

U-Pb ВІК ТА РУДНА МІНЕРАЛІЗАЦІЯ ДАЙКОВИХ ЛАМПРОФІРІВ ОСТРОВІВ РОКА (АРХІПЕЛАГ ВІЛЬГЕЛЬМА, ЗАХІДНА АНТАРКТИДА)

Г.В. Артеменко¹

E-mail: regulgeo@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-4528-6853>

Л.М. Степанюк¹

E-mail: stepaniuk@nas.gov.ua; <https://orcid.org/0000-0001-5591-5169>

Д.К. Возняк¹

E-mail: dkvoznyak@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0002-6124-2033>

В.Г. Бахмутов²

E-mail: bakhmutovvg@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-6124-2033>

Ю.О. Литвиненко¹

E-mail: lisick8@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-6609-0000>

¹ Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України
03142, м. Київ, Україна, пр-т Акад. Палладіна, 34

² Інститут геофізики ім.С.І. Субботіна НАН України
03142, м. Київ, Україна, пр-т Акад. Палладіна, 32

Дайкові лампрофіри островів Рока за хімічним складом відповідають основній породі вапнисто-лужної серії з високою магнезійністю #mg 0,56. У них підвищений вміст Y (41,6 ppm) і Yb (11,5 ppm), що свідчить про відсутність граната в магматичному джерелі. Рідкісноземельні елементи слабо диференційовані — $(La/Yb)_N = 3,64$. Вирізняється глибока негативна європейська аномалія $Eu/Eu^* = 0,36$, яка зумовлена, ймовірно, фракціонуванням плагіоклазу в коровому магматичному джерелі. У лампрофірах островів Рока виявлено поліметалева мінералізація, г/т: мідь 445, цинк 207, свинець 123 та вольфрам 28,7. Циркон у лампрофірах представлений двома типами кристалів. Перший тип — прозорі жовтувато-рожеві індивіди пірамідально-призматичного габітусу; за кількістю він домінує. Другий тип — утворення пласкуватого обрису. Розміри звичайно становлять 0,3—0,7 мм вздовж осі L_4 . Для геохронологічних досліджень були вибрані кристали першого типу. Встановлено, що в цирконі лампрофірів міститься дуже мало свинцю, значну частку в якому складає ізотоп свинцю ^{204}Pb . З цієї причини надійнішими є значення віку за відношенням $^{238}U/^{206}Pb$. Було визначено, що уран-свинцевий вік циркону з лампрофірів становить 50—60 млн років. У кристалах циркону були знайдені первинні розплавні вclusions, рідше — мінеральні. Перші іноді можуть займати до 30 % об'єму кристала. Серед мінеральних вclusions діагностовано калішпат, альбіт і калій-натрієвий польовий шпат, апатит, кварц. Виявлено одне первинне вclusionення CO_2 -флюїду, решта представлені первинними розплавними вclusionеннями. З отриманих результатів дослідження випливає, що дайкові лампрофіри островів Рока утворилися з базитової магми. Первинні розплавні вclusionення вказують, що кристали циркону сформувалися на завершальному етапі становлення дайкових лампрофірів.

Ключові слова: Західна Антарктида, Архіпелаг Вільгельма, гранодіорити, лампрофіри, U-Pb вік, поліметалева мінералізація, газово-рідинні вclusionення в цирконі.

Вступ. Пошук проявів рудної мінералізації на Аргентинських островах у районі діяльності Української Антарктичної станції «Академік Вернадський» є одним із важли-

вих завдань «Програми геолого-геофізичних досліджень України в Західній Антарктиді». Потенціал мінеральних ресурсів Західної Антарктиди розкритий ще недостатньо. Ан-

тарктичний півострів формувався протягом останніх 200 млн років у результаті процесів субдукції океанічної плити під острівну дугу Антарктичного півострова [3, 16]. За геологічною будовою Антарктичний півострів дуже подібний до Андійського поясу Південної Америки [5]. Вулканічні й інтрузивні породи Антарктичного півострова відповідають вапнисто-лужній петрохімічній серії, з якою в Андійському поясі Південної Америки пов'язані мідно-свинцево-цинкові і подібні руди, які часто містять срібло і золото [18, 19]. Однак на Антарктичному півострові значних концентрацій цих металів не виявлено. Вперше дані про прояви рудної мінералізації на Аргентинських островах були наведені в роботах [9, 10]. Спеціальні дослідження рудоносності цього району виконав Hawkes [12]. Згідно з його даними, рудна мінералізація на Аргентинських островах пов'язана з невеликою кількістю кварц-молібденіт-халькопіритових і кварц-піритових прожилків та великими кварц-магнетитовими жилами [12], пов'язаними з гранодіоритовим плутоном андійського комплексу. Він зробив висновок, що прояви рудної мінералізації Аргентинських островів відповідають мідно-порфіровій системі, яка була пізніше сильно еродована.

Мета роботи. Визначити вік за цирконом дайкових лампрофірів, що проривають гранодіорити андійського комплексу Західної Антарктиди, геохімічні особливості та *РТ* умови формування їхнього розплаву у магматичному джерелі.

Геологічна будова та геохронологічна вивченість району досліджень. Антарктичний півострів складений породами вулканічної групи й пізнішими інтрузивними породами андійського комплексу [2, 5, 9, 10, 13, 20]. Породи вулканічної групи Антарктичного півострова представлені лавами і туфогенними утвореннями основного, середнього та кислого складу. Вони формувались в інтервалі 188–153 млн років [16]. За результатами геохронологічних досліджень на ділянці робіт, U-Pb вік (*TIMS*) за цирконом становить, млн років: кварцових діоритів $84,8 \pm 0,5$ та $85,2 \pm 0,7$ (мис Туксен); гранодіоритів андійського комплексу $84,5 \pm 0,9$ (за 1,0 км на південь від мису Туксен) [22]. Іон-іонним методом (*SHRIMP*) визначено, що U-Pb

ізотопний вік циркону з габро мису Туксен становить $88 \pm 1,11$ млн років [11]. У районі досліджень спостерігається багато дайок різного орієнтування та генезису. Серед них виділяються дайки, які утворились за рахунок плавлення метасоматизованого мантийного джерела на помірних глибинах під впливом плюмів, а також інтрамагматичні дайки, пов'язані з інтрузіями габроїдів та гранітоїдів [1].

Наші геологічні дослідження виконано на архіпелазі островів Рока, розташованих на захід від Аргентинських островів (рис. 1). Вони, як і інші острови у цьому районі, складені переважно інтрузивними породами андійського комплексу — габро, діоритами і гранодіоритами.

Методика дослідження. Хімічні силікатні аналізи порід виконано в Інституті геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка Національної академії наук України (ІГМР НАН України). Вміст рідкісних і розсіяних елементів у породах визначено методом індукційно-зв'язаної плазми з маспектрометричним закінченням аналізу (*ICP-MS*) в Інституті проблем технології мікроелектроніки і особливо чистих матеріалів Російської академії наук (ІПТМ РАН, м. Черноголовка, Росія) у 2011 р. Правильність аналізів контролювали шляхом вимірювання міжнародних і російських стандартних зразків *GSP-2*, *BM*, *СГД-1А*, *СТ-1*. Помилки визначення концентрацій становили від 3 до 5 мас. % для більшості елементів. Кількісний спектральний аналіз виконано в лабораторії ІГМР НАН України. Циркон датовано уран-свинцевим ізотопним методом (*TIMS*) у відділі радіогеохронології ІГМР НАН України. Для визначення вмісту урану та свинцю використали змішаний $^{235}\text{U} + ^{208}\text{Pb}$ трассер. Ізотопні аналізи свинцю та урану виконані на восьмиколекторному маспектрометрі *MI-1201AT* у мультиколекторному статичному режимі. Математичну обробку експериментальних даних здійснено за програмами *PbDat* та *ISOPLLOT* [14, 15].

Хімічний склад мінералів визначено за допомогою сканівного електронного мікроскопа *JSM-6700F*, оснащеного енергодисперсійною системою для мікроаналізу *JED-2300 (JEOL)*. Умови виконання аналізів детально охарактеризовані в [24].



Петрохімія та геохімія лампрофірів. Дайка лампрофірів серед гранодіоритів андійського комплексу була виявлена на одному з островів архіпелагу Рока під час польових досліджень у 2010 році (S65°10,734'; W64°29,455'), біля покинутого британського маяка) (рис. 1,

Лампрофіри є крупнозернистою породою темно-сірого кольору з порфіроподібною структурою (рис. 3), зумовленою наявністю вкраплень біотиту розміром до 5×5 мм, які



Рис. 2. Дайка лампрофірів у гранодіоритах андійського комплексу (архіпелаг островів Рока)



Рис. 3. Зразок лампрофірів (архіпелаг островів Рока, зр. 10/93)

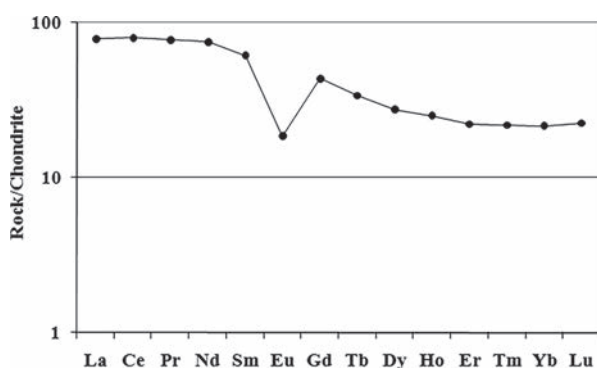


Рис. 4. Графік розподілу РЗЕ, зр. 10/93. Нормалізовано на склад хондриту C1 [21]

знаходяться в середньозернистій масі амфібол-польовошпатового складу. Мінеральний склад, %: клінопіроксен 5–7; амфібол 40; польовий шпат 20–25; біотит — 30; рудні

мінерали 2–3; апатит до 1; циркон — поодинокі зерна. Амфібол представлений роговою обманкою та кумінгтонітом. Серед клінопіроксену розрізняються як незмінені добре збережені кристали, так і заміщені амфіболом. Польовий шпат заміщується вторинними продуктами. Апатит утворює включення у роговій обманці та цирконі.

За хімічним складом лампрофіри відповідають основній породі вапнисто-лужної серії з високою магнезійністю $\#mg = 0,56$ (табл. 1).

Лампрофіри мають підвищений вміст Y (41,6 ppm) і Yb (11,5 ppm), що свідчить про відсутність граната в магматичному джерелі (табл. 1). Рідкісноземельні елементи слабо диференційовані — $(La/Yb)_N = 3,64$ (рис. 4). Вирізняється глибока негативна європейська аномалія $Eu/Eu^* = 0,36$, зумовлена, ймовірно, фракціонуванням плагіоклазу в коровому магматичному джерелі.

У лампрофірах виявлено підвищений вміст, г/т: вольфраму (28,7), міді (445), цинку (207) та свинцю (123), що значно перевищують кларки названих елементів для цього типу порід (табл. 1).

Результати U-Pb геохронологічних досліджень. Циркон у лампрофірах трапляється у вигляді двох типів кристалів. Перший тип — прозорі жовтувато-рожеві індивіди пірамідально-призматичного габітусу, за кількістю він домінує. Другий — утворення пласкуватого обрису. Розміри звичайно становлять 0,3–0,7 мм уздовж осі L_4 . Спостерігається невелика кількість включень біотиту. У кристалах циркону виявлено багато флюїдних включень (рис. 5). Під терміном «флюїд» ми розуміємо будь-яке мінералоутворювальне середовище різного агрегатного стану (газ, рідина, розплав).

За результатами ізотопних досліджень циркону визначено, що в цирконі лампрофірів міститься дуже мало свинцю і значну частку в ньому складає ізоотоп свинцю ^{204}Pb . З цієї причини надійнішими є значення віку не за свинець-свинцевими ($^{207}Pb/^{206}Pb$), а за уран-свинцевими відношеннями $^{238}U/^{206}Pb$ (рис. 6). Згідно з одержаними даними, циркон з лампрофірів утворився 50–60 млн років тому.

Включення в кристалах циркону. Серед них домінують первинні розплавні включення й рідше мінеральні. Перші іноді можуть займати до 30 % об'єму кристала.

Таблиця 1. Результати силікатного хімічного аналізу і визначення вмісту елементів у лампрофірах (проба 10/93)

Компонент	Вміст, %	Елемент	Вміст, ppm	Середній склад базитів [4]	Елемент	Вміст, ppm	Середній склад базитів [4]
SiO ₂	48,32	Li	32,1	30	La	22,3	49
TiO ₂	2,08	Be	0,69	3,8	Ce	58,4	70
Al ₂ O ₃	7,59	Sc	56,2	10	Pr	8,1	9
Fe ₂ O ₃	3,33	Rb	131	150	Nd	38,8	37
FeO	12,93	Sr	28	340	Sm	9,9	8
MnO	0,42	Ba	571	650	Eu	1,0	1,3
MgO	11,28	V	377	90	Gd	8,7	—
CaO	5,82	Cr	137	83	Tb	1,25	—
Na ₂ O	0,42	Co	58,8	18	Dy	7,0	5
K ₂ O	4,29	Ni	52,5	58	Ho	1,3	1,7
P ₂ O ₅	0,45	Cu	445	47	Er	3,8	3,3
H ₂ O ⁻	0,62	Zn	207	83	Tm	0,52	—
В. п. п.	2,21	Ga	13,7	19	Yb	3,8	3,3
Сума	99,76	As	2,3	1,7	Lu	0,52	0,8
#mg	0,56	Y	41,6	29	Mo	2,7	1,1
		Nb	11,5	20	Sn	14,3	2,5
		Ta	0,72	2,5	Sb	0,89	0,5
		Zr	25,4	170	Cs	3,2	3,7
		Hf	1,3	1,0	W	28,7	1,3
		U	2,0	2,5	Pb	123	16
		Th	9,9	13	Au	MB	0,0043
		Bi	0,36	0,009	Ag	0,10	0,07

Примітка: прочерк — відсутність даних у літературному джерелі.

Таблиця 2. Результати U-Pb ізотопного дослідження циркону з лампрофірів (проба 10-93)

Фракція циркона, мм	Вміст, ppm		Ізотопні відношення					Вік, млн років		
	U	Pb	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁷ Pb	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁸ Pb	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb
+ 0,14	207,2	6,941	37,70	2,2841	0,86843	0,0075815	0,05060	48,7	50,1	118,9
+ 0,14 з вкл.	183,8	4,196	53,60	3,1106	1,1173	0,0078458	0,05093	50,4	50,4	53,4
—0,14	261,4	4,896	83,87	4,4922	1,6866	0,0093644	0,06108	60,1	60,2	64,9
—0,14 з вкл.	268,0	7,221	49,63	2,8665	0,9821	0,0082368	0,06312	52,9	62,1	435,5

Примітка: Поправка на звичайний свинець уведена за Стейсі та Крамерсом на вік 50 млн років [17]; вкл. — газорідинні включення в цирконі.

Серед мінеральних включень діагностовано калішпат, альбіт і калій-натрієвий польовий шпат, апатит, кварц (табл. 3). У периферійній частині кристалів циркону апатит трапляється у формі видовжених призматичних кристалів. У мінералі, окрім кисню, визначено лише кальцій та фосфор. Характерно, що включення польових шпатів мають заокруглену, переважно трохи видовжену краплеподібну форму. Вони тра-

пляються в кристалах пірамідально-призматичного габітусу.

Серед флюїдних включень виявлено одне первинне включення CO₂-флюїду (рис. 7, с), решта представлені первинними розплавними включеннями. За Амага [6], густина CO₂-флюїду становить 0,804 г/см³ (T_{пт} = -57,4 °C, T_{гом} = +16,0 °C (в рідку фазу)). Включення виявлено у пласкуватому типі кристалів циркону. Флюїдний тиск у включенні CO₂-

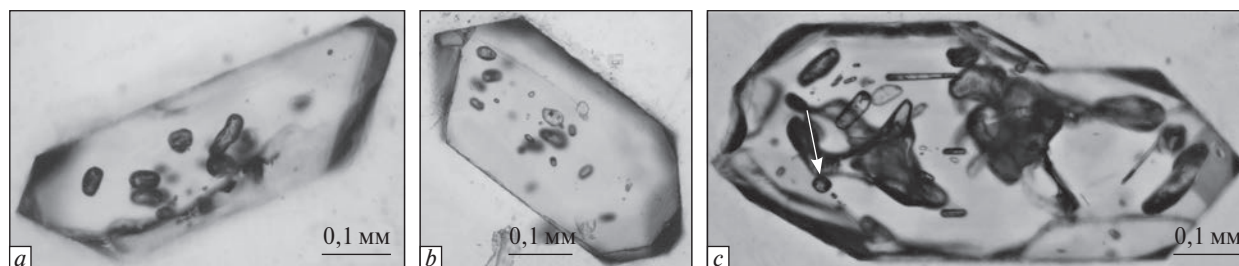


Рис. 5. Вигляд у прохідному світлі кристалів циркону з вклученнями з лампрофірів (острови Крулс, Західна Антарктида, проба 10.93). Полярізаційний мікроскоп, ECLIPSE LV100 POL, один ніколь

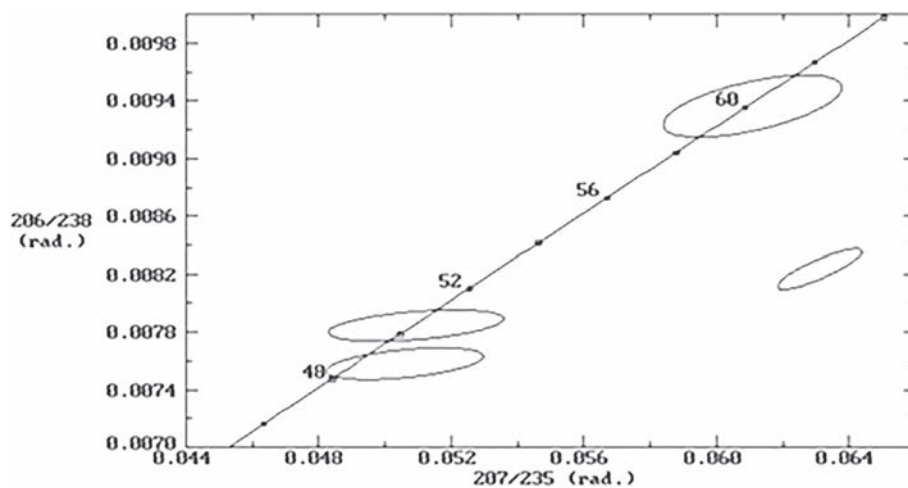


Рис. 6. Уран-свинцева діаграма з конкордією для циркону з лампрофірів (проба 10/93). Аналітичні точки з еліпсами похибок

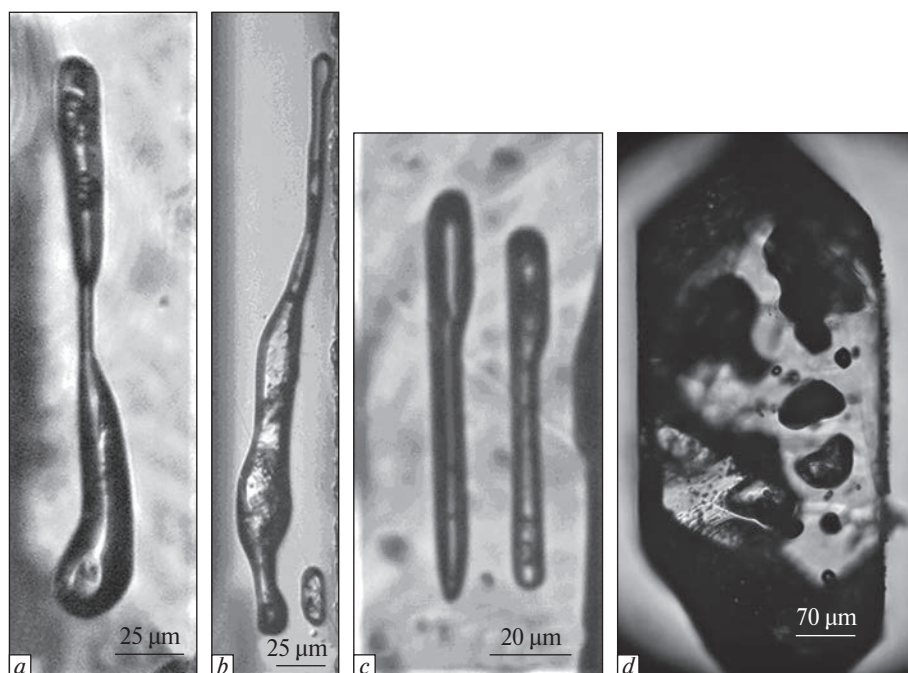


Рис. 7. Первинні флюїдні вклучення у кристалах циркону із дайки лампрофірів: *a*, *b* — розплавні, розташовані в периферійній зоні кристалів циркону першого типу; *c* — сингенетичні вклучення CO_2 -флюїду (ліворуч) й розплавного (праворуч) у цирконі другого типу; *d* — розплавні й мінеральні в кристалі циркону

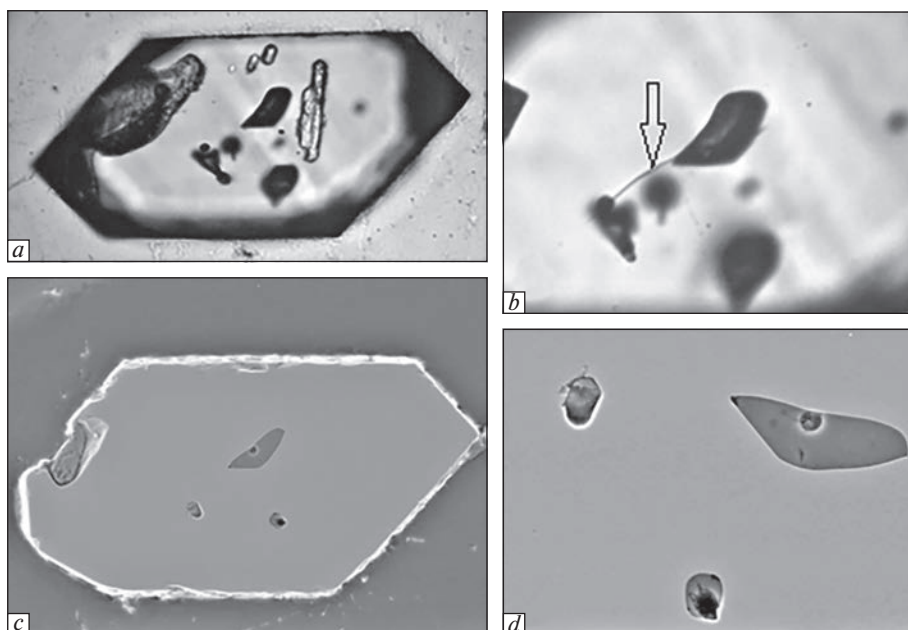


Рис. 8. Первинне розплавне включення краплеподібної форми в кристалі циркону із дайки лампрофіру: *a* — вигляд включення до нагрівання; *b* — розтріскане включення. Тріщина, що розкрила включення, показана стрілкою; *a, b* — у прохідному світлі мікроскопа; *c, d* — РЕМ знімки

флюїду густиною 0,80 г/см³ за температури 1000 °С становить 470 МПа, за 1200 °С — 530 [8], що відповідає флюїдному тиску магми під час кристалізації пласкуватого різновиду циркону й периферійної зони кристалів першого типу.

Розплавні включення. У периферійній частині кристалів вони мають неправильну видовжену форму (рис. 7, *a, b*), іноді трубчасту огранену (рис. 7, *c*). Їхня довжина може сягати 0,2—0,3 мм. Включення в решті об'єму кристалів мають заокруглену краплеподібну форму (рис. 7, *d*). Силікатне скло, отримане в ході нагрівання включень, має кислий склад (табл. 3).

Майже всі включення під час нагрівання розтріскуються (рис. 8). Нагрівання включень здійснювали протягом 7—9 год. Скло включень протягом трьох годин нагрівання за температури 1300 °С не утворює однорідної маси. Отримати достовірну температуру гомогенізації включень, що утворились в ході росту циркону в магмі кислого складу, не вдалось. Вона, ймовірно, перевищує 1100—1200 °С. Температура базитової магми перевищує температуру закриття U-Pb системи циркону.

Обговорення результатів і висновки. Вперше визначено, що циркони із дайкових лампрофірів, що проривають гранодіорити андій-

Таблиця 3. Хімічний склад первинних розплавних включень у кристалах циркону з дайки лампрофірів

Оксид, %	Включення										
	1	2/2	3	4	5	6	7/2	8	9	10	11/2
Na ₂ O	1,52	3,05	3,13	2,17	4,23	4,29	4,95	3,93	4,29	11,56	3,03
K ₂ O	1,45	7,36	6,91	1,62	4,12	5,83	7,35	6,44	5,83	1,59	6,45
CaO	1,70	0,91	0	1,36	2,13	0	0	0	0	0	0
MgO	0	0	1,46	0	0	0	0	0	0	0	0
FeO	2,56	0,67	2,16	2,28	0	0	0	0	0	0	0
Al ₂ O ₃	14,00	16,0	16,27	16,18	14,37	14,32	16,81	17,22	14,32	19,59	14,67
SiO ₂	78,77	72,06	70,07	76,39	75,15	75,76	68,89	72,41	75,56	67,26	75,85
Сума	100	100,05	100	100	100	100	98,00	100	100	100	100

Примітка: Аналіз 7/2 отримано за включенням (рис. 8). У знаменнику номери включень — кількість точок аналізу.

ського комплексу, мають вік у межах 50—60 млн років.

У лампрофірах островів Рока виявлено поліметалеву мінералізацію на мідь (445 г/т), цинк (207), свинець (123) і вольфрам (28,7 г/т).

Циркон в інтрузивних породах часто є одним із перших і найбільш високотемпературних мінералів, що кристалізувались із магматичного розплаву. В нашому випадку кристалізація циркону відбувалась наприкінці формування лампрофіру дайки, оскільки первинні розплавні включення мають кислий склад. В той же час наявність у цирконі первинного включення CO_2 -флюїду вказує на його генетичний зв'язок з базито-

вим магматичним розплавом. Дуже малий вміст цирконію в магмі основного складу спричинив кристалізацію циркону наприкінці її кристалізації.

Окрім того, розтріскування розплавних включень у цирконі в процесі нагрівання вказує на високий флюїдний тиск, що порушує їхню герметичність. Він (тиск) викликаний наявністю CO_2 -флюїду в складі розплавного включення.

Подяки. Автори вдячні керівництву ДУ Національний антарктичний науковий центр за надану можливість здійснити польові геологічні дослідження на Українській антарктичній станції «Академік Вернадський».

Література

1. Артеменко Г.В., Ганоцкий В.И. Геохимические особенности дайковых пород островов архипелага Арджентайн и прилегающей части Антарктического полуострова (Западная Антарктида). *Проблемы Арктики и Антарктики*. 2018. **64** (3). С. 270—293. <https://doi.org/10.30758/0555-2648-2018-64-3-270-293>
2. Бахмутов В.Г. Геологический обзор архипелага Аргентинские острова и прилегающей территории Антарктического полуострова. *Бюл. УАЦ*. 1998. Вып. 2. С. 77—84.
3. Бахмутов В.Г., Гладкоhub Д.П., Шпыра В.В. Возрастная позиция, геодинамическая специфика и палеомагнетизм интрузивных комплексов западного побережья Антарктического полуострова. *Геофиз. журн.* 2013. **35**, № 3. С. 3—30.
4. Виноградов А.П. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных пород земной коры. *Геохимия*. 1962. № 7. С. 555.
5. Грикуров Г.Э. Геология Антарктического полуострова. Москва: Наука, 1973. 120 с.
6. Калужний В.А. Методи вивчення багатофазових включень у мінералах. Київ: Вид-во АН УРСР, 1960. 169 с.
7. Митрохин О.В., Бахмутов В.Г., Алексеев А., Марущенко О., Митрохіна Т. Інтрузивно-магматичні утворення архіпелагу Вільгельма Західної Антарктики (частина 1 — інтрузиви габроїдів, діоритів та гранітоїдів). *Вісник Київ. нац. ун-ту ім. Тараса Шевченка. Геологія*. 2021. **4** (95). С. 6—15. <https://doi.org/10.17721/1728-2713.95.01>
8. Рёддер Э. Флюидные включения в минералах. Москва: Мир, 1987. Т.1. 559 с.
9. Curtis R. The petrology of the Graham coast, Graham land. *British Antarctic surv. Sci.repts.* 1966. No. 50. P. 3—51.
10. Elliot D.H. The petrology of the Argentine islands. *British Antarctic surv. Sci.repts.* 1964. No. 41. P. 1—31.
11. Gladkochub D., Bakhmutov V., Vodovozov V., Vaschenko V. New achievements in geological-geophysics investigations at the Academic Vernadsky Station area (Western Antarctica): petrology, geochronology and mineral resources. *Scientific investigations in Antarctica, Abstracts of III International Conference*. Kyiv, 2006. P. 36.
12. Hawkes D.D. Nature and distribution of metalliferous mineralization in the northern Antarctic Peninsula. *J. Geol. Soc.* 1982. **139**, No. 6. P. 803—809.
13. Leat P.T., Scarrow J.H., Millar I.L. On the Antarctic Peninsula batholith. *Geol. Mag.* 1995. **132** (4). P. 399—412.
14. Ludwig K.R. ISOPLOT for MS-DOS. A Plotting and Regression Program for Radiogenic-Isotope data. Berkeley Geochronology Center: revision of U.S. *Geological Survey Open-File Report*. 1991. 88-557. 39 p.
15. Ludwig K.R. PBDAT Computer Program for Processing Pb-U-Th Isotope Data. Version 1.24. Berkeley Geochronology Center: revision of U.S. *Geological Survey Open-File Report*. 1993. 88-542. 33 p.
16. Pankhurst R.J., Riley T.R., Fanning C.M. and Kelley S.P. Episodic Silicic Volcanism in Patagonia and the Antarctic Peninsula: Chronology of Magmatism Associated with the Break-up of Gondwana. *Journ. of Petrology*. 2000. **41**, No. 5. P. 605—625.
17. Stacey J.S., Kramers I.D. Approximation of terrestrial lead isotope evolution by a two-stage model. *Earth Planet. Sci. Lett.* 1975. **26**. P. 207—211.
18. Rowley P.D., Pride D.E. Metallic mineral resources of the Antarctic Peninsula. *Antarctic geoscience*. Madison University of Wisconsin Press, 1982. P.859—870.
19. Rowley P.D., Williams P.L., Schmidt D.L. Geology of an Upper Cretaceous copper deposit in the Andean Province, Lassiter Coast, Antarctic Peninsula. *U.S. Geological Survey Professional Paper* 984. 1977. 36 p.
20. Storey B.C., Garrett S.W. Crustal growth of the Antarctic Peninsula by accretion, magmatism and extension. *Geol. Mag.* 1985. **122**. P. 5—14.
21. Sun S.S., McDonough W.F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. *Magmatism in the Ocean Basins*. A.D. Saunders, M.J. Norry (Eds). 1989. P. 313—345. (Geol. Soc. Spec. Publ.; No. 42).
22. Tangeman J.A., Mukasa S.B. and Grunow A.M. Zircon U-Pb geochronology of plutonic rocks from the Antarctic Peninsula: Confirmation of the presence of unexposed Paleozoic crust. *Tectonics*. 1996. **15**, No. 6. P. 1309—1324. <http://doi.org/10.1029/96tc00840>

23. Voznyak, D.K., Levashova, E.V., Skublov, S.G., Kryvdik, S.G., Vyshnevskiy, O.A., Belskiy, V.M., Kurylo, S.I. Formation Mechanism of the Velyka Vyska Sienite Massif (Korsun-Novomyrhorod Pluton, Ukrainian Shield) Derived from Melt Inclusions in Zircon, *Mineral. Journ. (Ukraine)*. 2021. **43**, No. 1. P. 3–14. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.43.01.003>
24. Vyshnevskiy O.A. Compositional Zoning in Pyrope From Sedimentary Deposits of Bug Area (Ukraine): Implications for Understanding their Provenance. *Mineral. Journ. (Ukraine)*. 2020. **42**, No. 3. P. 17–26. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.42.03.017>

Надійшла 13.09.2022.

References

1. Artemenko, G.V., Ganotskiy V.I. (2018). Geochemical features of dike rocks of the islands of the Argentine archipelago and the adjacent part of the Antarctic Peninsula (West Antarctica), *Problems of the Arctic and Antarctic*, 64(3), pp. 270–293. <https://doi.org/10.30758/0555-2648-2018-64-3-270-293> [in Russian].
2. Bakhmutov, V.G. (1998). Geological survey of the Argentine Islands archipelago and adjacent territory of the Antarctic Peninsula, *Bul. UAC*, Iss. 2, pp. 77–84 [in Russian].
3. Bakhmutov, V.G., Gladkochub, D.P., Shpyra, V.V. (2013). Age position, geodynamic specifics, and paleomagnetism of intrusive complexes on the western coast of the Antarctic Peninsula, *Geofiz. magazine*. 35, No. 3, pp. 3–30 [in Russian].
4. Vinogradov, A.P. (1962). The average content of chemical elements in the main types of igneous rocks of the earth's crust, *Geochemistry*, No. 7, 555 p. [in Russian].
5. Grikurov, G.E. (1973). Geology of the Antarctic Peninsula. Moscow: Nauka. [in Russian].
6. Kalyuzhny, V.A. (1960). Methods for the recovery of rich-phase inclusions in minerals. Kyiv. [in Ukrainian].
7. Mitrokhin, O.V., Bakhmutov, V.G., Alekseenko, A., Marushchenko, O., Mitrokhina, T. (2021). Intrusive-magmatic settlements of the Wilhelm-Zakhidnaya archipelago of Antarctica (part 1 — intrusions of gabbroids, diorites and granites), *Bulletin of Kiev. nat. un-tu im. Taras Shevchenko. Geology*, 4 (95), pp. 6–15. <http://doi.org/10.17721/1728-2713.95.01> [in Ukrainian].
8. R dder, E. (1987). Fluid inclusions in minerals. Vol. 1. Moscow: Mir.
9. Curtis, R. (1996). The petrology of the Graham coast, Graham land, *British Antarctic surv. Sci. repts.*, No. 50, pp. 3–51.
10. Elliot, D.H. (1964). The petrology of the Argentine islands, *British Antarctic surv. Sci. repts.*, No. 41, pp. 1–31.
11. Gladkochub, D., Bakhmutov, V., Vodovozov, V., Vaschenko, V. (2006). New achievements in geological-geophysics investigations at the Academic Vernadsky Station area (Western Antarctica): petrology, geochronology and mineral resources, *Scientific investigations in Antarctica, Abstracts of III International Conference*. Kyiv, pp. 36.
12. Hawkes, D.D. (1982). Nature and distribution of metalliferous mineralization in the northern Antarctic Peninsula, *J. Geol. Soc.*, 139 (6), pp. 803–809.
13. Leat, P.T., Scarrow, J.H. and Millar, I.L. (1995). On the Antarctic Peninsula batholith, *Geol. Mag.*, 132 (4), pp. 399–412.
14. Ludwig, K.R. (1991). ISOPLOT for MS-DOS. A Plotting and Regression Program for Radiogenic-Isotope data, Berkeley Geochronology Center: revision of U.S. Geological Survey Open-File Report. 88–557.
15. Ludwig, K.R. (1993). PbDAT Computer Program for Processing Pb-U-Th Isotope Data. Version 1.24,. Berkeley Geochronology Center: revision of U.S. Geological Survey Open-File Report. 88–542.
16. Pankhurst, R.J., Riley, T.R., Fanning, C.M. and Kelley, S.P. (2000). Episodic Silicic Volcanism in Patagonia and the Antarctic Peninsula: Chronology of Magmatism Associated with the Break-up of Gondwana, *Journ. of Petrology*, 41 (5), pp. 605–625.
17. Stasey, J.S., Kramers, I.D. (1975). Approximation of terrestrial lead isotope evolution by a two-stage model, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 26, pp. 207–211.
18. Rowley, P.D., Pride, D.E. (1982). Metallic mineral resources of the Antarctic Peninsula, *Antarctic geoscience*, Madison University of Wisconsin Press, pp. 859–870.
19. Rowley, P.D., Williams, P.L., Schmidt, D.L. (1977). Geology of an Upper Cretaceous copper deposit in the Andean Province, Lassiter Coast, Antarctic Peninsula, *U.S. Geological Survey Professional Paper* 984.
20. Storey, B.C. and Garrett, S.W. (1985). Crustal growth of the Antarctic Peninsula by accretion, magmatism and extension, *Geol. Mag.*, 122, pp. 5–14.
21. Sun, S.S., McDonough W.F. (1989). Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes, in Saunders, A.D., Norry, M.J. (Eds), 'Magmatism in the Ocean Basins', *Geol. Soc. Spec. Publ.*; No. 42, pp. 313–345.
22. Tangeman, J.A., Mukasa, S.B. and Grunow, A.M. (1996). Zircon U-Pb geochronology of plutonic rocks from the Antarctic Peninsula: Confirmation of the presence of unexposed Paleozoic crust, *Tectonics*, 15 (6), pp. 1309–1324. <https://doi.org/10.1029/96tc00840>.
23. Voznyak, D.K., Levashova, E.V., Skublov, S.G., Kryvdik, S.G., Vyshnevskiy, O.A., Belskiy, V.M., Kurylo, S.I. (2021). Formation Mechanism of the Velyka Vyska Sienite Massif (Korsun-Novomyrhorod Pluton, Ukrainian Shield) Derived from Melt Inclusions in Zircon, *Mineral. Journ. (Ukraine)*, 43 (1), pp. 3–14. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.43.01.003>
24. Vyshnevskiy, O.A. (2020). Compositional Zoning in Pyrope From Sedimentary Deposits of Bug Area (Ukraine): Implications for Understanding their Provenance, *Mineral. Journ. (Ukraine)*, 42 (3), pp. 17–26. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.42.03.017>

Received 13.09.2022.

G.V. Artemenko¹

<https://orcid.org/0000-0002-4528-6853>

L.M. Stepanyuk¹

<https://orcid.org/0000-0001-5591-5169>

D.K. Wozniak¹

<https://orcid.org/0000-0002-6124-2033>

V.G. Bakhmutov²

<https://orcid.org/0000-0002-6124-2033>

Yu.O. Lytvynenko¹

<https://orcid.org/0000-0001-6609-0000>

¹ M.P. Semenchenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine
0142, ave. acad. Palladina 34, Kyiv, Ukraine

² Institute of Geophysics S.I. Subbotin of the National Academy of Sciences of Ukraine
0142, ave. acad. Palladina 32, Kyiv, Ukraine

U-Pb AGE AND ORE MINERALIZATION OF DIKE LAMPROPHIRES OF THE ROCA ISLANDS (WILHELM ARCHIPELAGO, WEST ANTARCTICA)

The dike of lamprophyres of the Roca Islands chemically correspond to the basic rocks of the calc-alkaline series with high magnesian #mg 0.56. They have an increased content of Y (41.6 ppm) and Yb (11.5 ppm), which indicates the absence of garnet in the magmatic source. Rare earth elements are weakly differentiated — $(La/Yb)_N = 3.64$. A deep negative European anomaly is distinguished — $Eu/Eu^* = 0.36$, which is probably due to the fractionation of plagioclase in the crustal magmatic source. Polymetallic mineralization for copper (445 g/t), zinc (207 g/t), lead (123 g/t) and tungsten (28.7 g/t) was found. Zircon from lamprophyres is represented by two types of crystals. The first type - transparent yellowish-pink individuals with a pyramidal-prismatic habit. In terms of quantity, it dominates; the second type is the formation of a flat outline. Dimensions are usually 0.3–0.7 mm along the L_4 axis. Crystals of the first type were selected for geochronological research. It was found that the lamprophyre zircon contains very little lead, and a significant part of it is the lead isotope ^{204}Pb . For this reason, age values for uranium-lead ratios of $^{238}U/^{206}Pb$ are more reliable. It was determined that the uranium-lead age of zircon from lamprophyres is within 50–60 Ma. Primary melt inclusions and less often mineral inclusions were found in zircon crystals. The former can sometimes occupy up to 30% of the crystal volume. Among the mineral inclusions, potassium feldspar, albite and potassium-sodium feldspar, apatite, and quartz were diagnosed. One primary inclusion of CO_2 fluid was detected, the remaining inclusions are represented by primary crystallized melt inclusions. Rooting of the lamprophyre dyke is probably associated with the stress stresses experienced by the granodiorite plutons as a result of later tectonic movements. Первинні розплавні включення вказують, що кристалів циркону сформувались на завершальному етапі становлення дайкових лампрофірів.

Keywords: *West Antarctica, Wilhelm Archipelago, granodiorites, lamprophyres, U-Pb age, polymetallic mineralization, gas-liquid inclusions in zircon.*