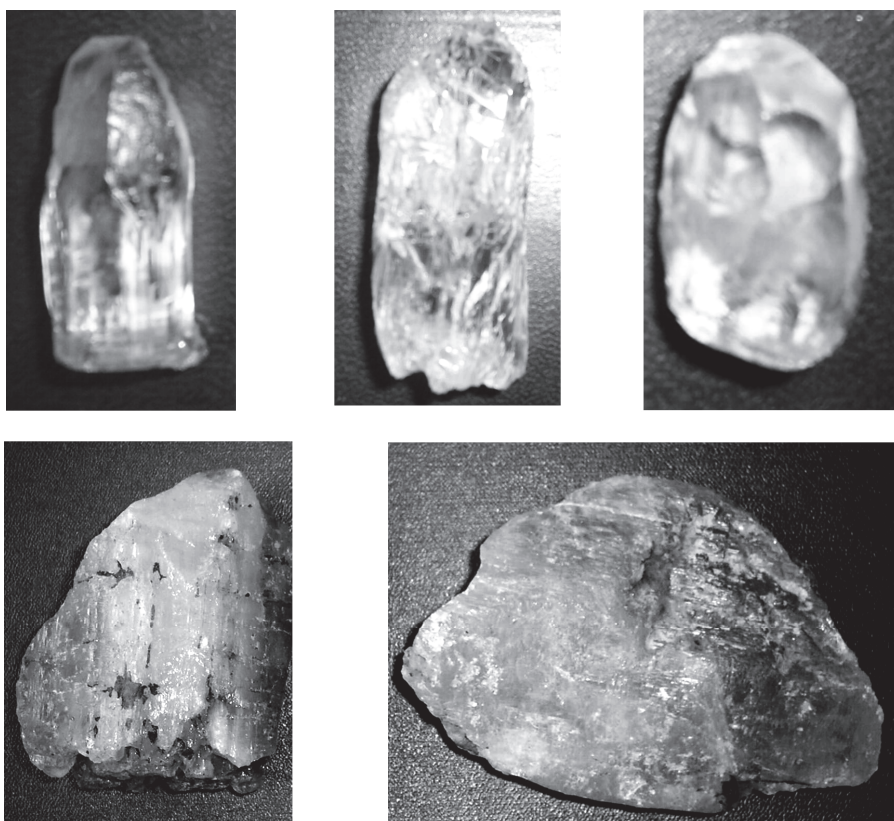


Рис. 1. Реальні кристали берилу з камерних пегматитів Волині.

Найповніше берил із камерних пегматитів Волині схарактеризовано у праці [7]. У ній виділено п'ять морфологічних типів мінералу (рис. 2).

1. Великі непрозорі кристали оливково-зеленого кольору і призматичного габітусу. Протилежні кінці осі $\{0001\}$ притуплені черепашковими поверхнями, субпаралельними до (0001) ; іноді простежуються грані гексагональної дипіраміди $\{11\bar{2}1\}$ і пінакоїда $\{0001\}$ (див. рис. 2, а).

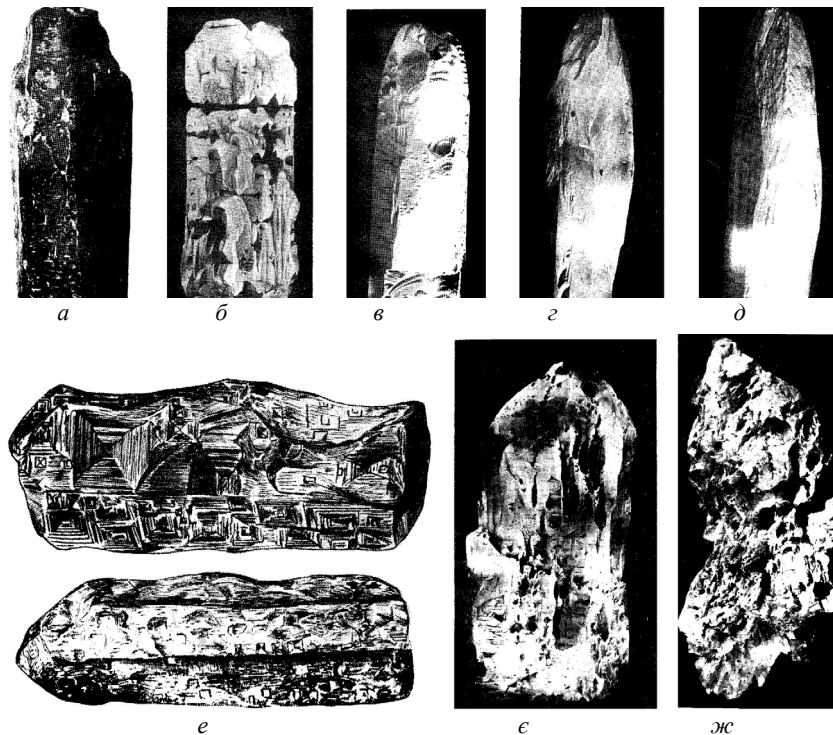


Рис. 2. Морфологічні типи кристалів берилу з камерних пегматитів Волині, за [1]:
a – перший; *б, в* – другий; *г, д* – третій; *е* – четвертий; *е, ж* – п'ятий.

2. Великі довгопризматичні до стовпчастих напівпрозорі й прозорі кристали салатого або оливково-зеленого кольору. Призматичні грані сильно скульптуровані черепитчасто-тичкуватим візерунком і прямокутними западинами, а ребра між гранями $\{10\bar{1}0\}$ лише вгадуються за сильно заокругленими грубо скульптурованими поверхнями (див. рис. 2, *б, в*).

3. Списо- і призматично-списоподібні напівпрозорі й прозорі кристали зелено-салатового й жовтувато-зеленого кольору, які є комбінацією кривогранних дигексагонально-дипірамідальних поверхонь, часто в комбінації з грубо скульптурованими призматичними гранями (див. рис. 2, *г, д*).

4. Призматичні напівпрозорі індивіди зелено-салатового або блакитного (аквамарин) кольору з грубим рисунком розчинення на гранях (див. рис. 2, *е*).

5. Кристали й зерна оливково-зеленого кольору, на яких де-не-де збереглися релікти первинного огранювання. У різних напрямках вони покриті кавернами розчинення неправильної форми (див. рис. 2, *е, ж*).

Зазначимо, що на підставі матеріалів [7] такі ж типи наведено в узагальнювальних працях [6, 14, 19].

Кристали із занірквих областей. Кристали берилу із занірків досягають значного розміру (перші метри по $[0001]$). Обрис практично всіх кристалів стовпчастих, а габітус призматичний. Їхні грані часто заокруглені й покриті фігурами розчинення, описаними в [7], що часто ускладнює діагностику. Однак ми виділили такі прості форми: пінакоїд

{0001}, гексагональні призми $\{10\bar{1}0\}$ і $\{11\bar{2}0\}$, гексагональні дипіраміди $\{10\bar{1}1\}$ і $\{11\bar{2}1\}$ (рис. 3). Найбільше розвинені грані вертикального поясу, з яких призма $\{10\bar{1}0\}$ домінує над $\{11\bar{2}0\}$. Пінакоїд $\{0001\}$ може бути досить великим (див. рис. 3, а), або ж його зовсім нема (див. рис. 3, д). Різним є і співвідношення граней дипірамід. На окремих кристалах більшого розміру досягає проста форма $\{10\bar{1}1\}$, а $\{11\bar{2}1\}$ ледь помітна (див. рис. 3, б), на інших домінує $\{11\bar{2}1\}$, а $\{10\bar{1}1\}$ розвинена слабше або ж її нема (див. рис. 3, а, в-д). Отже, кристали із занірків мають досить просте огранювання.

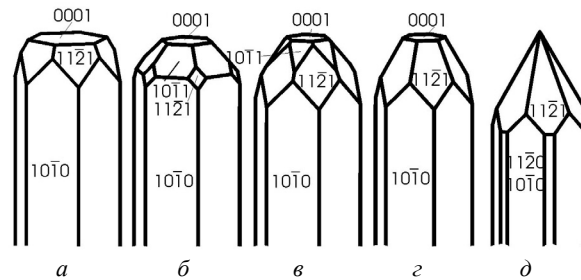


Рис. 3. Морфологія кристалів берилу із занірків.

Кристали із зон вилугування. Індивіди із зон вилугування подібні до кристалів із занірків, однак не досягають значного розміру (перші сантиметри по $[0001]$). На них ми виявили грані пінакоїда $\{0001\}$, гексагональних призм $\{10\bar{1}0\}$ і $\{11\bar{2}0\}$, гексагональних дипірамід $\{10\bar{1}1\}$ і $\{11\bar{2}1\}$ та дигексагональної дипіраміди $\{2\bar{1}\bar{3}1\}$ (рис. 4). Обрис стовпчастий, інколи близький до ізометричного, габітус призматичний. На кристалах із зони вилугування (аналогічно до індивідів із занірків) добре розвинуті грані призм поясу $[0001]$. Однак грані призм $\{11\bar{2}0\}$ трапляються зрідка і не досягають значного розміру. Пінакоїд $\{0001\}$ наявний на більшості кристалів, проте трапляються і гостроверхі індивіди без пінакоїда (див. рис. 4, а). З граней гексагональних дипірамід більше розвинена $\{11\bar{2}1\}$, а $\{10\bar{1}1\}$ не досягає значного розміру або її взагалі нема. Крім того, на деяких індивідах виявлено грані дигексагональної дипіраміди $\{2\bar{1}\bar{3}1\}$, яку в занірках не ідентифіковано. Загалом індивіди із зони вилугування подібні до кристалів із занірків. Головними відмінностями є багатша морфологія, менший розмір, стовпчастий, проте ближчий до ізометричного обрис. Простежується ситуація, протилежна до морфології топазу з камерних пегматитів: морфологія його кристалів із занірків багатша від індивідів із зони вилугування [3].

Вплив структурних чинників на морфологію кристалів берилу. Форма кристалів мінералу є наслідком впливу внутрішньої структури та умов утворення [16, 17].

Ретикулярна густина. Як відомо [17, 20], прості форми з більшою ретикулярною густиною розвинені на реальних кристалах. Площу елементарного паралелограма плоскої сітки (величина, обернена до ретикулярної густини) розраховували для граней, виявлених на берилі з камерних пегматитів Волині, за методикою, описаною у праці [17]. З урахуванням особливостей кристалічної структури, згідно з доповненнями Доннея і Харкера до закону Браве, отримуємо таку послідовність морфологічної важливості граней: $\{10\bar{1}0\}$ – $\{10\bar{1}1\}$ – $\{11\bar{2}0\}$ – $\{11\bar{2}1\}$ і $\{0001\}$ – $\{10\bar{1}2\}$ – $\{2\bar{1}\bar{3}1\}$. Форму $\{10\bar{1}2\}$ не виявлено на кристалах із камерних пегматитів, однак вона буває типовою для індивідів з інших родовищ [17]. Якщо під час побудови аксонометричної проекції кристала відстані

від його центру до граней кожної простої форми визначити пропорційними до площі елементарного паралелограма, то отримаємо рівноважну форму, зображену на рис. 5, а.

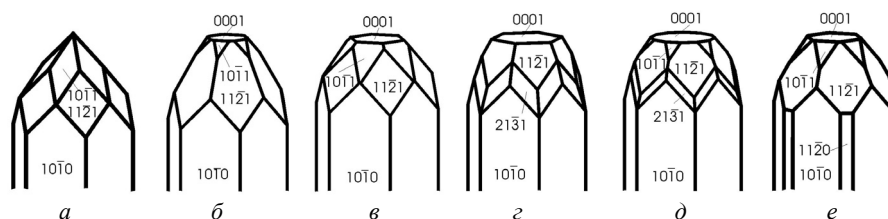


Рис. 4. Морфологія кристалів берилу із зони вилугування.

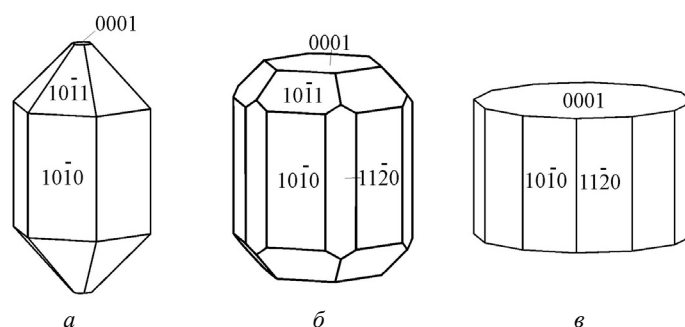


Рис. 5. Морфологія кристалів берилу згідно зі структурними підходами:

а – рівноважна форма за методом Доннея–Харкера; б – форма кристала, яка відповідає РВС-векторам; в – форма кристала, яка відповідає симетрії грані.

Вплив ланцюгів сильного зв'язку (РВС-векторів). Структура берилу є надзвичайно красивою і гармонійною. Це пов'язано з високою симетрією та нетиповими для гексагональної сингонії параметрами комірки. Просторова група берилу $D26h = P6/mcc$, $a = 0,919$ нм, $c = 0,919$ нм, $Z = 2$ [2].

Попереднє визначення засвідчило, що РВС-вектори у берилі можливі в напрямках $[0001]$, $[12\bar{3}0]$ і п'яти симетричних, а також у $[1101]$ і, відповідно, симетричних. Теоретичними F-гранями можуть бути пінакоїд $\{0001\}$, гексагональні призми $\{12\bar{1}0\}$ і $\{01\bar{1}0\}$, гексагональні дипіраміди $\{12\bar{1}2\}$, $\{12\bar{1}3\}$, $\{12\bar{1}4\}$ і $\{01\bar{1}1\}$, дигексагональні дипіраміди $\{13\bar{2}4\}$ і $\{14\bar{3}2\}$. З них морфологічно важливими будуть грані з великим d_{hkl} : $\{10\bar{1}0\}$, $\{10\bar{1}1\}$, $\{0001\}$, $\{12\bar{1}0\}$. Форму кристалів берилу, яка відповідає РВС-векторам, зображено на рис. 5, б. Наголосимо на дещо умовному характері такого зображення, оскільки неможливо математично точно визначити вплив ланцюгів сильного зв'язку на розвиток тієї чи іншої грані. Проте на зображенні добре видно розвиток зон, які відповідають РВС-векторам. Визначення рівноважної форми кристалів берилу відповідно до ланцюгів сильного зв'язку в кристалічній структурі потребує подальшого дослідження.

Симетрія грані. За І. Шафрановським [18], форми, які мають вищу симетрію граней на кристалах, є габітусними. На кристалах берилу найвищу симетрію – 6 – має пінакоїд $\{0001\}$. Симетрія гексагональних призм $\{11\bar{2}0\}$ і $\{10\bar{1}0\}$ становить 4. Інші форми мають нижчу симетрію: $\{hki0\}$ – 2, $\{h2hl\}$ та $\{h0hl\}$ – 2 і 1, $\{hkl\}$ – 1.

Отже, габітусними гранями на кристалах берилу, згідно з теорією симетрії грані, повинні бути пінакоїд $\{0001\}$ і гексагональні призми $\{11\bar{2}0\}$ і $\{10\bar{1}0\}$, які разом утворюють замкнуту форму. Кристали, побудовані нами на засадах цих положень, зображені на рис. 5, в.

Генезис. Ріст основної маси кристалів берилу відбувався внаслідок вільної кристалізації в занірках. Крім заніркової області, виділення берилу зрідка трапляються в зонах вилуговування. У занірках берил формувався за температури близько $400\text{ }^\circ\text{C}$, у зоні вилуговування температура утворення була дещо вища, а в метасоматично змінених породах – близько $500\text{ }^\circ\text{C}$ [9–13]. Мінерал утворився в лужний період за рН $8,5\pm 0,2$ [8]. Берил не формується одночасно з топазом [4], що непогано корелює з морфологією кристалів: індивіди топазу із занірок складніші, ніж у зоні вилуговування, а в берилу – навпаки.

Отже, кристали берилу з камерних пегматитів Волині, незважаючи на округлість граней та різноманітні фігури розчинення, піддаються вимірюванню. На кристалах із занірок виявлено прості форми $\{0001\}$, $\{10\bar{1}0\}$, $\{11\bar{2}0\}$, $\{10\bar{1}1\}$, $\{11\bar{2}1\}$, з яких перші три є габітусними. Індивіди із зони вилуговування від кристалів із занірок відрізняються меншим розміром, стовпчастим, однак ближчим до ізометричного обрисом і багатшою морфологією. У вертикальному поясі визначено грані призм $\{10\bar{1}0\}$ і $\{11\bar{2}0\}$, з яких габітусною є лише перша, а на головках – пінакоїд $\{0001\}$, гексагональні дипіраміди $\{10\bar{1}1\}$, $\{11\bar{2}1\}$ та дигексагональну дипіраміду $\{21\bar{3}1\}$. Габітусними є форми $\{0001\}$ і $\{11\bar{2}1\}$.

Розрахунок ретикулярної густини з урахуванням доповнень Доннея і Харкера засвідчив морфологічну важливість граней $\{10\bar{1}0\}$, $\{10\bar{1}1\}$ і $\{0001\}$. З огляду на положення ланцюгів сильного зв'язку важливими формами на берилі повинні бути $\{10\bar{1}0\}$, $\{10\bar{1}1\}$, $\{0001\}$, $\{12\bar{1}0\}$.

Симетрія граней визначає морфологічну важливість форм $\{0001\}$, $\{10\bar{1}0\}$ і $\{11\bar{2}0\}$. Берил, на відміну від топазу – індикатора кислих умов мінералогенезу, утворювався в лужному середовищі, що корелює з морфологічними особливостями мінералів: індивіди топазу із занірок складніші за огранюванням, ніж у зоні вилуговування, а в берилу – навпаки.

Отже, саме топаз і берил, які в камерних пегматитах Волині чітко індивідуалізовані кристалографічно, є надійними типоморфними мінералами-індикаторами кислотно-лужних умов мінералогенезу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бартошинский З. В. Аксессуарный берилл из камерных пегматитов Волины / З. В. Бартошинский, О. И. Матковский, Б. И. Сребродольский // Минерал. сб. – 1969. – № 23, вып. 4. – С. 382–397.
2. Брэгг У. Л. Кристаллическая структура минералов / У. Л. Брэгг, Г. Ф. Кларингбулл. – М. : Мир, 1967. – 390 с.
3. Вовк О. Кристаломорфологія топазу з камерних (заноришових) пегматитів Волині / О. Вовк, І. Наумко // Мінерал. зб. – 2005. – № 55, вип. 1–2. – С. 79–89.

4. Калюжная К. М. К парагенезису акцессорных берилла, фенакита и эвклаза в топазо-морионовых пегматитах / К. М. Калюжная, В. А. Калюжный // Минерал. сб. – 1963. – № 17. – С. 146–157.
5. Калюжный В. А. Основы учения о минералообразующих флюидах / В. А. Калюжный. – Киев : Наук. думка, 1982. – 240 с.
6. Матковський О. Основи мінералогії України : [підручник] / О. Матковський, В. Павлишин, Є. Сливко. – Львів : Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2009. – 856 с.
7. Минералогия и генезис камерных пегматитов Волини / Е. К. Лазаренко, В. И. Павлишин, В. Т. Латыш, Ю. Г. Сорокин. – Львов : Вища школа, 1973. – 360 с.
8. Мінералоутворюючі флюїди та парагенезиси мінералів пегматитів заноришевого типу України (рідкі включення, термобарометрія, геохімія) / [В. А. Калюжный, Д. К. Возняк, Г. М. Гігашвілі та ін.]. – К. : Наук. думка, 1971. – 216 с.
9. Наумко І. М. Акцесорний берил із зон вилугування топаз-морионових пегматитів Волині / І. М. Наумко // Минерал. журн. – 1999. – Т. 21, № 5–6. – С. 22–28.
10. Наумко І. М. Флюїдний режим мінералогенезу породно-рудних комплексів України (за включеннями у мінералах типових парагенезисів) : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра геол. наук / Ігор Михайлович Наумко. – Львів, 2006. – 52 с.
11. Наумко І. Нові дані з мінералогії, геохімії та генезису пегматитів заноришевого (камерного) типу України / І. Наумко // Мінерал. зб. – 2002. – № 51, вип. 2. – С. 58–68.
12. Ремешило Б. Г. О жидких включениях в акцессорном берилле занорышевых пегматитов Украины / Б. Г. Ремешило // Минерал. сб. – 1971. – № 25, вып. 3. – С. 262–264.
13. Ремешило Б. Г. Включения в акцессорном берилле метасоматически измененных пород (на примере занорышевых пегматитов Волини) / Б. Г. Ремешило // Минерал. сб. – 1972. – № 26, вып. 3. – С. 318–320.
14. Сливко Є. Берил у геологічних утвореннях України / Є. Сливко // Мінерал. зб. – 2007. – № 57, вип. 1. – С. 26–38.
15. Хартман П. Зависимость морфологии кристалла от кристаллической структуры / П. Хартман // Рост кристаллов. – М. : Наука, 1967. – Т. 7. – С. 8–24.
16. Хонигман Б. Рост и форма кристаллов / Б. Хонигман. – М. : ИЛ, 1961. – 221 с.
17. Шафрановский И. И. Кристаллы минералов / И. И. Шафрановский. – Л. : Изд-во Ленингр. ун-та, 1957. – 223 с.
18. Шафрановский И. И. Формы кристаллов / И. И. Шафрановский. – Л. : Недра, 1985. [Тр. Ин-та кристаллогр. – 1964. – Вып. 4. – С. 13–166].
19. Яковлева В. Берил України / В. Яковлева, В. Каменчук // Мінерал. зб. – 2004. – № 54, вип. 2. – С. 189–194.
20. Donnay J. D. H. A new law of crystal morphology extending of the law of Bravais / J. D. H. Donnay, D. Harker // Amer. Mineral. – 1937. – Vol. 23. – P. 446–467.

*Стаття: надійшла до редакції 08.10.2013
прийнята до друку 29.11.2013*

CRYSTAL MORPHOLOGY OF BERYL FROM VOLYN CHAMBER PEGMATITES

O. Vovk¹, I. Naumko²

¹*Lesya Ukrainka National University of Eastern Europe,
13, Voli Av., 43025 Lutsk, Ukraine*

E-mail: geologygeochemistry@gmail.com

²*Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals of NASU,
3a, Naukova St., 79060 Lviv, Ukraine*

E-mail: igggk@mail.lviv.ua

Crystal morphology of beryl from Volyn chamber pegmatites has been investigated. The influence of crystal structure and mineral forming conditions on crystal habit has been researched. The results of calculations of reticular density according to Donney–Harker law are reduced, previous PBC-vectors in crystal structure are presented, F, S, K-faces according to Hartman–Perdok method are admitted, morphological importance of faces according to face symmetry by I. Shaf-ranovskyi are presented. Different structural methods specify the morphological importance of faces $\{0001\}$, $\{10\bar{1}0\}$, $\{11\bar{2}0\}$, $\{10\bar{1}1\}$.

Key words: beryl, crystal morphology, crystalline structure, reticular density, crystal face, genesis, pegmatites, Volyn.

КРИСТАЛЛОМОРФОЛОГИЯ БЕРИЛЛА ИЗ КАМЕРНЫХ ПЕГМАТИТОВ ВОЛЫНИ

О. Вовк¹, И. Наумко²

¹*Восточноевропейский национальный университет имени Леси Украинки,
просп. Воли, 13, 43025 г. Луцк, Украина*

E-mail: geologygeochemistry@gmail.com

²*Институт геологии и геохимии горючих ископаемых НАН Украины,
ул. Научная, 3а, 79060 г. Львов, Украина*

E-mail: igggk@mail.lviv.ua

Исследовано морфологию кристаллов берилла из камерных пегматитов Волыни. Изучено влияние структурных факторов и условий образования на форму кристаллов. Приведено результаты расчета ретикулярной плотности по методу Доннея–Харкера, предварительно определено РВС-векторы в кристаллической структуре, сделано предположение относительно F, S, K-граней по П. Хартману и В. Г. Пердоку, определено морфологическую важность простых форм, исходя из симметрии граней по И. Шафрановскому. Разные структурные подходы указывают на морфологическую важность граней $\{0001\}$, $\{10\bar{1}0\}$, $\{11\bar{2}0\}$, $\{10\bar{1}1\}$.

Ключевые слова: берилл, кристалломорфология, кристаллическая структура, ретикулярная плотность, простая форма, генезис, пегматиты, Волынь.