МІНЕРАЛОГІЯ, ГЕОХІМІЯ ТА ПЕТРОГРАФІЯ

УДК 548/549.61

DOI: <http://doi.org/10.17721/1728-2713.89.03>

I. Квасниця, канд. геол. наук, доц.,
E-mail: ikvasnytsya@gmail.com,
Київський національний університет імені Тараса Шевченка,
НАН "Інститут геології", вул. Васильківська, 90, м. Київ, 03022, Україна;
В. Квасниця, д-р геол.-мінералог. наук, проф.,
E-mail: vmkvas@hotmail.com,
Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення
імені М.П. Семененка НАН України,
пр. Акад. Палладіна, 34, м. Київ, 03680, Україна

ПРОСТІ ФОРМИ КРИСТАЛІВ ЦИРКОНУ ІЗ КРИСТАЛІЧНИХ ПОРІД
УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА ТА ЇХ МОРФОЛОГІЧНІ ТИПИ

(Представлено членом редакційної колегії д-ром геол. наук, доц. С.Є. Шнюковим)

Стисло викладено основні розробки з геометричної кристалографії циркону, напрацьовані багатьма дослідниками у XVIII–XX століттях. Узагальнено дані гоніометричних досліджень циркону із кристалічних порід Українського щита (УЩ). Вони охоплюють циркон переважно з гранітів і лужних порід більшості мегаблоків УЩ. Набір простих форм габітусного значення на кристалах циркону невеликий: {111}, {110}, {100}, {221}, {331} і {311}. Ці форми визначають два різко протилежні габітуси кристалів циркону: призматичний і дипірамідальний. Серед призматичних кристалів розрізняються декілька основних морфологічних типів кристалів: {110}+{111} – цирконовий, {100}+{111} – гіацинтовий, {110}+{100}+{111}, {110}+{100}+{111}+{311} і {110}+{100}+{311} – різновиди проміжного гіацинтово-цирконового типу. Серед дипірамідальних кристалів контрастні два морфологічні типи: огранені дипірамідою {111} і комбінацією дипірамід {111}+{331}+{221}. Проста форма {111} розвинена майже на всіх кристалах циркону із кристалічних порід УЩ, за винятком випадків, коли вона повністю витісняється на головках кристалів дитетрагональною дипірамідою {311}. Для кристалів циркону із сієнітів, маріуполітів, альбітитів і деяких пегматитів форма {111} є габітусною. Проста форма призма {110} також розвинена майже на всіх кристалах циркону із кристалічних порід УЩ, за винятком багатьох дипірамідальних {111} кристалів із сієнітів Жовтневого масиву і кристалів циркону гіацинтового типу. Вона визначає найбільш поширений морфологічний тип кристалів циркону призматичного габітусу – цирконовий. Проста форма призма {100} менш поширена на кристалах циркону із кристалічних порід УЩ, ніж форма {110}. Вона характеризує гіацинтовий морфологічний тип кристалів циркону призматичного габітусу і властива циркону із гранітів Приазов'я і Середнього Придніпров'я. Проста форма {311} є добре розвинутою на кристалах циркону гіацинтово-цирконового типу із гранітів і майже відсутня на дипірамідальних кристалах циркону із лужних порід. Прості форми {221} і {331} добре розвинені лише на дипірамідальних кристалах із сієнітів, маріуполітів, альбітитів і деяких пегматитів Приазов'я. Особливо вони характерні для кристалів циркону Азовського родовища. Проста форма пінакоїд {001} рідкісна і слабо розвинена, виявлена лише на кристалах циркону призматичного габітусу із бейфорситів Чернігівського масиву і на дипірамідальних кристалах із сієнітів цього ж масиву. Ще дві дипіраміди {101} і {211} можна віднести до достовірних простих форм на кристалах циркону із кристалічних порід УЩ. Однак вони є рідкісними і виявлені лише на кристалах циркону із кислих порід. Інші гоніометрично заміряні прості форми на кристалах циркону із різних порід УЩ є слабо розвиненими і часто неповнозграниченими, їх достовірність підлягає сумніву, і тому вони не прийняті нами для розгляду. Наведені дані про прості форми, габітуси і основні морфологічні типи кристалів циркону із кристалічних порід УЩ майже повністю підтверджують основні положення про морфологічні і структурні основи кристаломорфології циркону. Насамперед це стосується двох контрастних габітусних типів кристалів циркону: переважно в лужних породах ростуть дипірамідальні кристали, у кислих породах – різні морфологічні типи призматичних кристалів. Загалом набір, ступінь важливості і поширення простих форм на кристалах циркону із кристалічних порід УЩ відповідає морфологічним і структурним рядам кристалів цього мінералу. У той же час розмаїття морфологічних типів призматичних кристалів циркону із гранітів ще немає належного пояснення. Поки що можна констатувати, що кожний петрологічний тип граніту може характеризуватися певним морфологічним типом чи типами призматичних кристалів циркону. Дипірамідальний циркон із більшості проявів лужних порід УЩ молодший призматичного циркону із кислих порід щита. Циркони із сієнітів Яструбецького і Жовтневого масивів та Азовського родовища мають палеопротерозойський вік близько 1770 млн років. Він характеризує єдиний етап палеопротерозойського лужного магматизму, потужно проявленого на УЩ і багатого на рідкоземельну геохімічну спеціалізацію. Саме у цих породах поширені і навіть домінують (у маріуполітах Жовтневого масиву і сієнітах Азовського родовища) дипірамідальні циркони. Циркони із сієнітів і карбонатитів Чернігівського масиву, серед яких трапляються більш рідкісні дипірамідальні кристали, значно давніші – близько 2 млрд років. Циркони із кислих порід УЩ утворені переважно у період 2,2–1,8 млрд років. Дипірамідальний циркон на УЩ є докембрійським утворенням, який відображає відносно вузький у часі палеопротерозойський етап історії УЩ. Такий циркон трапляється у неогенових і четвертинних теригенних відкладах південно-західної частини УЩ, що може свідчити про наявність на цій території ще невідомих палеопротерозойських джерел лужного магматизму. Дипірамідальні кристали циркону також можуть належати різним альбітизованим породам та пегматитам кислих і лужних порід.

Ключові слова: циркон, кристаломорфологія, прості форми, морфологічні типи, Український щит.

Вступ. Циркон – один із найпоширеніших акцесорних мінералів, він зустрічається майже в усіх типах порід: магматичних, метаморфічних, осадових. Тому він є важливим мінералом, насамперед, для з'ясування генезису кристалічних порід, кореляційних побудов, радіогеохронологічних досліджень, визначення областей зносу, пошуків корінних родовищ і, власне, як корисна копалина. Саме тому він є одним із досить добре вивчених мінералів.

Одна й досить наочна особливість циркону – це форма виділень мінералу. Він належить до відносно рідкісних мінералів, які часто ростуть у вигляді багатогранників. Хоч вважається, що циркон утворюється на всіх стадіях кристалізації породи: як в умовах вільного,

так і утрудненого росту. Загальне пояснення високого ступеня ідіоморфізму виділень циркону криється в значній кристалізаційній силі мінералу, яка зумовлена компактністю і відносною простотою його структури, сильними зв'язками між катіонами тощо.

Загалом для циркону характерні як поодинокі кристали (від дрібних до 10 см і більше), так і їх зростки, рідше зерна. Утворює він і найрізноманітніші агрегати, найтиповішими серед яких є агрегати неправильної форми, пластиноподібні, частково радіально-променисті (малакон, циртоліт та інші рідкоземельні різновиди), а також землисті скупчення та натічні форми (аршинвіт) (Мінерали, 1972).

Численні літературні дані з морфології циркону свідчать про велику інформативність кристаломорфологічного аспекту досліджень, розглядаючи останній як джерело відомостей щодо умов кристалізації порід, що його вміщують. Систематичне вивчення типоморфізму форми циркону призвело до створення так званої Пюлін-діаграми (Pupin, 1980), яка хоч і зазнає критики, проте широко використовується при вивченні генезису магматичних утворень.

Мета роботи – викласти морфологічні і структурні засади кристалографії циркону і, на цій основі, зробити аналіз простих форм кристалів циркону із кристалічних порід УЩ та виділити основні морфологічні типи кристалів циркону залежно від петрологічного типу породи. Зауважимо, що при дослідженні кристалів циркону донині частіше використовується метод візуального порівняння його морфології з відомими опублікованими даними, у т. ч. із підручників і різних мінералогічних і кристалографічних довідників, найчастіше з Атласу кристалічних форм В. Гольдшміда (Goldschmidt, 1923). Таке вивчення морфології багатогранників циркону не може вважатися коректним. Зокрема це стосується й вивчення кристаломорфології циркону із кристалічних порід УЩ. Можна навести небагато ґрунтовних публікацій про гоніометричні дослідження кристалів циркону із кристалічних порід УЩ (Крочук, 1984; Крочук і Верхогляд, 1986; Крочук і Лесная, 1986; Крочук і др., 1989; Легкова і др., 1993; Пономаренко, 2001; Квасниця та ін., 2016). Тому при кристаломорфологічному аналізі циркону із кристалічних порід УЩ ми насамперед орієнтувалися на результати гоніометричних досліджень цього мінералу. Хоч такими інструментальними дослідженнями кристалів циркону охоплено відносно мало петрологічних типів порід УЩ, проте вони наглядно демонструють тенденцію зміни форми кристалів циркону залежно від породи.

Зразки і методи дослідження. Протягом багатьох років ми вивчали кристаломорфологію циркону з різних кристалічних порід на Волинському, Середньопридніпровському і Приазовському мегаблоках УЩ, використовуючи при цьому гоніометрію і растрову електронну мікроскопію. Кристали циркону були заміряні на двокружному гоніометрі ГД-1, при розрахунках простих форм кристалів циркону застосована їх морфологічна установка. Електронно-мікроскопічні дослідження кристалів циркону проведені останніми роками в Інституті геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України (м. Київ) на растровому електронному мікроскопі JSM-6700F, обладнаному енергодисперсійною системою для мікроаналізу JED-2300 (JEOL, Японія). Отримання РЕМ-зображень кристалів циркону здійснювалось за прискорювальної напруги 15 кВ, струму зонда $6 \cdot 10^{-10}$ А та діаметра зонда 1–2 мкм.

Морфологічні і структурні основи кристалографії циркону. Морфологія кристалів будь-якого мінералу визначається внутрішніми (структура кристалів, наявність у них дислокацій і границь двійникування тощо) і зовнішніми (температура, тиск, ступінь пересичення і структурний стан середовища мінералоутворення, характер рухливості мінералотвірних компонентів, елементи-домішки тощо) чинниками. Саме структура мінералу зумовлює ідеальну чи теоретичну морфологію його кристалів, а всі відхилення від неї пов'язані з впливом на їх структуру перелічених зовнішніх чинників. Все разом визначає механізм росту і швидкість переміщення граней кристалу, що є причиною особливостей його зовнішньої і внутрішньої морфології.

Морфологічні основи кристалографії циркону були закладені у період, що охоплює кінець XVIII, XIX і початок XX століття. Результати гоніометричних досліджень

циркону, отримані у той час багатьма мінералогами і кристалографами, були підсумовані В.М. Гольдшмідом у 9 томі Атласу кристалічних форм за 1923 р. (Goldschmidt, 1923). Він містить 13 таблиць з 158 зображеннями кристалів циркону, а у текстовій частині – перелік ідентифікованих простих форм на кристалах циркону та інформацію про географію знахідок цих кристалів, яка охоплює майже всі континенти і багато країн. Надано список літературних джерел, проте у томі відсутні дані про материнські джерела кристалів циркону.

В.М. Гольдшмід розділив всі виявлені прості форми на кристалах циркону на головні, рідкісні та малодостовірні. У число 11 головних форм віднесені: {001}, {010}, {110}, {011}, {112}, {111}, {221}, {331}, {131}, {141} і {151}. У число рідкісних і малодостовірних форм увійшли: {130}, {031}, {041}, {051}, {071}, {113}, {559}, {14.14.25}, {554}, {332}, {553}, {774}, {11.11.6}, {773}, {552}, {16.16.5}, {551}, {881}, {991}, {355}, {455}, {766}, {655}, {544}. Всі вище вказані головні форми складають різні комбінації на малюнках кристалів циркону в Атласі (Goldschmidt, 1923). Нами проаналізовано (Квасниця, 2014), що серед габітусних типів кристалів циркону в Атласі переважають призматичні і дипірамідально-призматичні кристали, дипірамідальні кристали відносно рідкісні.

Як відомо, структура циркону зумовлює його кристалізацію в дитетрагонально-дипірамідальному виді симетрії тетрагональної сингонії, в якому можливі п'ять типів простих форм: пінакоїд, тетрагональні призми, дитетрагональні призми, тетрагональні дипіраміди і дитетрагональні дипіраміди. Тобто передбачається багато простих форм. Але якщо звернутися до відомих і найбільш повних мінералогічних і кристалографічних довідників (Goldschmidt, 1923; Минералы, 1982), то кількість виявлених найчастіших достовірних простих форм на кристалах циркону невелика – до 15, що й було зафіксовано ще В.М. Гольдшмідом. Поширених форм габітусного значення ще менше – серед них домінують дві тетрагональні призми {110} і {100}, одна тетрагональна дипіраміда {111} і одна дитетрагональна дипіраміда {311}. Це особливо добре видно із аналізу частоти і ступеня розвитку простих форм на кристалах циркону, зображених в Атласі (Goldschmidt, 1923), домінуючими є такі форми: {111}, {110} і {100}, менш значущі {311}, {101}, {331} і {221}. Наш статистичний аналіз поширеності головних форм на кристалах циркону, зображених у цьому Атласі, дозволяє запропонувати такий морфологічний ряд їх важливості: {111}, {110}, {100}, {311}, {331}, {101}, {221}, {511}, {411} і {001}. Раніше подібна серія морфологічного значення простих форм циркону була отримана І.І. Шафрановським (Минералы, 1972): {111}, {110}, {100}, {311}, {331} і {101}. Близький ряд важливості простих форм циркону, виходячи з особливостей його структури, визначив П. Хартман (Hartman, 1956): {111}, {110}, {100}, {211}, {331}, {112}.

Згідно з концепцією П. Хартмана і В. Пердока (Hartman and Perdok, 1955) про визначальний чинник періодичних ланцюжків зв'язку (ПЛЗ), у структурі мінералу лише дві форми {111} і {110} на кристалах циркону можуть бути утворені так званими F-гранями. Ці форми є структурно найбільш важливими, оскільки паралельні двом векторам найміцніших зв'язків у кристалах циркону, їх грані мають власні піраміди росту, вони утворюються шарами і тому їх поверхня плоска і гладенька. Всі інші форми на кристалах циркону менш структурно важливі і мали би бути вираженими S- і K-гранями – із східчастими і шорсткими (кустастими) поверхнями відповідно. Тому в ідеальних умовах росту кристали циркону повинні покриватися лише гранями двох форм

{111} і {110}. Габітусні типи таких кристалів повинні визначатися ступенем розвитку граней цих форм – від дипірамідальних, дипірамідално-призматичних до призматичних і відрізнятися видовженням по головній кристалографічній осі [001]. Однак майже всі виявлені прості форми на кристалах циркону представлені плоскими гранями. Такі відхилення (розвиток плоских граней більшості простих форм, зміна порядку їх важливості) свідчать про суттєвий вплив середовища мінералоутворення на форму кристалів циркону. Навіть при відносно ідеальних умовах росту існує конкуренція розвитку між структурно найважливішими формами циркону {111} і {110} і обумовлена вона зовнішнім фактором – відповідно до однієї з версій надлишком чи дефіцитом SiO_2 у кристалізаційному середовищі. Стосовно іншої огранки кристалів циркону, то, наприклад, ріст плоских граней такої поширеної форми, як {100} і рідкісної форми пінакоїда {001}, пояснюється адсорбцією поверхні кристалу під час його росту протонів, атомів фтору, молекул води і комплексів кремнію (Woensdregt, 2012). Завдяки такій адсорбції, при певному стані кисню в середовищі мінералоутворення, частина SiO_4 -комплексів може бути замінена на комплекси з участю $(\text{OH})_4$ і F_4 . Тоді порушуються Zr-Si-Zr зв'язки і зростає роль можливих Zr-OH-Zr, Zr-F-Zr і Zr-(OH,F)-Zr зв'язків. При таких замінах можуть виникати нові ПЛЗ. Ці додаткові сильні зв'язки змінюють S-характер граней на їх F-характер, тобто ці грані починають рости шарами. Передбачається, що поглинання домішок зростаючим кристалом також може бути причиною створення нових сильних зв'язків паралельно {331}, що сприяє пошаровому росту граней цієї форми (Woensdregt, 2012).

Безсумнівна теза – габітусна форма {111} характерна для кристалів циркону із лужних порід. У той же час вона була отримана шляхом гідротермального синтезу циркону із розчинів кислого складу, тоді як при синтезі з розчинів з лужними елементами виростили призматичні кристали циркону (Caruba, 1978). Додавання калію і натрію до розчину кислого складу приводило до зміни дипірамідального габітусу на призматичний габітус кристалів циркону. У сульфатній системі виростили дипірамідальні {111} кристали, навіть коли затравкою були його призматичні кристали. Таким чином, із результатів гідротермального синтезу видно, що вплив калію і натрію на ріст дипірамідальних кристалів циркону не є вирішальним. Тим не менше, саме у сієнітах і альбітитах найбільш поширені дипірамідальні кристали циркону.

Із аналізу структури мінералу видно, що у кристалах циркону поверхня граней дипіраміди {111} окупована негативними іонами кремнію чи позитивними іонами цирконію, а поверхня граней призми {110} складена іонами кисню належних до іонів кремнію. Тому передбачають, що можливою перешкодою для росту призматичних граней міг бути надлишок кремнезему в сильно пересичених лугами

розплавах, а також, що вміст SiO_2 у мінералотвірній системі впливає як на габітус, так і на обрис кристалів циркону. Однак до кінця нез'ясованим залишається питання яким конкретно чином вміст SiO_2 визначає форму кристалів циркону. Ще одним чинником впливу на розвиток форми {110} може бути швидкість кристалізації циркону. Вона відображається у співвідношенні видовження призматичного кристалу до його ширини, яке є змінним від 1 до 5. Також залишається відкритим питання, як такі структурні і неструктурні елементи-домішки у кристалах циркону, як Hf, U, Th і РЗЕ, могли впливати на його форму. На кристалогенетичній схемі циркону І. Костова (Костов, 1978) важлива роль відводиться саме вмісту U, Th, РЗЕ і H_2O . Вважається, що дипірамідальні {111} кристали циркону відносно збагачені U і Th та збіднені Hf порівняно з призматичними кристалами.

Нарешті, слід зауважити, що дещо спрощена інтерпретація форм кристалів циркону – взаємозв'язок відносного розвитку граней призми {110} з температурою кристалізації та швидкістю росту кристалів, а граней дипіраміди {111} з хімічними факторами – ставиться під сумнів (Varva, 1993). Запропоновано більш складну залежність, яка пов'язує відносні швидкості росту граней простих форм кристалів циркону з кристалізаційною кінетикою середовища мінералоутворення. Автори (Benisek and Finger, 1993; Corfu et al., 2003) також вважають, що саме сукупність факторів істотно впливає на розвиток граней призми {110} на кристалах циркону.

Зважаючи, що морфологія кристалів циркону добре відома, складено морфолічні і структурні ряди важливості їх простих форм і теоретично обґрунтовано появу на кристалах циркону плоских граней форм {111}, {110}, {100}, {331} і {001}. В анатомічних зрізах кристалів циркону із гранітів ми спостерігали також зональність по {311} – пошаровий ріст граней {311}.

Результати досліджень, обговорення і висновки.

Як і в багатьох мінералогічних провінціях світу циркон поширений у різних магматичних, метаморфічних і осадових породах України, проте він найбільш часто трапляється в нефелінових сієнітах, сієнітах та їх пегматитах, гранітах та їх пегматитах. Циркон утворює в цих породах майже ідеальні тетрагональні багатогранники: в кислих гірських породах часто виростають видовжені і переважно призматичні кристали, а в більш лужних породах – коротші дипірамідальні кристали.

Нижче у таблиці зібрано наші і літературні дані гоніометричних досліджень циркону із кристалічних порід УЩ. Вони охоплюють циркон переважно з гранітів і лужних порід більшості мегаблоків щита, оскільки гоніометрично не вивчено циркон із більшості метаморфічних і осадових порід щита, за деякими винятками, наприклад, циркон з ендербітів Дністерсько-Бузького мегаблоку і палеопротерозойських пісковиків Білорівницької западини на Волинському мегаблоці.

Таблиця

Прості форми кристалів циркону із кристалічних порід Українського щита

Мегаблок УЩ, масив, комплекс, родовище	Порода	Прості форми кристалів циркону		Габітус і морфологічний тип кристалів циркону
		Основні	Другорядні	
Волинський, Яструбецький масив	Сієніт	{110}, {111}	{331}, {100}, {110}	Призматичний – цирконовий, зрідка дипірамідальний
Інгуло-Інгулецький, Великописківський масив	Сієніт	{110}, {111}	{311}, {331}, {221}, {100}	Призматичний – цирконовий, зрідка дипірамідално-призматичний
Приазовський, Жовтневий масив	Сієніт нефеліновий (маріуполіт), альбітит	Макрокристали, їх розміри 6-12 мм: {111}	{110}, {100}, {221}, {331}	Дипірамідальний
Приазовський, Азовське родовище	Сієніт	Макрокристали, їх розміри 6-15 мм: {111}, {221}, {331}, {110} Мікрোকристали (до 0,5 мм): {110}, {111}	{110} {331}, {311}, {100}	Дипірамідальний Призматичний – цирконовий

Закінчення табл.

Приазовський, Чернігівський масив	Сієніт	{111}, {221}	{110}, {221}, {331}, {551}, {553}, {311}, {001}	Дипірамідальний
Приазовський, Чернігівський масив	Карбонатити	{110}, {111}	{221}, {331}, {441}, {551}, {553}, {554}, {774}, {100}, {001}, {311}	Призматичний – цирконовий
Волинський, Пержанський комплекс	Апограніт пержанський	{111}, {110}	{100}, {221}, {553}	Призматичний – цирконовий
Волинський, Пержанський комплекс	Граніт хочинський	{110}, {111}	{100}, {331}, {101}	Призматичний – цирконовий
Волинський, Коростенський комплекс	Граніт лизниківський	{110}, {111}	{100}, {331}, {221}, {311}	Призматичний – переважно цирконовий
Волинський, Коростенський комплекс	Граніт рапаківі малинський	{110}, {111}	{311}, {331}, {101}, {221}, {302}, {301}, {210}	Призматичний – цирконовий
Волинський, Житомирський комплекс	Граніт	{100}, {110}, {111}, {311}	{331}	Призматичний – цирконово-гіацин-товий, гіацин-товий і цирконовий
Волинський, Осницький комплекс	Граніт	{110}, {100}, {111}	{311}	Призматичний – цирконовий, цирконово-гіацин-товий і гіацин-товий
Дністерсько-Бузький, Літинський комплекс	Ендербіт	{110}, {100}, {311}	{111}, {101}	Призматичний – цирконовий
Росинсько-Тікицький	Граніт корнінський	{110}, {100}, {311}, {111}		Призматичний – гіацин-тово-цирконовий
Росинсько-Тікицький, Звенигородський комплекс	Діорит	{110}, {100}, {311}, {111}	{331}	Призматичний – цирконовий і гіацин-тово-цирконовий
Росинсько-Тікицький	Біотит-амфібо-ловий гнейс	{100}, {110}, {111}	{311}	Призматичний – переважно гіацин-товий і гіацин-тово-цирконовий
Росинсько-Тікицький, Тетіївський комплекс	Біотитовий мігматит	{110}, {100}, {311}, {111}	{331}	Призматичний – цирконовий і гіацин-тово-цирконовий
Середньо-придніпровський	Граніт саксаганський	{100}, {110}, {111}, {311}	{311}	Призматичний – переважно гіацин-товий і гіацин-тово-цирконовий
Середньо-придніпровський	Граніт токівський	{100}, {110}, {111}	{311}	Призматичний – переважно гіацин-товий і гіацин-тово-цирконовий
Середньо-придніпровський	Тоналіт	{110}, {100}, {211}, {101}		Призматичний – гіацин-тово-цирконовий
Середньо-придніпровський	Кристалосла-нець	{110}, {100}, {211}, {101}		Призматичний – цирконовий
Приазовський, Кам'яномогильський, Стародубовський і Скатеринівський масиви	Граніт	{110}, {100}, {111}	{311}	Призматичний – цирконовий і гіацин-товий
Приазовський, Салтичанський комплекс	Граніт	{110}, {100}, {311}, {111}	{331}	Призматичний – переважно цирконово-гіацин-товий
Приазовський, Анадольський комплекс	Граніт	{100}, {110}, {311}, {111}		Призматичний – переважно гіацин-товий і гіацин-тово-цирконовий

У таблиці враховані дані статей (Крочук, 1984; Крочук і Верхогляд, 1986; Крочук і Лесная, 1986; Крочук і др., 1989; Легкова і др., 1993; Пономаренко, 2001; Квасниця та ін., 2016), а також дані з монографічних видань (Мінералогія вивержених комплексів..., 1960; Мінералогія Криворозжого басейна, 1977; Мінералогія Приазов'я, 1981; Мінерали України, 1990; Матковський і др., 2009). Більшість вивчених кристалів циркону має розмір по видовженню від 0,1 до 0,3-0,5 мм.

Як видно із таблиці, набір простих форм габітусного значення на вивчених кристалах циркону невеликий: дипіраміда {111}, призми {110} і {100}, дипіраміди {221}, {331} і {311}. Ці форми визначають два контрастні габітуси кристалів циркону: призматичний і дипірамідальний. Серед призматичних кристалів розрізняються декілька основних морфологічних типів кристалів: {110}+{111} – цирконовий, {100}+{111} – гіацин-товий, {110}+{100}+{111}, {110}+{100}+{111}+{311} і {110}+{100}+{311} – різновиди проміжного гіацин-тово-цирконового (рис. 1).

Проста форма {111} розвинена майже на всіх кристалах циркону із кристалічних порід УЩ, за винятком випадків, коли вона повністю витісняється на головках кристалів дитетрагональною дипірамідою {311}. Для кристалів циркону із сієнітів, маріуполітів, альбітітів і деяких пегматитів ця форма є габітусною. Проста форма {110} також розвинена майже на всіх кристалах циркону із кристалічних порід УЩ, за винятком багатьох дипірамідальних кристалів {111} із сієнітів Жовтневого масиву (рис. 2)

і кристалів циркону гіацин-тово-го типу. Вона визначає поширений морфологічний тип кристалів циркону призматичного габітусу – цирконовий. Проста форма {100} трохи менш поширена на кристалах циркону із кристалічних порід УЩ, ніж форма {110}. Вона характеризує гіацин-товий морфологічний тип кристалів циркону призматичного габітусу і властива циркону із гранітів Приазов'я і Середнього Придніпров'я. Проста форма {311} є добре розвинутою на кристалах циркону гіацин-тово-цирконового типу із гранітів і майже відсутня на дипірамідальних кристалах циркону із лужних порід.

Прості форми {221} і {331} добре розвинені лише на дипірамідальних кристалах із сієнітів, маріуполітів, альбітітів і деяких пегматитів Приазов'я. Особливо вони характерні для кристалів циркону Азовського родовища (рис. 3, 4). Проста форма пінакоїд {001} рідкісна і слабо розвинена, виявлена В.М. Крочуком лише на кристалах циркону призматичного габітусу із бейфорситів Чернігівського масиву і на

дипірамідальних кристалів із сієнітів цього ж масиву (Крочук, 1984). Ще дві дипіраміди $\{101\}$ і $\{211\}$ можна віднести до достовірних простих форм на кристалах циркону із кристалічних порід УЩ. Однак вони є також рідкісними і виявлені лише на кристалах циркону з кислих порід. Подекуди вони трапляються у комбінації, утворюючи специфічні кристали циркону в тоналіті і кристалосланці Середнього Придніпров'я (Легкова *и др.*, 1993). Інші гоніометрично заміряні прості форми на кристалах циркону із різних порід Українського щита є надзвичайно слабо розвиненими і часто неповногранними, їх достовірність підлягає сумніву і тому вони не прийняті нами для розгляду.

Рис. 1. Морфологічні типи кристалів циркону на прикладі циркону із білокоровицьких протерозойських пісковиків (Вишневецький *та ін.*, 2015):

a – цирконовий, b – гіацинтовий, c-f – різновиди цирконового типу, g-i – різновиди проміжного гіацинтового-цирконового типу

Рис. 2. Різновиди дипірамідальних макрокристалів циркону із сієнітів Жовтневого масиву (Квасниця *та ін.*, 2016).

Комбінації простих форм на кристалах: a – $\{111\}$, b – $\{111\} + \{221\}$, c – $\{111\} + \{110\} + \{221\} + \{331\}$, d – $\{111\} + \{110\} + \{331\} + \{100\}$

Рис. 3. Форма $\{331\}$ на мікрокристалах циркону із сієнітів Азовського родовища (Квасниця *та ін.*, 2016).

Комбінації простих форм на кристалах: a – $\{111\} + \{110\} + \{331\}$, b – $\{111\} + \{110\} + \{331\} + \{311\}$, c – $\{111\} + \{110\} + \{100\} + \{331\}$, d – $\{111\} + \{110\} + \{331\} + \{100\} + \{311\}$

Рис. 4. Різновиди дипірамідальних макрокристалів циркону із сієнітів Азовського родовища з неоднаковим розвитком граней дипірамід $\{111\}$, $\{221\}$, $\{331\}$ і призми $\{110\}$ (Квасниця *та ін.*, 2016)

Наведені у таблиці дані про прості форми, габітуси і основні морфологічні типи кристалів циркону із кристалічних порід УЩ майже повністю підтверджують викладені вище основні положення про морфологічні і структурні основи кристаломорфології циркону. Насамперед це стосується двох контрастних габітусних типів кристалів циркону: в лужних породах часто ростуть дипірамідальні кристали, у кислих породах – різні морфологічні типи призматичних кристалів. Загалом набір, ступінь важливості і поширення простих форм на кристалах циркону із кристалічних порід УЩ також відповідає вищенаведеним основам та морфологічним і структурним рядам кристалів цього мінералу. У той же час розмаїття морфологічних типів призматичних кристалів циркону із гранітів ще не має належного пояснення. Поки що можна констатувати, що кожний петрологічний тип граніту може характеризуватися певним морфологічним типом призматичних форм циркону. Наприклад, для граніту рапаківі характерний цирконовий морфологічний тип кристалів циркону, тоді як у токівському граніті домінують кристали циркону гіацинтового типу. Чинники такого розмаїття потрібно

шукати у хімічних особливостях мінералотвірного середовища для материнських порід, які можуть впливати на появу менш структурно важливих форм, таких як {100}, {311}, {211}, {221}, {331}, {101} і {001}.

Важливо, що дипірамідальний циркон із більшості проявів лужних порід УЩ молодший призматичного циркону із кислих порід щита. Так, циркони із сієнітів Яструбецького, Азовського і Жовтневого масивів мають палеопротерозойський вік близько 1770 млн років (Левашова, 2018). Він характеризує єдиний етап палеопротерозойського лужного магматизму, потужно проявленого на Українському щиті і багатого на рідкоземельну геохімічну спеціалізацію. Саме у цих породах поширені і навіть домінують (у маріуполітах Жовтневого масиву і сієнітах Азовського родовища) дипірамідальні циркони. Циркони із сієнітів і карбонатитів Чернігівського масиву, серед яких трапляються більш рідкісні дипірамідальні кристали, значно давніші – близько 2 млрд років. Циркони із кислих порід УЩ утворені переважно в період 2,2–1,8 млрд років. Тобто дипірамідальний циркон на Українському щиті є докембрійським утворенням, який відображає відносно вузький у часі палеопротерозойський етап історії УЩ. Такий циркон трапляється у неогенових і четвертинних теригених відкладах південно-західної частини УЩ, що може свідчити про наявність на цій території ще невідомих палеопротерозойських джерел лужного магматизму. Проте дипірамідальні кристали також з'являються в різних альбітизованих породах та у пегматитах кислих і лужних порід.

Наприкінці також окреслимо декілька проблемних питань щодо кристаломорфології циркону з різних кристалічних порід УЩ. Незадовільно вивчена гоніометрично кристаломорфологія циркону із метаморфічних і осадових порід щита. Зовсім не відома кристаломорфологія циркону більш молодого протерозойського (<1700 млн років) і фанерозойського віку, наявність якого зафіксована радіологічним методом у неогенових титано-цирконієвих розсипах УЩ дослідженнями С.М. Цимбала. Майже відсутня кореляція анатомії і зовнішньої огранки кристалів циркону, яка би базувалася на основі інструментальних досліджень. Тобто як слід не простежена еволюція форми кристалів циркону в процесі росту із різних порід. Створення такої схеми кореляції суттєво доповнило би дослідження метаморфічних і детритових цирконів, що проводяться з метою реконструкції геологічних обставин їх утворення та визначення областей зносу. Оскільки відхилення від порядку важливості і розвитку плоских граней більшості простих форм вказують на суттєвий вплив середовища мінералоутворення на форму кристалів, то необхідним є детальний аналіз поширення всіх виявлених простих форм та їх комбінацій на кристалах циркону, який поки що не виконано. Відкритим залишається питання про рідкісну форму на кристалах циркону – пінакоїд. Коли все таки грані цієї форми ускладнюють габітус його кристалів? Зауважимо також, що популярна кристалогенетична схема циркону І. Костова (Костов, 1971), в основі якої лежить швидкість росту його кристалів і захоплення ними елементів-домішок, є суперечливою. Вона, як і відома морфологічна класифікація циркону Д. Пюпіна (Pupin, 1980), не відображає всього розмаїття морфології кристалів мінералу. Навіть з переліку вищезначених питань зрозуміло, що розробка положень типоморфізму форми кристалів циркону із кристалічних порід УЩ ще далека від завершення.

Список використаних джерел

Вишневський, О.А., Квасниця, В.М., Квасниця, І.В., Шумлянський, Л.В., Гурненко, І.В. (2015). Циркон із білокоровицьких протерозойських пісковиків (кристаломорфологія, анатомія, хімічний склад, мінеральні включення, генезис). *Записки Укр. мінерал. тов-ва*, 12, 88–102.

Квасниця, В.М., Вишневський, О.А., Квасниця, І.В., Гурненко, І.В. (2016). Дипірамідальні макрокристали циркону із лужних порід Приазов'я. *Мінерал. журнал*, 38, 3, 9–23.

Квасниця, І.В. (2014). Проблемні питання геометричної кристалографії циркону. *Тези Міжнародної наукової конференції "Роль вищих навчальних закладів у розвитку геології", Київ*, 86–88.

Костов, І. (1978). Морфология и генезис минералов. В сб. Региональная и генетическая минералогия, вып. 2. К.: Наукова думка, 3–15.

Крочук, В.М. (1984). Кристалломорфология циркона из пород Черниговского карбонатитового комплекса. *Мінерал. журнал*, 6, 4, 65–70.

Крочук, В.М., Верхогляд, В.М. (1986). Кристалломорфология циркона из плагиогранитов западного склона Украинского щита как критерий их генетической принадлежности. *Докл. АН УССР, сер. Б*, 4, 16–19.

Крочук, В.М., Лесная, И.М. (1986). Кристаллогенезис циркона из эндробитов Побужья. *Докл. АН УССР, сер. Б*, 5, 8–10.

Крочук, В.М., Легкова, Г.В., Галабурда, Ю.А., Орса, В.И., Усова, Л.В. (1989). Кристаллогенезис циркона из сиєнітов Корсунь-Новомиргородского плутона (Украинский щит). *Мінерал. журнал*, 11, 6, 18–29.

Левашова, Е.В. (2018). Геохимия редких элементов в цирконе из щелочных пород с редкоземельной минерализацией (Украинский щит). *Дис. ... канд. геол.-минералог. наук*. Санкт-Петербург.

Легкова, Г.В., Крочук, В.М., Усова, Л.В., Орса, В.И. (1993). Геологическая интерпретация данных по кристалломорфологии и химии цирконов из раннекембрийских образований Среднего Приднепровья. *Мінерал. журнал*, 15, 5, 60–69.

Матковский, О., Павлишин, В., Сливко, Е. (2009). Основы минералогии Украины. Львів: ВЦ ЛНУ ім. Івана Франка.

Мінералогія вивержених комплексів Західної Волині. (1960). Відп. ред. Є.К. Лазаренко. Львів: Вид-во Львів. ун-ту.

Мінералогія Криворозжского бассейна. (1977). Отв. ред. Е.К. Лазаренко. К.: Наукова думка.

Мінералогія Приазов'я. (1981). Отв. ред. Е.К. Лазаренко. К.: Наукова думка.

Мінералы. (1972). Справочник. Т. 3, вып. 1. Силикаты с одиночными и сдвоенными тетраэдрами. Отв. ред. Ф.В. Чухров. М.: Наука.

Мінералы Украины. (1990). Краткий справочник. Отв. ред. Н.П. Щербак. К.: Наукова думка.

Пономаренко, О.М. (2001). Морфолого-анатомічний аналіз кристалів циркону в ізотопно-геохронологічних дослідженнях. *Мінерал. журнал*, 23, 4, 77–88.

Benisek, A., Finger, F. (1993). Factors controlling the development of prism faces in granite zircons: A microprobe study. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 114, 441–451.

Caruba, R. (1978). Morphologie de zircons synthetiques: correlations petrogenetiques. *Can. Miner.*, 16, 315–323.

Corfu, F., Hanchar, J.M., Hoskin, P.W.O., Kinny, P. (2003). Atlas of zircon textures. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 53, 469–500.

Goldschmidt, V. (1923). Atlas der Krystallformen. Band IX. Heidelberg: Carl Winters Universitätsbuchhandlung, Tafeln 101–113; Text, 145–154.

Hartman, P. (1956). The morphology of zircon and potassium dihydrogen phosphate in relation to the crystal structure. *Acta Cryst.*, 9, 721–727.

Hartman, P., Perdok, G. (1955). On the relationship between structure and morphology of crystals. *Acta Cryst.*, 8, 525–529.

Pupin, J. P. (1980). Zircon and granite petrology. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 73, 207–220.

Varva, G. (1993). A guide to quantitative morphology of accessory zircon. *Chem. Geol.*, 110, 15–28.

Woensdrecht, C.F. (2012). Structural morphology of alkali feldspars and zircon and oriented intergrowths causing asterism in gemstones. *Geologica Ultraiectina*, 72, 1–139.

References

Benisek, A., Finger, F. (1993). Factors controlling the development of prism faces in granite zircons: A microprobe study. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 114, 441–451.

Caruba, R. (1978). Morphologie de zircons synthetiques: correlations petrogenetiques. *Can. Miner.*, 16, 315–323.

Corfu, F., Hanchar, J.M., Hoskin, P.W.O., Kinny, P. (2003). Atlas of zircon textures. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 53, 469–500.

Goldschmidt, V. (1923). Atlas der Krystallformen. Band IX. Heidelberg: Carl Winters Universitätsbuchhandlung.

Hartman, P. (1956). The morphology of zircon and potassium dihydrogen phosphate in relation to the crystal structure. *Acta Cryst.*, 9, 721–727.

Hartman, P., Perdok, G. (1955). On the relationship between structure and morphology of crystals. *Acta Cryst.*, 8, 525–529.

Kostov, I. (1978). The morphology and genesis of minerals. In *Regional and genetic mineralogy*, v. 2. Kyiv: Nauk. Dumka, 3–15. [in Russian]

Krochuk, V.M. (1984). Crystal morphology of zircon from rocks of the Chernigov carbonate complex. *Mineral. J.*, 6, 4, 65–70. [in Russian]

Krochuk, V.M., Legkova, G.V., Galaburda, Yu.A., Orsa, V.I., Usova, L.V. (1989). Crystal genesis of zircon from syenites of the Korsun-Novomirgorod pluton (the Ukrainian Shield). *Mineral. J.*, 11, 6, 18–29. [in Russian]

Krochuk, V.M., Lesnaya, I.M. (1986). Crystal genesis of zircon from enderbites of the Pobuzhzhia region. *Reports NAS of UkrSSR, Ser. B*, 5, 8–10. [in Russian]

Krochuk, V.M., Verkhoglyad, V.M. (1986). Crystal morphology of zircon from plagiogranites of the western slope of the Ukrainian Shield as a criterion of their genetic identity. *Reports NAS of UkrSSR, Ser. B*, 4, 16–19. [in Russian]

Kvasnytsia, I.V. (2014). Problematic questions of geometric crystallography of zircon. Abstracts of the International Scientific Conference

"The Role of Higher Educational Institutions in the Development of Geology", Kyiv, 86-88. [in Ukrainian]

Kvasnytsya, V.M., Vyshnevsky, O.A., Kvasnytsia, I.V., Gurnenko, I.V. (2016). Dipyramidal zircon macrocrystals from alkaline rocks of the Azov Sea region. *Mineral. J.*, 38, 3, 9-23. [in Ukrainian]

Legkova, G.V., Krochuk, V.M., Usova, L.V., Orsa, V.I. (1993). Geological interpretation of data on crystal morphology and chemistry of zircon from early Precambrian formations of the Middle Dnipro region. *Mineral. J.*, 15, 5, 60-69. [in Russian]

Levashova, E.V. (2018). Geochemistry of rare elements in zircon from alkaline rocks with rare-earth mineralization (the Ukrainian Shield). *Dis. ... Cand. Geol.-Min. Sciences*. St. Petersburg. [in Russian]

Matkovsky, O., Pavlyshyn, V., Slyvko, Ye. (2009). Fundamentals of mineralogy of Ukraine. Lviv: Ivan Franko LNUi. [in Ukrainian]

Mineralogy of the Azov Sea region (1981). Lazarenko E.K. (Eds.). Kyiv: Nauk. Dumka. [in Russian]

Mineralogy of the eruptive complexes of Western Volyn' (1960). Lazarenko E.K. (Eds.). Lviv: Lviv University. [in Ukrainian]

Mineralogy of the Kryvyi Rih Basin (1977). Lazarenko E.K. (Eds.). Kyiv: Nauk. Dumka. [in Russian].

Minerals. (1972). Reference book. Vol. 3, iss. 1. Silicates with single and double tetrahedra, Chukhrov F.V. (Eds.). Moscow: Nauka. [in Russian]

Minerals of Ukraine. (1990). Reference book. Shcherbak N.P. (Eds.). Kyiv: Nauk. Dumka. [in Russian]

Ponomarenko, O.M. (2001). Morphologically-anatomical analysis of zircon crystals in isotopic-geochronological studies. *Mineral. J.*, 23, 4, 77-88. [in Ukrainian]

Pupin, J.P. (1980). Zircon and granite petrology. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 73, 207-220.

Varva, G. (1993). A guide to quantitative morphology of accessory zircon. *Chem. Geol.*, 110, 15-28.

Vyshnevsky, O.A., Kvasnytsya, V.M., Kvasnytsia, I.V., Shumlyansky, L.V., Gurnenko, I.V. (2015). Zircon from Bilokorovychi Proterozoic sandstones (crystal morphology, anatomy, chemical composition, mineral inclusions, genesis). *Proceedings of the Ukrainian Mineralogical Society*, 12, 88-102. [in Ukrainian]

Woensdregt, C.F. (2012). Structural morphology of alkali feldspars and zircon and oriented intergrowths causing asterism in gemstones. *Geologica Ultraiectina*, 72, 1-139.

Надійшла до редколегії 04.12.19

I. Kvasnytsya, PhD (Geol.), Assoc. Prof.,

E-mail: ikvasnytsya@gmail.com

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Institute of Geology,

90 Vasylykivska Str., Kyiv, 03022, Ukraine;

V. Kvasnytsya, Dr.Sci. (Geol.-Min.), Prof.,

E-mail: vmkvas@hotmail.com,

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

34 Palladina Ave., Kyiv, 03680, Ukraine

SIMPLE FORMS OF ZIRCON CRYSTALS FROM CRYSTALLINE ROCKS OF THE UKRAINIAN SHIELD AND THEIR MORPHOLOGICAL TYPES

The main basics in geometric crystallography of zircon, developed by many researchers in the 18th - 20th centuries, are briefly described. The data of goniometric study of zircon from crystalline rocks of the Ukrainian Shield (USH) are summarized. They cover zircon predominantly from granites and alkaline rocks of most the USH megablocks. The set of habit simple forms on zircon crystals is small: {111}, {110}, {100}, {221}, {331} and {311}. These forms define two contrasting habits of zircon crystals - prismatic and dipyramidal. Among the prismatic crystals several main morphological types of crystals are distinguished: {110} + {111} - zircon type, {100} + {111} - hyacinth type, {110} + {100} + {111}, {110} + {100} + {111} + {311} and {110} + {100} + {311} - intermediate hyacinth-zircon types. Among the dipyramidal crystals two morphological types are contrasting - faceted by {111} dipyramid and {111} + {331} + {221} dipyramid combinations. The simple form {111} is developed on almost all zircon crystals from crystalline rocks of the USH, unless it is completely displaced on the heads of the crystals by the ditetragonal dipyramid {311}. For zircon crystals from syenites, mariupolites, albitites and some pegmatites the {111} is habit form. The simple form prism {110} is also developed on almost all zircon crystals from crystalline rocks of the USH, with the exception of many {111} dipyramidal crystals from syenites of the Zhovtnevy massif and hyacinth type of zircon crystals. It determines the most common morphological type of zircon crystals of prismatic habit - zircon type. The simple form prism {100} is less common on zircon crystals from crystalline rocks of the USH than the form {110}. It determines the hyacinth morphological type of zircon crystals of a prismatic habit. It is characteristic of zircon from granites of the Azov and Middle Dnipro regions. The simple form {311} is well developed on zircon crystals of hyacinth-zircon type from granites. It is almost absent on dipyramidal zircon crystals from alkaline rocks. The simple forms {221} and {331} are well developed only on dipyramidal crystals from syenites, mariupolites, albitites and some pegmatites of the Azov region. They are especially characteristic of zircon crystals of the Azov deposit. The simple form pinacoid {001} is rare and poorly developed; it was found only on zircon crystals of a prismatic habit from carbonatites of the Chernigiv massif and on dipyramidal crystals from syenites of the same massif. Another two dipyramids {101} and {211} can be attributed to reliable simple forms on zircon crystals from crystalline rocks of the USH. However, they are rare and found only on zircon crystals from acid rocks. Other goniometrically studied simple forms are poorly developed and incomplete, their reliability is questionable and therefore not accepted by us for consideration. The data presented on simple forms, habits and the main morphological types of zircon crystals from crystalline rocks of the USH almost completely confirm the main points on the morphological and structural bases of the crystallography of zircon. First of all, this concerns two contrasting habit types of zircon crystals: dipyramidal crystals grow mainly in alkaline rocks and various morphological types of prismatic crystals grow in acidic rocks. In general, the set, the degree of importance and the distribution of simple forms on zircon crystals from crystalline rocks of the USH correspond to the morphological and structural series of crystals of this mineral. At the same time, the diversity of the morphological types of prismatic zircon crystals from granites still does not have a proper explanation. For the time being, it can be stated that each petrological type of granite can be characterized by a specific morphological type or types of prismatic zircon crystals. The dipyramidal zircon from most manifestations of alkaline rocks of the USH is younger than prismatic zircon from acidic rocks of the USH. Zircons from syenites of the Yastrubetsky and Zhovtnevy massifs and the Azov deposit have a Paleoproterozoic age of ~1770 Ma. It characterizes the only stage of Paleoproterozoic alkaline magmatism, powerfully manifested in the USH and rich in rare-earth geochemical specialization. Dipyramidal zircons in these rocks are prevalent and even dominate (in mariupolites of the Zhovtnevy massif and syenites of the Azov deposit). Zircons from syenites and carbonatites of the Chernigiv massif, among which there are more rare dipyramidal crystals, are much more ancient - about 2000 Ma. Zircons from acidic rocks of the USH formed mainly in the period of 2.2-1.8 billion years. The dipyramidal zircon on the USH is a Precambrian formation, which reflects the Paleoproterozoic stage of the USH history, which is relatively narrow in time. Such zircon occurs in the Neogene and Quaternary terrigenous sediments of the southwestern part of the USH, which may indicate the presence in this area of still unknown Paleoproterozoic sources of alkaline magmatism. Dipyramidal zircon crystals may also belong to different albitized rocks and pegmatites of acidic and alkaline rocks.

Keywords: zircon, crystallography, simple forms, morphological types, the Ukrainian Shield.

И. Квасница, канд. геол. наук, доц.,

E-mail: ikvasnytsya@gmail.com

Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко,

УНИ "Институт геологии", ул. Васильковская, 90, г. Киев, 03022, Украина;

В. Квасница, д-р геол.-минералог. наук, проф.,

E-mail: vmkvas@hotmail.com,

Институт геохимии, минералогии и рудообразования им. Н.П. Семененко НАН Украины,

пр. Акад. Палладина, 34, г. Киев, 03680, Украина

ПРОСТЫЕ ФОРМЫ КРИСТАЛЛОВ ЦИРКОНА ИЗ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОД УКРАИНСКОГО ЩИТА И ИХ МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ТИПЫ

Кратко изложены основные разработки по геометрической кристаллографии циркона, наработанные многими исследователями в XVIII-XX столетиях. Обобщены данные гониометрических исследований циркона из кристаллических пород Украинского щита (УЩ). Они охватывают циркон преимущественно из гранитов и щелочных пород большинства мегаблоков УЩ. Набор простых форм габитусного значения на кристаллах циркона небольшой: {111}, {110}, {100}, {221}, {331} и {311}. Эти формы определяют два контрастных габитуса кристаллов циркона: призматический и дипирамидальный. Среди призматических кристаллов различаются несколько основных морфологических типов кристаллов: {110} + {111} - цирконовый, {100} + {111} - гиацинтовый, {110} + {100} + {111}, {110} + {100} + {111} + {311} и {110} + {100} + {311} - промежуточные гиацинто-цирконовые типы. Среди дипирамидальных кристаллов два морфологических типа являются контрастными - фасетированный {111} дипирамид и {111} + {331} + {221} дипирамидные комбинации. Простая форма {111} развита на почти всех цирконных кристаллах из кристаллических пород УЩ, за исключением тех, где она полностью вытеснена на головках кристаллов дитетрагональным дипирамидом {311}. Для цирконных кристаллов из сyenитов, мариуполитов, албититов и некоторых pegmatитов {111} является габитусной формой. Простая форма призма {110} также развита на почти всех цирконных кристаллах из кристаллических пород УЩ, за исключением многих {111} дипирамидальных кристаллов из сyenитов массива Жовтневий и гиацинтового типа цирконных кристаллов. Она определяет наиболее распространенный тип цирконных кристаллов призматического габитуса - цирконовый тип. Простая форма призма {100} менее распространена на цирконных кристаллах из кристаллических пород УЩ, чем форма {110}. Она определяет гиацинтовый морфологический тип цирконных кристаллов призматического габитуса. Он характерен для циркона из гранитов Азовского и Среднеднепровских регионов. Простая форма {311} хорошо развита на цирконных кристаллах гиацинто-цирконового типа из гранитов. Она почти отсутствует на дипирамидальных цирконных кристаллах из alkaline пород. Простые формы {221} и {331} хорошо развиты только на дипирамидальных кристаллах из сyenитов, мариуполитов, албититов и некоторых pegmatитов Азовского региона. Они особенно характерны для цирконных кристаллов Азовского месторождения. Простая форма пинакоид {001} редка и слабо развита; она найдена только на цирконных кристаллах призматического габитуса из карбонатитов массива Черниговский и на дипирамидальных кристаллах из сyenитов того же массива. Еще два дипирамиды {101} и {211} можно отнести к надежным простым формам на цирконных кристаллах из кристаллических пород УЩ. Однако, они редки и найдены только на цирконных кристаллах из кислотных пород. Другие гониометрически изученные простые формы слабо развиты и неполны, их надежность сомнительна и поэтому не принята нами для рассмотрения. Данные, представленные о простых формах, габитусах и основных морфологических типах цирконных кристаллов из кристаллических пород УЩ почти полностью подтверждают основные положения кристаллографии циркона. Прежде всего, это касается двух контрастных типов габитусов цирконных кристаллов: дипирамидальные кристаллы растут преимущественно в alkaline породах, а различные морфологические типы призматических кристаллов - в кислотных породах. В целом, набор, степень важности и распределение простых форм на цирконных кристаллах из кристаллических пород УЩ соответствуют морфологической и структурной серии кристаллов этого минерала. В то же время, разнообразие морфологических типов призматического циркона из гранитов все еще не имеет должного объяснения. На данный момент можно утверждать, что каждый петрологический тип гранита можно характеризовать конкретной морфологической формой или формами призматического циркона. Дипирамидальный циркон из большинства проявлений alkaline пород УЩ моложе призматического циркона из кислотных пород УЩ. Цирконы из сyenитов массивов Яструбецкий и Жовтневий и Азовского месторождения имеют палеопротерозойский возраст ~1770 Ма. Он характеризует единственный этап палеопротерозойского alkaline магматизма, мощно проявленного в УЩ и богатого редкоземельной геохимической специализацией. Дипирамидальные цирконы в этих породах распространены и даже доминируют (в мариуполитах массива Жовтневий и сyenитах Азовского месторождения). Цирконы из сyenитов и карбонатитов массива Черниговский, среди которых встречаются более редкие дипирамидальные кристаллы, гораздо древнее - около 2000 Ма. Цирконы из кислотных пород УЩ сформировались преимущественно в период 2,2-1,8 миллиарда лет. Дипирамидальный циркон на УЩ - это Precambrian образование, которое отражает Precambrian этап истории УЩ, который относительно узок во времени. Такой циркон встречается в Neogene и Quaternary терригенных осадках юго-западной части УЩ, что может указывать на наличие в этой области до сих пор неизвестных Paleoproterozoic источников alkaline магматизма. Дипирамидальные цирконные кристаллы также могут относиться к албитизированным породам и pegmatитам кислотных и alkaline пород.

+ {311} и {110} + {100} + {311} – разновидности промежуточного гиацинтово-цирконового типа. Среди дипирамидальных кристаллов выделяются два морфологических типа – ограниченные дипирамидой {111} и комбинацией дипирамид {111} + {331} + {221}. Простая форма {111} развита почти на всех кристаллах циркона из кристаллических пород УЩ, за исключением случаев, когда она полностью вытесняется на головках кристаллов дитетрагональной дипирамидой {311}. Для кристаллов циркона из сиенитов, мариуполитов, альбититов и некоторых пегматитов форма {111} является габитусной. Простая форма призма {110} также развита почти на всех кристаллах циркона из кристаллических пород УЩ, за исключением многих дипирамидальных кристаллов {111} из сиенитов Октябрьского массива и кристаллов циркона гиацинтового типа. Она определяет наиболее распространенный морфологический тип кристаллов циркона призматического габитуса – цирконовый. Простая форма призма {100} менее распространена на кристаллах циркона из кристаллических пород УЩ, чем форма {110}. Она позволяет распознавать гиацинтовый морфологический тип кристаллов циркона призматического габитуса и характерна для циркона из гранитов Приазовья и Среднего Приднепровья. Простая форма {311} хорошо развита на кристаллах циркона гиацинтово-цирконового типа из гранитов и почти отсутствует на дипирамидальных кристаллах циркона из щелочных пород. Простые формы {221} и {331} хорошо развиты только на дипирамидальных кристаллах из сиенитов, мариуполитов, альбититов и некоторых пегматитов Приазовья. Особенно они характерны для кристаллов циркона Азовского месторождения. Простая форма пинакOID {001} редкая и слабо развита, обнаружена лишь на кристаллах циркона призматического габитуса с бефорситов Черниговского массива и на дипирамидальных кристаллах из сиенитов этого же массива. Еще две дипирамиды {101} и {211} можно отнести к достоверным простым формам на кристаллах циркона из кристаллических пород УЩ. Однако они являются редкими и обнаружены лишь на кристаллах циркона из кислых пород. Другие гониометрически изученные простые формы слабо развиты и неполногранные, их достоверность подлежит сомнению и поэтому они не приняты нами для рассмотрения. Приведенные данные о простых формах, габитусах и основных морфологических типах кристаллов циркона из кристаллических пород УЩ почти полностью подтверждают основные положения о морфологических и структурных основах кристалломорфологии циркона. Прежде всего это касается двух контрастных габитусных типов кристаллов циркона: преимущественно в щелочных породах растут дипирамидальные кристаллы, в кислых породах – различные морфологические типы призматических кристаллов. В общем набор, степень важности и распространение простых форм на кристаллах циркона из кристаллических пород УЩ соответствует морфологическому и структурным рядам кристаллов этого минерала. В то же время разнообразию морфологических типов призматических кристаллов циркона из гранитов еще нет должного объяснения. Пока можно констатировать, что каждый петрологический тип гранита может характеризоваться определенным морфологическим типом или типами призматических кристаллов циркона. Дипирамидальный циркон из большинства проявлений щелочных пород УЩ моложе призматического циркона из кислых пород щита. Цирконы из сиенитов Яструбецкого и Октябрьского массивов и Азовского месторождения имеют палеопротерозойский возраст – ~1770 млн лет. Он характеризует единственный этап палеопротерозойского щелочного магматизма, мощно проявленного на УЩ и богатого на редкоземельную геохимическую специализацию. Именно в этих породах распространены и даже доминируют (в мариуполитах Октябрьского массива и сиенитах Азовского месторождения) дипирамидальные цирконы. Цирконы из сиенитов и карбонатитов Черниговского массива, среди которых встречаются более редкие дипирамидальные кристаллы, гораздо более древние – около 2 млрд лет. Цирконы из кислых пород УЩ образованы преимущественно в период 2,2–1,8 млрд лет. Дипирамидальный циркон на УЩ является докембрийским образованием, который отражает относительно узкий во времени палеопротерозойский этап истории УЩ. Такой циркон попадает в неогеновых и четвертичных терригенных отложениях юго-западной части УЩ, что может свидетельствовать о наличии на этой территории еще неизвестных палеопротерозойских источников щелочного магматизма. Дипирамидальные кристаллы циркона также могут принадлежать разным альбитизованным породам и пегматитам кислых и щелочных пород.

Ключевые слова: циркон, кристалломорфология, простые формы, морфологические типы, Украинский щит.