

<https://doi.org/10.15407/mineraljournal.45.03.019>
УДК 549.01:548.1.02

Д.С. Черниш, канд. геол. наук, зав. відділу

E-mail: chernysh_d@ua.fm; <https://orcid.org/0000-0001-5390-2591>

В.І. Павлишин, д-р геол.-мін. наук, проф., зав. відділу

E-mail: V.I.Pavlyshyn@gmail.com; ResearcherID: D-6558-2019

Г.О. Кульчицька, д-р геол. наук, голов. наук. співроб.

E-mail: kulchechanna@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-7206-4797>

Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України
03142, м. Київ, Україна, просп. Акад. Палладіна, 34

РОЗПОДІЛ МІНЕРАЛІВ У ПРИРОДІ В КОНТЕКСТІ ЕВОЛЮЦІЙНИХ ПОГЛЯДІВ У СУЧАСНІЙ МІНЕРАЛОГІЇ

Просторовий розподіл мінералів у природі тісно пов'язаний із їхнім генезисом. Мінералогенетична реконструкція, яка охоплює відтворення онтогенезу й умови його реалізації, є найвищою формою відтворення генезису мінералів. Запропоновано загальну методичну схему мінералогенетичних досліджень. Проаналізовано еволюційні погляди в сучасній мінералогії та напрацювання вчених за двома напрямками — онтогенез і філогенез. На конкретних прикладах показано, що в природі реалізується явище закономірно-скерованої еволюції форми кристалів і протягом мінералоутворення, і в просторі, де цей процес відбувається, що простежується у зміні габітусів окремих індивідів, особливій зональності кристалів, існуванні просторово-часових кристалогенетичних рядів мінералів і кристаломорфологічної зональності мінеральних тіл, рудних районів, полів, провінцій. Дані симетрійної статистики показують провідну роль мінералів моноклінної сингонії у земній корі і надрах України. Аналіз зміни характеристик мінералів у часі і просторі дає змогу виявити деякі закономірності розподілу мінералів у природі, що є основою для напрацювання методів і критеріїв пошуку та оцінювання родовищ корисних копалин.

Ключові слова: генезис мінералів, онтогенез і філогенез мінералів, еволюція мінерального царства, симетрійна еволюція мінералів.

Вступ. Завданням будь-якого регіонально-мінералогічного дослідження є з'ясування генезису мінералу і пошук відповідей на питання: яким чином мінерал утворився і чому саме тут? Особливості хімічного складу, кристалічної будови, фізичних властивостей, розміру, форми кристалів мінералу і розподілу в природі обумовлені його генезисом.

Генезис мінералів зазвичай зводиться до характеристики геологічного процесу міне-

ралоутворення. Існують прямі і непрямі методи визначення фізико-хімічних умов, за яких кристалізувався мінерал. Оскільки утворення переважної більшості мінералів дослідники спостерігати не могли (прямі методи передбачають безпосередні заміри показників під час кристалізації), їхній генезис визначають непрямими методами — за парагенезисами, зміною габітусу кристалів, ізотопним співвідношенням, спектроскопічни-

Цитування: Черниш Д.С., Павлишин В.І., Кульчицька Г.О. Розподіл мінералів у природі в контексті еволюційних поглядів у сучасній мінералогії. *Мінерал. журн.* 2023. 45, № 3. С. 19—30. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.45.03.019>

© Видавець ВД "Академперіодика" НАН України, 2023. Стаття опублікована на умовах відкритого доступу за ліцензією CC BY-NC-ND license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

ми особливостями тощо, встановлюючи лише відносні параметри мінералоутворення. Термобарогеохімічні дослідження флюїдних включень у мінералах дають змогу отримати цифрові показники, максимально наближені до реальних параметрів мінералоутворювального середовища, але коло мінералів для таких досліджень дуже обмежене.

Методичні аспекти. Стисло зупинимося на методичній частині генетичних досліджень, без яких неможливо об'єктивно тлумачити закономірності просторового розподілу мінералів.

Найвищою формою відтворення генезису мінералів є *мінералогенетична реконструкція* [23, 25]: відтворення як онтогенезу мінералів, включаючи їхнє зародження, ріст і зміни аж до руйнації, так і фізико-хімічних умов, у яких реалізуються онтогенез, спосіб утворення мінералів і геологічний процес мінералоутворення.

Йдеться про найскладніший вид генетичного узагальнення, яке здійснюють на засадах синтезу всієї мінералогічної інформації, зокрема регіонально-мінералогічної, результатів парагенетичних досліджень, фізико-хімічного аналізу й неодмінно на онтогенічній основі. Останній акцент передбачає не генезис загалом (в якомусь узагальненому, опосередкованому розумінні), а взаємозв'язок параметрів середовища мінералоутворення з відповідними елементами анатомії індивідів і агрегатів, іншими словами, моделювання процесу мінералоутворення: хімічного складу, температури, тиску, агрегатного стану та інших параметрів середовища на основі просторово-часової моделі мінерального об'єкта.

Загальна методична схема мінералогенетичних реконструкцій така: спочатку відтворюють у природній послідовності результати мінералогічного процесу, а потім за цими результатами, на підставі відповідних мінералогенетичних індикаторів, відновлюють сам процес мінералоутворення, визначають параметри стану середовища, в якому він відбувся. Приклади такого типу реконструкцій у літературі є [23], але вони неповноцінні. Створення мінералогенетичних реконструкцій за схемою, що враховує всі тонкощі теоретично й експериментально напрацьованих

механізмів зародження, росту, способу й умов кристалізації всіх мінералів у тій чи іншій ділянці земної кори — справа майбутнього. Нижче з оптимальним наближенням до сутності та практики сучасних досліджень у генетичній мінералогії висвітлено основні засади її методів, їхню процедуру. Концептуальний виклад матеріалу зводиться до реалізації таких основних ідей та операцій (рис. 1).

1. Визначення остаточної мети генетичного дослідження, виходячи з головного завдання (геологічного, пошукового, екологічного тощо), на виконання якого воно скероване.

2. Виділення першочергових об'єктів для детальних генетичних досліджень за результатами попередніх робіт — геологічного або мінералогічного картування, гірничо-експлуатаційної документації тощо.

3. Польове онтогенічне документування досліджуваного об'єкта в масштабі, сумірному з його структурною гетерогенністю, яка має дати по можливості повне уявлення про внутрішню будову об'єкта, його положення в цьому геологічному середовищі.

4. Опробування досліджуваного об'єкта, відбір представницьких зразків і проб для лабораторних досліджень та експериментального моделювання.

5. Ґрунтовне й усебічне лабораторне вивчення проб і препарування зразків. Особливу увагу приділяють вивченню анатомії індивідів, агрегатів і поверхонь стику (індукційні грані) на препаратіваних індивідах. Виконують корегування польових генетичних побудов, уточнення діагностики мінералів.

6. Дослідження подрібнених проб. Цей етап принципово відрізняється від попередніх тим, що вивчають уже не об'єкт у цілому, а його штучно відокремлені частини, уламки, кристали, їхні зони аж до найдрібніших. Згодом місце цих частин у загальній структурі об'єкта буде відновлено за даними польової й лабораторної документації. Цей етап охоплює перегляд шліфів і аншліфів, електронно-мікроскопічне дослідження препаратів, хімічний аналіз штуфів і анатомічних елементів, уточнення структури кристалів, діагностику поліморфних і політипних модифікацій, ЕПР-, ЯМР- та ІЧ-спектроскопію,

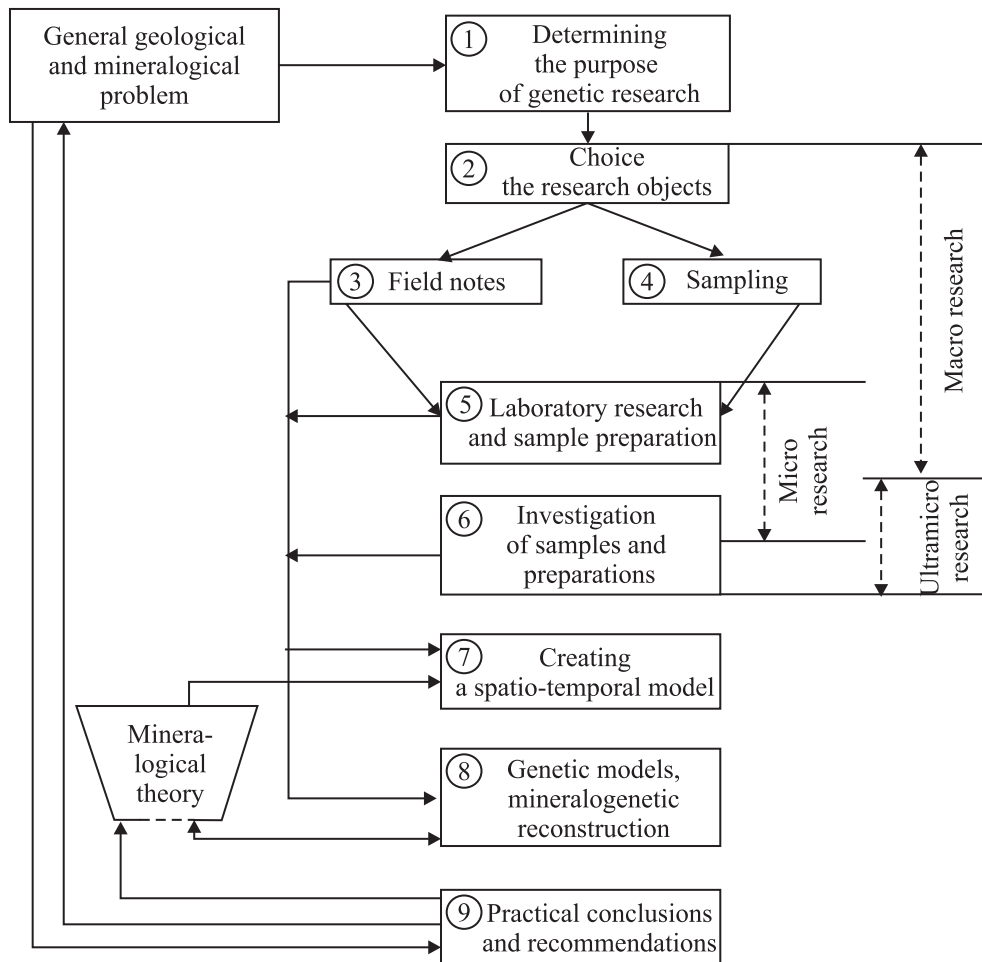


Рис. 1. Схема послідовних операцій під час генетичних досліджень, за [23]

Fig. 1. Scheme of sequential operations during genetic research, by [23]

виявлення природи забарвлення, люмінесцентних характеристик мінералів тощо. З'ясовують зміну форми, анатомії, конституції й властивостей мінералів у просторі, остаточно окреслюють анатомічну будову індивідів і агрегатів.

7. Синтез усіх отриманих результатів дослідження, онтогенічного зокрема, створення генетичної моделі об'єкта. Остання з часом може бути вдосконалена, якщо вдасться з'ясувати вплив конкретних глобальних чинників мінералоутворення — тектоніки, метаморфізму, магматизму, глибинних флюїдів тощо. Важливо також визначити співвідношення геолого-структурних і мінерагенічних особливостей геологічних об'єктів земної кори [12], виявити в кожному конкретному випадку специфіку взаємозв'язку заповнення простору певними мінеральними асоціаціями з їхнім генезисом. Це підґрунтя для

напрацювання критеріїв (методів) пошуку та оцінювання родовищ корисних копалин.

Такий методичний підхід відкриває можливість генетично розтлумачити встановлений спостереженнями у природі та лабораторними дослідженнями розподіл мінералів у просторі. Ідеальне завершення — відображення закономірності розподілу мінералів на мінералогічній карті. Систематизована у вигляді карт мінералогічна інформація про поширення видів та їхніх типоморфних властивостей у межах конкретних регіонів чи надрах країни загалом дає змогу виявити закономірності розміщення тих чи інших мінералів залежно від умов їхнього утворення [14, 17].

Еволюційні погляди в сучасній мінералогії. Розвиток і пізнання закономірностей еволюції мінерального царства, точніше, мінеральних видів та індивідів — голов-

ний предмет досліджень еволюційної мінералогії.

Термін "еволюція мінералів" набув широкого вжитку в науковій західній літературі після виходу 2008 р. статті Р. Хейзена зі співавторами [32], хоча еволюційні закономірності в контексті мінералогії з'явилися у деяких публікаціях раніше, а першою такою працею, ймовірно, можна вважати "Еволюцію магматичних порід" Н. Боуена [29]. Серед російськомовних публікацій такого спрямування слід згадати праці А.Г. Жабіна та М.П. Юшкіна, у яких ще за майже 30 років до публікації [32] запропоновано еволюційну класифікацію мінеральних видів [9] і сформульовано основні еволюційні закономірності [26].

Грунтовно проблему еволюції мінералів розглянуто у вже згаданій статті колективу авторів [32], які виділили такі її етапи: розділення і концентрація елементів на тлі їхнього початково відносно рівномірного розподілу в досонячній туманності; зміна фізико-хімічних умов (величини тиску і температури, впливу H_2O , CO_2 і O_2) у процесі еволюції Землі як планети; створення живими системами умов, далеких від рівноваги. Вчені зазначають, що використовують термін "еволюція" на базовому рівні, як "зміну в часі". Цей процес не аналогічний біологічній еволюції, а є незворотною послідовністю подій, що ускладнюють та урізноманітнюють мінеральні комплекси. Хоча, подібно до живих організмів, можливе вимирання мінеральних видів, коли процеси, що призвели до їх утворення, вже не відбуваються. Проте, на відміну від біоорганізмів, вимирання мінералів не є незворотним, відновлення відповідних умов спричинить повторну появу зниклого мінералу.

Про посилення інтересу вчених до закономірностей розподілу мінералів у часі і просторі свідчить нагородження Р. Хейзена у 2022 р. медаллю Міжнародної мінералогічної асоціації "За видатні наукові досягнення в мінералогії" за праці, присвячені питанням мінералогічної еволюції. Окрім того, у світовій мінералогічній літературі збільшилось число публікацій, де описано віковий розподіл мінералів, зміну властивостей мінералів у часі, що створило підстави

для розроблення концепції мінеральної екології [30, 34].

Еволюція в мінеральному царстві — складне, декількарівневе явище. Еволюціонують кристалічні структури (наприклад, острівна структура замінюється ланцюжковою, ланцюжкова — стрічковою), індивіди (кристали-багатогранники гранують, тобто перетворюються на агрегат зерен), окремі мінерали та мінеральні парагенезиси (кварц-мікрокліновий парагенезис поступається місцем кварц-альбітовому), мінеральні комплекси (глини архею і нижнього протерозою практично повністю складені пірофілітом; палеозою — гідрослюдами; від верхнього палеозою зростає вміст монтморилоніту [15]) тощо.

Нині маємо неспростовні аргументи еволюції мінерального царства. Зокрема, напрацьований метод моделювання процесів росту кристалічних структур за допомогою клітинних (*cellular*) автоматів як одного з випадків кінцевих детермінованих автоматів [35—37]. Завдяки періодичному характеру кристалічних структур їх зростання можна розглядати як алгоритм із визначеним числом послідовних кроків, а саму структуру кристала як результат виконання певної програми. Такий підхід дає змогу визначити напрям філогенетичної еволюції структуро- і мінералоутворення [13], оскільки закономірна зміна параметрів кристалічної структури у процесі її росту є своєрідним еволюційним показником [28].

Зважаючи на те, що еволюція мінералів — доведений факт, постає закономірне питання: чи можливо передбачити появу певних мінералів у тих чи інших геологічних обстановках? Традиційно відкриття нових мінералів відбувалось випадково, проте нині воно може бути прогнозованим. За даними американських учених [33], розподіл мінеральних видів на Землі відповідає статистичній моделі розподілу великої кількості рідкісних подій (*Large Number of Rare Events — LNRE*): 100 поширених мінеральних видів знайдено в понад 1000 місцевостях, тоді як 34 % із затверджених 4831 мінеральних видів (станом на 2015 р.) трапляються лише в одному або двох місцях. Учені передбачили існування на Землі 1563 видів ще не відкритих мінералів [31]. Водночас використання статис-

тичних моделей сприятиме виявленню закономірностей накопичення мінеральних видів із певними фізичними чи хімічними властивостями у конкретних ділянках земної кори [34].

Напрями еволюції мінералів. В еволюції мінерального царства виділяють два напрями — онтогенез і філогенез. Саме тому два вчення — про онтогенію і філогенію мінералів, фундамент яких заклав Д.П. Григор'єв [4], нині є в центрі еволюційної мінералогії.

Онтогенія мінералів — вчення про генезис мінеральних індивідів і агрегатів — нині має ґрунтовні здобутки, насамперед стосовно дослідження мінеральних індивідів [4, 23 та ін.]. В Україні особливо цікавий і великий матеріал напрацьовано з еволюції форми і кристаломорфологічної зональності для кристалів золота (В. Квасниця), міді (І. Квасниця), діаманту та графіту (В. Квасниця), сірки (Б. Сребродольський), сфалериту (С. Галій), піриту (різні автори), магнетиту, гематиту та гетиту (Б. Пирогов), кварцу (різні автори), циркону (В. Крочук), топазу (П. Вовк, І. Наумко, В. Павлишин, О. Вовк), берилу (З. Бартошинський, В. Павлишин, О. Вовк), цинвальдиту (В. Павлишин), альбіту і мікрокліну (П. Вовк), апатиту (різні автори), бариту (А. Вартересевич, В. Бартошинський), сингеніту (В. Квасниця), гіпсу (С. Дромашко, В. Золотухін), кальциту (Г. Піотровський, Б. Сребродольський), флюориту, кіноварі і кальциту (Б. Заціха), анальциму (Г. Ерьоменко, А. Вальтер), молібденіту (В. Сьомка, І. Квасниця), баделеїту (В. Квасниця, В. Крочук) тощо. Зроблено такий головний висновок: еволюція форми кристалів є неминучим наслідком еволюції процесів мінералоутворення, параметри яких фіксуються послідовними формами (габітусними типами) кристалів.

Узагальнення розмаїтого й численного фактичного матеріалу, передусім закономірностей мінливості форми кристалів у природних об'єктах, здійснене колективом учених [5], свідчить про *стійкі тенденції зміни форми кристалів, які закономірно повторюються в генетично однотипних природних об'єктах* — родовищах, масивах, жилах тощо.

Закономірності кристаломорфологічної еволюції мінералів виявлено на представ-

ницькому статистичному матеріалі. Нині відомо чимало добре обґрунтованих прикладів кристаломорфологічної еволюції кристалів сірки, діаманту, піриту, кіноварі, каситериту, анатазу, кварцу, топазу, циркону, авгіту, польових шпатів, флюориту, кальциту, монациту, бариту, апатиту та інших мінералів. Наприклад, для ртутних руд Закарпаття виділено п'ять генерацій габітусних форм кальциту, які послідовно змінюються зі зниженням температури мінералоутворення від $\{10\bar{1}1\}$ (рудна стадія) до $\{02\bar{1}1\}$ (безрудні ділянки) [10]. Форма кристалів флюориту з камерних пегматитів Волині зі зниженням температури й збільшенням pH зазвичай еволюціонує від зеленого октаедра до фіолетового куба і рідкісніших форм, які можуть слабо проявитися між $\{100\}$ і $\{111\}$ [10, 18]. Більше того, еволюція форми кристалів взаємопов'язана з їхнім розміром [2], що досить важливо для деяких видів ювелірної і стратегічної сировини.

Еволюція форми мінеральних індивідів — закономірне явище, але воно не завжди є однозначним, оскільки в різних геологічних середовищах можна очікувати взагалі більше, ніж один ряд еволюції. Наприклад, еволюція форми флюориту може відбуватись за дещо іншою, ніж зазначено вище, схемою. Габітусні типи кристалів циркону чітко вказують на його знаходження у певних типах порід: дипірамідальні кристали характерні для лужних порід, призматичні — для кислих. Водночас, морфологія призматичних кристалів циркону із гранітів дуже розмаїта і залежить, імовірно, не лише від хімізму породоутворювального середовища [11]. Отже, різним генетичним типам мінеральних комплексів властиві адекватні еволюційні габітусні ряди, які відбивають еволюцію процесу мінералоутворення загалом або в окремих випадках його певних параметрів.

Форма кристалів закономірно змінюється не лише в часі, але й у просторі, завдяки чому створюється *кристаломорфологічна зональність*, яка виразно окреслюється шляхом мінералогічного картування, особливо коли воно базується на морфометрії. Яскравим прикладом є розподіл габітусних форм кристалів мікрокліну в розрізі пегматитових тіл Волині, схематично зображений на

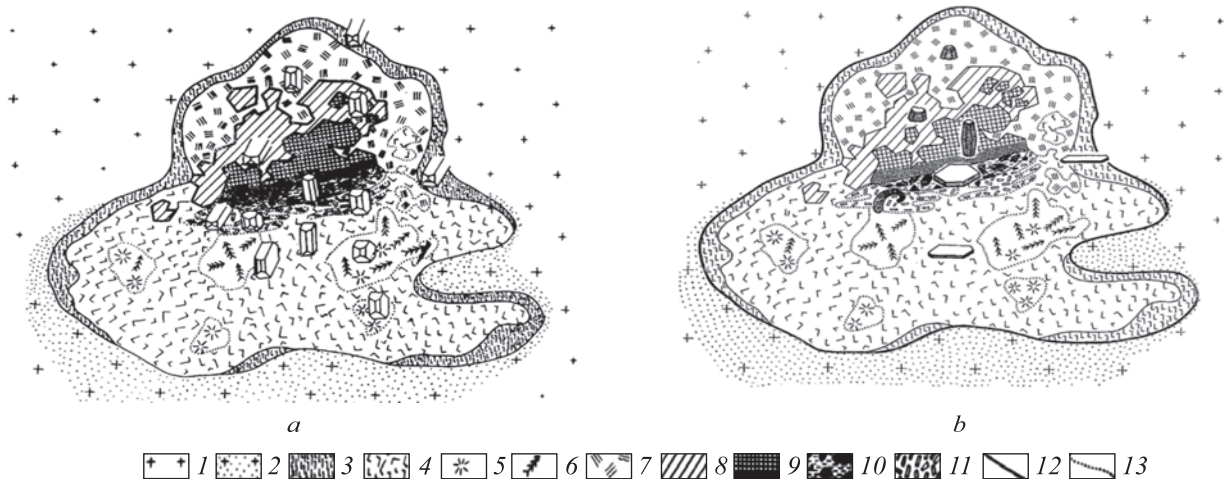


Рис. 2. Розподіл основних форм кристалів польових шпатів (а) і слюд (b) у розрізі камерного пегматитового тіла, Волинь, за [16]: 1 — граніт; 2 — метасоматично змінений граніт; 3 — дрібнозерниста графічна структура; 4 — середньо-крупнозерниста графічна структура; 5 — радіальна графічна структура; 6 — апографічна структура; 7 — пегматоїдна структура; 8 — польовий шпат; 9 — сірий кварц, затемнений біля контакту із занірком; 10 — занірок; 11 — зона вилугування; 12 — чіткі контакти; 13 — нечіткі контакти

Fig. 2. Distribution of the main forms of crystals of feldspars (a) and mica (b) in a section of the chamber pegmatite body, Volyn, by [16]: 1 — granite; 2 — metasomatically altered granite; 3 — fine-grained graphic structure; 4 — medium-coarse-grained graphic structure; 5 — radial graphic structure; 6 — apographic structure; 7 — pegmatoid structure; 8 — feldspar; 9 — gray quartz, darkened near the contact with cavity; 10 — cavity; 11 — leaching zone; 12 — clear contacts; 13 — unclear contacts

рис. 2, а. З нього і даних, наведених у публікаціях [3, 16], випливає, що обрис кристалів калієвого польового шпату в згаданих пегматитах досить розмаїтий: брускоподібний, стовпчастий, ізометричний і таблитчастий. Найвиразніше місце в пегматитових тілах посідають брускоподібні й стовпчасті індивіди. Брускоподібні кристали приурочені переважно до порожнин графічного пегматиту. Габітусними на них є грані форм $\{001\}$ і $\{010\}$, до яких приєднуються $\{\bar{1}01\}$, $\{\bar{2}01\}$, $\{110\}$ і $\{1\bar{1}0\}$. Стовпчасті кристали типоморфні для блокової й пегматоїдної зон. Для них характерний значний розвиток граней $\{010\}$, $\{110\}$ і $\{1\bar{1}0\}$, а також $\{001\}$ і $\{\bar{1}01\}$. Серед них власне місце посідають індивіди заніркової ділянки, оформлені здебільшого гранями $\{010\}$, $\{1\bar{1}0\}$, $\{110\}$, $\{001\}$. Через однаковий розвиток граней вертикальної зони вони набули псевдогексагонального обрису. Між брускоподібними і стовпчастими кристалами існують проміжні (перехідні) форми. Такі кристали добре розвинені в зоні $[100]$, однак перетин, перпендикулярний до $[001]$, у них не квадратний, оскільки грані $\{010\}$ домінують над $\{001\}$.

Отже, у камерних пегматитах, відповідно до їхньої історії, розподіл габітусних типів

польових шпатів досить складний. Тому чітко, просторово й генетично визначене положення займають лише два типи кристалів: 1) ранні брускоподібні індивіди, типоморфні для класичної графіки (тип I); 2) пізні стовпчасті псевдогексагональні кристали (тип II), приурочені до заніркової ділянки. В інших зонах пегматитів трапляються кристали різних морфологічних типів.

Еволюція форми кристалів слюд (рис. 2, b) під час формування камерних пегматитів Волині відбувалась на фоні зниження температури і зменшення вмісту феруму та гідроксилу з одночасним збільшенням вмісту літію, алюмінію, флюору. Тут зафіксовано два основні морфологічні типи слюд: пластинчастого обрису і пінакоїдального габітусу (графічна і заніркова зони) та стовпчастого обрису і пірамідального габітусу (порожнини і кварцове ядро) [16].

Наведені вище приклади свідчать, що в природі реалізується явище закономірно скерованої еволюції форми кристалів і протягом процесу мінералоутворення, і в просторі, де цей процес відбувається. Воно віддзеркалено у зміні габітусів індивідів, простежується в особливій зональності кристалів, в

існуванні просторово-часових габітусних рядів мінералів та кристаломорфологічної зональності мінеральних тіл, рудних районів, полів, провінцій. Звичайно зональність краще проявлена в регіональному масштабі, ніж у масштабі тіл.

Зміна форми кристалів у межах еволюційних рядів здійснюється таким чином, що їхні грані з'являються, ростуть і зникають (заростають) не будь-як, а в певній послідовності: **спочатку кристали обмежуються формами, ретикулярна щільність яких зростає, а наприкінці — гранями, щільність яких зменшується.**

Кристаломорфологічна еволюція мінералів як закономірне явище, на перший погляд, суперечить закону Браве, згідно з яким кристали мають покриватися найщільнішими гранями. Це "порушення" закону Браве має пояснення. У дослідженні [5] зазначено, що щільні грані стають габітусними лише на певній стадії процесу кристалізації, яка може відбуватись ближче до його початку, інколи — ближче до кінця. Тому індивіди, сформовані гранями за законом Браве, здебільшого зосереджені в найбагатших за вмістом цього мінералу рудних ділянках і ореолах мінералізації. За їхніми межами зазвичай ростуть кристали, які є винятками із закону Браве. Така закономірна просторово-часова зміна морфології мінеральних індивідів під час процесу природного кристалоутворення зареєстрована як відкриття [6]. У зв'язку з цим еволюційні ряди і кристаломорфологічна зональність мають велике прикладне значення для **пошукової кристаломорфології**. На їх основі напрацьовані [5, 7] й напрацьовуються нові методи та критерії пошуку родовищ корисних копалин, для яких засадничим є такий факт: **стадії формування кристалів із найщільнішими гранями збігаються у часі з найпродуктивнішими стадіями рудоутворення**. Звідси впливає пошуковий критерій: **шукайте руди за кристалами, обмеженими щільними гранями**. Такий підхід було застосовано для розробки кристаломорфологічного критерію визначення глибини ерозійного зрізу оловорудних родовищ [7]. Використано статистичні дані щодо послідовного (в часі) витіснення каситериту морфологічного типу I типом II і т. д. аж до

типу V і доведено, що кристали III і IV типів із найщільнішими гранями відповідають найпродуктивнішим горизонтам.

Анатомія кристалів, як і їхня зовнішня форма, еволюціонує в процесі мінералоутворення. Двигуном її, так само як і будь-якої іншої еволюції мінералів, є енергія середовища кристалоутворення, яка, змінюючись у часі й просторі, неодмінно й адекватно спричинює зміну внутрішньої будови індивідів і агрегатів, що в ньому ростуть. Напрацьовано нове уявлення про непросту еволюцію складної (гетерогенної) будови кристалів-індивідів, для яких, відповідно до внутрішньої будови та форми, запропоновано новий термін — **аномальний монокристал** [19]. Анатомія мінералів є складнішим, ніж морфологія, об'єктом дослідження, тому об'єктивно склалось так, що вивчення еволюції зовнішньої форми кристалів досить широко розвинуто, а еволюції їхньої анатомії й досі перебуває в зародковому стані. Серед слабких місць в онтогенічних розробках — насамперед проблеми мінералогічного успадкування та браку яскравих онтогенічних прикладів, що стосуються еволюції анатомії кристалів і полімінеральних агрегатів.

Досягнення в галузі онтогенії мінеральних агрегатів пов'язані передовсім із розробками А.Г. Жабіна [8] і Р.Л. Бродської [1]. Мінеральний агрегат самоорганізовується, перебудовується, просторово впорядковується в напрямі створення рівноважних внутрішніх меж в агрегаті та рівноважних форм індивідів у нових умовах. Самоорганізація — внутрішній процес, але поштовхом до її початку є зовнішні сили, що спричиняють перекристалізацію агрегату, у процесі якої перебудовується форма індивідів, а агрегат упорядковується.

Філогенія мінералів, яка покликана напрацьовувати закономірності еволюції мінеральних видів і парагенезисів мінералів, розроблена значно слабше, ніж онтогенія. Тим не менше, як зазначив М.П. Юшкін [26], окрім конкретних прикладів розвитку геологічних об'єктів, виявлено деякі загальні закономірності — ускладнення структури мінерального царства, збільшення його розмаїття з плином геологічного часу. До плагіоклазів, що панували в археї, в протерозої долучились лужні польові шпати, згодом фельдшпа-

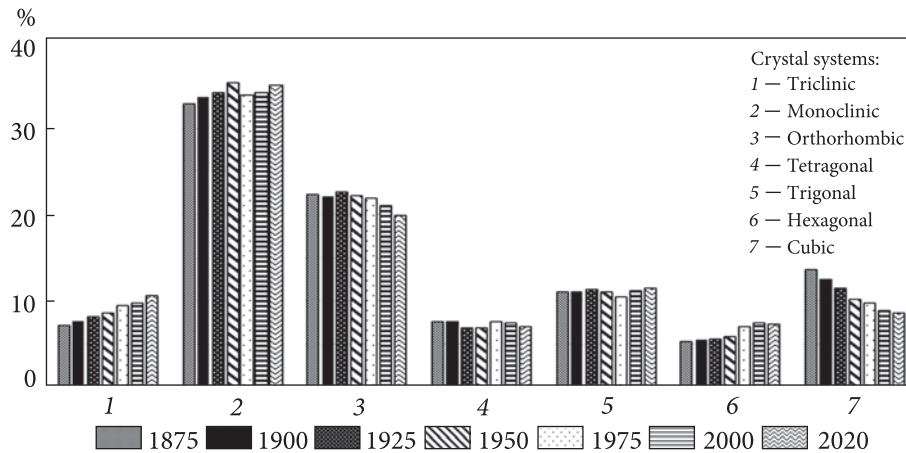


Рис. 3. Відносна частка мінералів різних сингоній, відкритих протягом 1875—2020 рр., за [38]

Fig. 3. Relative percentage of minerals of different crystal systems discovered during 1875—2020, by [38]

тоїди. Поступово сформувалось уявлення про еволюційні ряди мінералів, які водночас можна тлумачити як розподіл мінеральних видів чи їхніх відмін у часі. Наприклад, післямагматична історія формування камерних пегматитів може бути представлена, крім інших, таким еволюційним рядом слюд: аніт — аніт-(Li) — протолітійніт (часто 3T модифікація) — цинвальдит — кріофіліт — лепідоліт. Він уособлює чітко направлену зміну хімічного складу мінералів (середовища) — зменшення вмісту Fe, Mg, OH, збільшення Li, Al, F. Але буває й так, що деякі мінерали цього ряду знову з'являються, тобто повторюють його відрізки. Довго це було загадкою. А нині ми знаємо, що це наслідок революційних подій у занірку (зоні вилуговування), спричинених дією глибинних флюїдів. Так еволюційний ряд перетворюється на еволюційно-революційний. Революційну подію вдалось зафіксувати за унікальним морфологічним спротивом — слюда почала деформуватись і замість плоского кристала виріс гачкоподібний [20].

Будь-який еволюційний ряд розвивається скеровано в часі, але не завжди можна зафіксувати його розвиток у просторі. Це вдалось зробити на прикладі рідкіснометалевих гранітів Українського щита, в яких закономірний розподіл політипних модифікацій слюд в інтрузіях засвідчив наявність у них просторової еволюційної зональності [22].

Симетрична еволюція мінералів. Відомо [24], що на тлі досить сталої симетрії Землі в цілому знижується (еволюціонує) симетрія мінеральних об'єктів у напрямі від її центру до периферії. Симетрична еволюція мінера-

лів у гірських породах підпорядковується закону еліпсоїда Є.С. Федорова: від кулі до еліпсоїда обертання й тривісного еліпсоїда. За різними даними [24, 28, 38], моноклінна сингонія в земній корі виходить на перше місце (рис. 3), і симетрійний ряд для земної кори загалом має такий вигляд (у порядку зменшення числа мінералів): моноклінна (М) — ромбічна (Р) — кубічна (К) — тригональна (ТРГ) — тетрагональна (ТТР) — гексагональна (Г) — триклінна (ТРК).

Розподіл мінералів світу й України за сингоніями практично ідентичний, за винятком кубічної сингонії, частка мінералів якої в надрах України помітно вища, ніж у земній корі. Так само подібні для земної кори і надр України криві розподілу мінералів за видами симетрії [21].

Для рудних провінцій симетрійний ряд має дещо інший вигляд. Зокрема, за нашими даними, в надрах України є два рудних типи: І — своєрідний еталон "високосиметричної" рудної провінції (Донецький басейн з послідовністю Р — М — К — ТРГ, ТТР, Г — ТРК), що характеризується провідною роллю ромбічних мінералів і високою часткою кубічних мінералів; ІІ — старший за геологічним віком, тому "низькосиметричний" як і земна кора (Криворізький басейн з послідовністю М — Р — К — ТРГ — ТТР — Г — ТРК). Іншими словами, у старіших рудних провінціях України еволюція мінералів має тенденцію до збільшення числа мінералів із нижчою симетрією. Тобто тут проявлена та сама тенденція, що у земній корі в цілому. Отже, розподіл мінералів у природі органічно вписується у загальну схему диференціації й

еволюції мінералів і є, по суті, одним із механізмів еволюції "кубічного" і "кубо-ромбічного" мінерального царства в моноклінне у зовнішній сфері Землі.

З появою життя на Землі на еволюцію мінерального царства почав впливати потужний біологічний чинник, який істотно змінив і ускладнив еволюційний процес, сприяв росту числа мінеральних видів і пришвидшив біомінералогенетичні явища [27, 32].

Висновки. 1. Найвищою формою відтворення генезису мінералу є мінералогенетична реконструкція як відтворення онтогенезу його кристалів від зародження до руйнування, способу і фізико-хімічних умов кристалізації, геологічного процесу мінералоутворення, що завершується створенням генетичної моделі об'єкта. Систематизована мінералогічна інформація у межах регіонів чи надрах країни загалом дає змогу виявити закономірності розміщення тих чи інших мінералів залежно від умов їхнього утворення і на цій підставі прогнозувати найперспективніші нові ділянки знаходження мінералів.

2. Еволюція мінерального царства — закономірне явище. Пізнання закономірностей еволюції мінеральних видів та індивідів — головний предмет досліджень сучасної еволюційної мінералогії. Еволюція в мінеральному царстві розглядається як зміна у часі, що може завершитись вимиранням мінерально-

го виду. На відміну від живих організмів, за сприятливих геологічних умов можливе відродження виду. Результати еволюційної мінералогії сприятимуть виявленню закономірностей накопичення мінеральних видів із певними фізичними чи хімічними властивостями у конкретних ділянках земної кори.

3. Еволюція мінерального царства — декількарівневе явище. Найкраще вивчено кристаломорфологічну еволюцію, знання про зміну форми кристалів підкріплені значним статистичним матеріалом. Виявлено стійку тенденцію зміни форми кристалів відповідно до типу природного об'єкта. У природі реалізується явище закономірно скерованої еволюції форми кристалів у часі (протягом процесу мінералоутворення) і просторі (де цей процес відбувається). Закономірна просторово-часова зміна морфології мінеральних індивідів під час кристалізації має прикладне значення, суть якого полягає у пошуку продуктивних стадій рудоутворення за кристалами з найщільнішими гранями.

4. Симетрійна еволюція виявляється у зміні відсотка мінералів, що належать до різних сингоній. Дані симетрійної статистики показують провідну роль мінералів моноклінної сингонії у земній корі і надрах України. Спостерігається тенденція еволюції "кубічного" і "кубо-ромбічного" мінерального царства в моноклінне.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бродская Р.Л. Проявление закона гомологических рядов в эволюции ограничения минеральных индивидов и структуры магматических пород. *Минерал. журн.* 1990. 12, № 6. С. 3—7.
2. Вовк О.П., Наумко І.М. Особливості кристаломорфології топазу із камерних пегматитів Волині (за даними статистичних методів). *Мінерал. журн.* 2014. 36, № 1. С. 26—33.
3. Вовк П.К., Павлишин В.И., Сорокин Ю.Г. Полевые шпаты пегматитов Вольны. *Минерал. сб.* 1968. № 22, вып. 1. С. 31—46.
4. Григорьев Д.П. Онтогенез минералов. Львов: Изд-во Львов. ун-та, 1961. 284 с.
5. Григорьев Д.П., Евзикова Н.З., Зидарова Б., Костов И., Кузнецов С.К., Малеев М., Минеев Д.А., Попов В.А., Чесноков Б.В., Шафрановский И.И., Юшкин Н.П. Кристалломорфологическая эволюция минералов. *Сер. препринтов "Научн. докл." АН СССР*, Вып. 76. Коми фил. Сыктывкар, 1981. 27 с.
6. Григорьев Д.П., Евзикова Н.З., Зидарова Б., Костов И., Малеев М., Минеев Д.А., Попов В.А., Шафрановский И.И., Юшкин Н.П. Закономерность пространственно-временного изменения морфологии минеральных индивидов в процессе природного кристаллообразования: Науч. открытие, 1983. Заявка в Госуд. реестр открытий СССР № ОТ-10457 от 1.06.1981. URL: <http://ross-nauka.narod.ru/02/02-270.html> (дата звернення: 18.02.23).
7. Евзикова Н.З. Поисковая кристалломорфология. Москва: Недра, 1984. 143 с.
8. Жабин А.Г. Онтогенез минералов. Агрегаты. Москва: Наука, 1979. 276 с.
9. Жабин А.Г. Существует ли эволюция видообразования минералов на Земле? *Докл. АН СССР* 1979. 247, № 1. С. 199—202.
10. Зацixa Б.В. Кристаллогенезис и типоморфные особенности минералов ртутного и флюоритового оруденений Украины. Киев: Наук. думка, 1989. 192 с.

11. Квасниця І., Квасниця В. Прості форми кристалів циркону із кристалічних порід Українського щита та їх морфологічні типи. *Вісн. Київ. нац. ун-ту. Геологія*. 2020. № 2(89). С. 20—27. <http://doi.org/10.17721/1728-2713.89.03>
12. Красный Л.И. Геолого-структурные особенности суперструктур Земли и связанная с ними минерогения. *Докл. АН*. 1998. **360**, № 5. С. 663—665.
13. Кривовичев С.В. Кристаллохимический аспект эволюции минерального мира. *Минералогические перспективы: Материалы Междунар. минерал. семинара*. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2011. С. 67—69.
14. Кульчицька Г.О., Черниш Д.С. Мінералогічне районування території України. *Геологічна будова та корисні копалини України: Зб. тез Всеукр. наук. конф. (Київ, 12—13 жовт. 2022 р.)*. Київ, 2022. С. 174—179. URL: https://igmr.org.ua/pdf/Abstracts_2022_conf_compressed.pdf (дата звернення: 16.03.2023).
15. Лазаренко Е.К. Опыт генетической классификации минералов. Киев: Наук. думка, 1979. 316 с.
16. Лазаренко Е.К., Павлишин В.И., Латыш В.Т., Сорокин Ю.Г. Минералогия и генезис камерных пегматитов Волини. Львов: Вища шк., 1973. 359 с.
17. Матковський О.І., Павлишин В.І. Стан і перспективи розвитку регіонально-мінералогічних досліджень в Україні. Львів: Ред.-вид. відділ Львів. ун-ту, 1998. 76 с.
18. Павлишин В.І. Основи морфології та анатомії мінералів. Київ: ВПЦ Київ. ун-т, 2000. 186 с.
19. Павлишин В.І. Симетрія-диссиметрія кристалів: нові аспекти. *Мінерал. журн.* 2017. **39**, № 4. С. 67—76. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.39.04.067>
20. Павлишин В.І., Возняк Д.К. Симетрія-диссиметрія кристалів слюд і топазу камерних пегматитів Волині: кристалохімічні, морфологічні, генетичні аспекти. *Мінерал. журн.* 2020. **42**, № 1. С. 3—11. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.42.01.003>
21. Павлишин В.І., Зінченко О.В., Довгий С.О. Загальні особливості мінерального складу геологічних утворень України. *Мінерал. журн.* 2007. **29**, № 2. С. 5—18.
22. Павлишин В.И. Некоторые возможности прогнозирования рудоносности гранитоидов на основе информаций по типоморфизму породообразующих минералов (на примере гранитоидов Украинского щита). *Минералогические критерии оценки рудоносности*. Ленинград: Наука, 1981. С. 84—89.
23. Павлишин В.И., Юшкин Н.П., Попов В.А. Онтогенетический метод в минералогии. Киев: Наук. думка, 1988. 120 с.
24. Шафрановский И.И. Статистические закономерности и обобщенный закон в распределении минералов по их симметрии. *Зап. Всесоюз. минерал. об-ва*. 1983. Ч. 112, вып. 2. С. 177—184.
25. Юшкин Н.П. Теория и методы минералогии. Ленинград: Наука, 1977. 291 с.
26. Юшкин Н.П. Эволюционные представления в современной минералогии. *Зап. Всесоюз. минерал. об-ва*. 1982. Ч. 111, вып. 4. С. 432—442.
27. Юшкин Н.П. Эволюция минерального мира, зарождение биосферы и биоминеральная коэволюция. *Минералы и минералообразование*. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2008. С. 455—459.
28. Юшкин Н.П., Шафрановский И.И., Янулов К.П. Законы симметрии в минералогии. Ленинград: Наука, 1987. 335 с.
29. Bowen N.L. The evolution of the igneous rocks. Princeton, New Jersey, Princeton Univ. Press, 1928. 334 p.
30. Hazen R.M., Grew E.S., Downs R.T., Golden J., Hystad G. Mineral ecology: chance and necessity in the mineral diversity of terrestrial planets. *Can. Mineral.* 2015. **53**. P. 295—324. <https://doi.org/10.3749/canmin.1400086>
31. Hazen R.M., Hystad G., Downs R.T., Golden J.J., Pires A.J., Grew E.S. Earth's "missing" minerals. *Amer. Mineral.* 2015. **100**, No. 10. P. 2344—2347. <https://doi.org/10.2138/am-2015-5417>
32. Hazen R.M., Papineau D., Bleeker W., Downs R.T., Ferry J.M., McCoy T.J., Sverjensky D.A., Yang H. Mineral evolution. *Amer. Mineral.* 2008. **93**, Iss. 11-12. P. 1693—1720. <https://doi.org/10.2138/am.2008.2955>
33. Hystad G., Downs R.T., Hazen R.M. Mineral Species Frequency Distribution Conforms to a Large Number of Rare Events Model: Prediction of Earth's Missing Minerals. *Math. Geosci.* 2015. **47**. P. 647—661. <https://doi.org/10.1007/s11004-015-9600-3>
34. Hystad G., Morrison S.M., Hazen R.M. Statistical analysis of mineral evolution and mineral ecology: The current state and a vision for the future. *Appl. Comp. and Geosci.* 2019. **1**. 100005. <https://doi.org/10.1016/j.acags.2019.100005>
35. Krivovichev S.V. Actinyl compounds with hexavalent elements (S, Cr, Se, Mo) — structural diversity, nanoscale chemistry, and cellular automata modeling. *Eur. J. Inorg. Chem.* 2010. **2010**, Iss. 18. P. 2594—2603. <https://doi.org/10.1002/ejic.201000168>
36. Krivovichev S.V. Crystal structures and cellular automata. *Acta Crystallogr. A*. 2004. **60**(Pt 3). P. 257—262. <https://doi.org/10.1107/S0108767304007585>
37. Krivovichev S.V. Algorithmic Crystal Chemistry: A Cellular Automata Approach. *Crystal. Res.* 2012. **57**, No. 1. P. 10—17. <https://doi.org/10.1134/S1063774511060149>

38. Krivovichev S.V., Krivovichev V.G., Hazen R.M., Aksenov S.M., Avdontceva M.S., Banaru A.M., Gorelova L.A., Ismagilova R.M., Korniyakov I.V., Kuporev I.V., Morrison S.M., Panikorovskii T.L., Starova G.L. Structural and chemical complexity of minerals: an update. *Mineral. Mag.* 2022. **86**. P. 183–204. <https://doi.org/10.1180/mgm.2022.23>

Надійшла 20.03.2023

REFERENCES

1. Brodskaya, R.L. (1990), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 12, No. 6, UA, pp. 3-7 [in Russian].
2. Vovk, O.P. and Naumko, I.M. (2014), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 36, No. 1, UA, pp. 26-33 [in Ukrainian].
3. Vovk, P.K., Pavlishyn, V.I. and Sorokin, Yu.G. (1968), *Mineral. sb.*, No. 21, Vyp. 1, UA, pp. 31-46 [in Russian].
4. Grigoriev, D.P. (1961), *Ontogeny of minerals*, Publ. House Lvov Univ., UA, 284 p. [in Russian].
5. Grigoriev, D.P., Evzikova, N.Z., Zidarova, B., Kostov, I., Kuznetsov, S.K., Maleev, M., Mineev, D.A., Popov, V.A., Chesnokov, B.V., Shafranovskiy I.I. and Yushkin, N.P. (1981), *Crystallomorphological evolution of minerals*, Ser. preprints "Scientific reports" Acad. Sci. USSR, Iss. 76, Syktyvkar, RU, 27 p. [in Russian].
6. Grigoriev, D.P., Evzikova, N.Z., Zidarova, B., Kostov, I., Maleev, M., Mineev, D.A., Popov, V.A., Shafranovskiy, I.I. and Yushkin, N.P. (1983), *Nauch. Otkrytiye, Application to the State Register of Discoveries of the USSR No. OT-10457 dated 1.06.1981* [in Russian]. URL: <http://ross-nauka.narod.ru/02/02-270.html> (Accessed: 18.02.2023).
7. Evzikova, N.Z. (1984), *Search crystallomorphology*, Nedra, Moscow, RU, 143 p. [in Russian].
8. Zhabin, A.G. (1979), *Ontogeny of minerals. Aggregates*, Nauka, Moscow, RU, 276 p. [in Russian].
9. Zhabin, A.G. (1979), *Dokl. Akad. Nauk SSSR*, Vol. 247, No. 1, RU, pp. 199-202 [in Russian].
10. Zatsikha, B.V. (1989), *Crystallogenesis and typomorphic features of minerals of mercury and fluorite mineralization of Ukraine*, Nauk. dumka, Kiev, UA, 192 p. [in Russian].
11. Kvasnytsya, I. and Kvasnytsya, V. (2020), *Visn. Taras Shevchenko Nat. Univ. Kyiv, Geology*, Vol. 2(89), UA, pp. 20-27 [in Ukrainian]. <http://doi.org/10.17721/1728-2713.89.03>
12. Krasnyi, L.I. (1998), *Dokl. AN*, Vol. 360, No. 5, pp. 663-665 [in Russian].
13. Krivovichev, S.V. (2011), *Mineralogical Outlooks, Proc. of Int. mineral. seminar*, Syktyvkar, pp. 67-69 [in Russian].
14. Kulchytska, H.O. and Chernysh, D.S. (2022), *Geological structure and mineral deposits of Ukraine: Abstr. of All-Ukrainian Sci. Conf., October 12-13. 2022*, Kyiv, pp. 174-179 [in Ukrainian]. URL: https://igmr.org.ua/pdf/Abstracts_2022_conf_compressed.pdf (Accessed: 16.03.2023).
15. Lazarenko, E.K. (1979), *Experience in the genetic classification of minerals*, Nauk. dumka, Kiev, UA, 316 p. [in Russian].
16. Lazarenko, E.K., Pavlishyn, V.I., Latysh, V.T. and Sorokin, Yu.G. (1973), *Mineralogy and genesis of chamber pegmatites of Volyn, Vyshcha Shkola*, Lvov, UA, 359 p. [in Russian].
17. Matkovskiy, O.I. and Pavlyshyn, V.I. (1998), *The state and prospects for the development of regional mineralogical research in Ukraine*, Lviv, UA, 76 p. [in Ukrainian].
18. Pavlyshyn, V.I. (2000), *Principles of morphology and anatomy of minerals*, PPC Kyiv Univ., UA, 186 p. [in Ukrainian].
19. Pavlyshyn, V.I. (2017), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 39, No. 4, UA, pp. 67-77 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.39.04.067>
20. Pavlyshyn, V.I. and Voznyak, D.K. (2020), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 42, No. 1, UA, pp. 3-11 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.42.01.003>
21. Pavlyshyn, V.I., Zinchenko, O.V. and Dovgyi, S.O. (2007), *Mineral. Journ.*, Vol. 29, No. 2, UA, pp. 5-18 [in Ukrainian].
22. Pavlishyn, V.I. (1981), *Mineralogical criteria for assessment of ores*, Nauka, Leningrad, pp. 84-89 [in Russian].
23. Pavlishyn, V.I., Yushkin, N.P. and Popov, V.A. (1998), *Ontogenic method in mineralogy*, Nauk. dumka, Kyiv, UA, 120 p. [in Russian].
24. Shafranovskiy, I.I. (1983), *Zap. Vses. mineral. ob-va*, Ch. 112, Vyp. 2, RU, pp. 177-184 [in Russian].
25. Yushkin, N.P. (1977), *Theory and methods of mineralogy*, Nauka, Leningrad, 291 p. [in Russian].
26. Yushkin, N.P. (1982), *Zap. Vses. mineral. ob-va*, Ch. 111, Vyp. 4, pp. 432-442 [in Russian].
27. Yushkin, N.P. (2008), *Minerals and Mineral Formation*, Syktyvkar, pp. 455-459 [in Russian].
28. Yushkin, N.P., Shafranovskiy, I.I. and Yanulov, K.P. (1987), *Symmetry laws in mineralogy*, Nauka, Leningrad, RU, 335 p. [in Russian].
29. Bowen, N.L. (1928), *The evolution of the igneous rocks*, Princeton Univ. Press, Princeton, New Jersey, 334 p.
30. Hazen, R.M., Grew, E.S., Downs, R.T., Golden, J. and Hystad, G. (2015), *Can. Mineral.*, Vol. 53, pp. 295-324. <https://doi.org/10.3749/canmin.1400086>
31. Hazen, R.M., Hystad, G., Downs, R.T., Golden, J.J., Pires, A.J. and Grew, E.S. (2015), *Amer. Mineral.*, Vol. 100, No. 10, pp. 2344-2347. <https://doi.org/10.2138/am-2015-5417>
32. Hazen, R.M., Papineau, D., Bleeker, W., Downs, R.T., Ferry, J.M., McCoy, T.J., Sverjensky, D.A. and Yang, H. (2008), *Amer. Mineral.*, Vol. 93, Iss. 11-12, pp. 1693-1720. <https://doi.org/10.2138/am.2008.2955>

33. Hystad, G., Downs, R.T. and Hazen, R.M. (2015), *Math. Geosci.*, Vol. 47, pp. 647-661. <https://doi.org/10.1007/s11004-015-9600-3>
34. Hystad, G., Morrison, S.M. and Hazen, R.M. (2019), *Appl. Computing and Geosci.*, Vol. 1. <https://doi.org/10.1016/j.acags.2019.100005>
35. Krivovichev, S.V. (2010), *Eur. J. Inorg. Chem.*, Vol. 2010, Iss. 18, pp. 2594-2603. <https://doi.org/10.1002/ejic.201000168>
36. Krivovichev, S.V. (2004), *Acta Crystall. A*, 60(Pt 3). P. 257-262. <https://doi.org/10.1107/S0108767304007585>
37. Krivovichev, S.V. (2012), *Crystal. Reps.*, Vol. 57, No. 1, pp. 10-17. <https://doi.org/10.1134/S1063774511060149>
38. Krivovichev, S.V., Krivovichev, V.G., Hazen, R.M., Aksenov, S.M., Avdontceva, M.S., Banaru, A.M., Gorelova, L.A., Ismagilova, R.M., Korniyakov, I.V., Kuporev, I.V., Morrison, S.M., Panikorovskii, T.L. and Starova, G.L. (2022), *Mineral. Mag.*, Vol. 86, pp. 183-204. <https://doi.org/10.1180/mgm.2022.23>

Received 20.03.2023

D.S. Chernysh, PhD (Geology), Head of Department

E-mail: chernysh_d@ua.fm; <https://orcid.org/0000-0001-5390-2591>

V.I. Pavlyshyn, DrSc (Geology, Mineralogy), Prof., Head of Department

E-mail: V.I.Pavlyshyn@gmail.com; ResearcherID: D-6558-2019

H.O. Kulchytska, DrSc (Geology), Chief Research Fellow

E-mail: kulchechanna@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-7206-4797>

M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine

34, Acad. Palladin Ave., Kyiv, Ukraine, 03142

DISTRIBUTION OF MINERALS IN NATURE IN THE CONTEXT OF EVOLUTIONARY VIEWS IN MODERN MINERALOGY

The spatial distribution of minerals in nature is closely related to their genesis. Mineralogenetic reconstruction, including the reproduction of ontogenesis and the conditions for its implementation, is the highest form of reproduction of the genesis of minerals. A general methodical scheme of mineralogenetic research is proposed. The evolutionary views in modern mineralogy and the developments of scientists in two directions — ontogenesis and phylogenesis — are analyzed. On specific examples, it is shown that in nature the phenomenon of a regularly directed evolution of the shape of crystals is realized both during mineral formation and in the space where this process occurs. It can be traced in the change in the habits of individuals, the special zonation of crystals, the existence of spatio-temporal crystal genetic series of minerals and the crystal-morphological zonation of mineral bodies, ore regions, fields, provinces. The data of symmetrical statistics show the leading role of monoclinic minerals in the earth's crust and bowels of Ukraine. Analysis of changes in the characteristics of minerals in time and space makes it possible to reveal some regularities in the distribution of minerals in nature. This is the basis for the development of methods and criteria for the search and evaluation of mineral deposits.

Keywords: genesis of minerals, ontogenesis and phylogenesis of minerals, mineral evolution, symmetrical evolution of minerals.