

УДК 55(477)+551.22+552.3+550.4

Є.О. Вишнеvsька<sup>1</sup>,  
 І.І. Михальченко<sup>2</sup>, канд. геол. наук,  
 О.В. Митрохин<sup>1</sup>, д-р геол. наук, проф.

1 – Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ, Україна, e-mail: genyvishevskia@mail.ru.  
 2 – Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П.Семененка НАН України, м. Київ, Україна

## МІНЕРАЛОГО-ПЕТРОГРАФІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ДОЛЕРИТУ АПРЕЛЬСЬКОГО РОДОВИЩА (ІНГУЛЬСЬКИЙ МЕГАБЛОК УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА)

Ye.O. Vyshnevskia<sup>1</sup>,  
 I.I. Mikhalchenko<sup>2</sup>, Cand. Sci. (Geol.),  
 O.V. Mitrokhin<sup>1</sup>, Dr. Sci. (Geol.), Professor

1 – National Taras Shevchenko University of Kyiv, Kyiv, Ukraine, e-mail: genyvishevskia@mail.ru  
 2 – M. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation under NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine.

## MINERALOGICAL AND PETROGRAPHICAL PECULIARITIES OF DOLERITE FROM APRELSKOYE DEPOSIT (INGUL MEGABLOCK OF UKRAINIAN SHIELD)

**Мета.** Виявлення можливостей використання мінералого-петрографічних особливостей дайкових порід основного складу, змінених низькотемпературними постмагматичними процесами, для визначення їх формаційної приналежності, а також для вирішення практичних питань геологічного розчленування та кореляції дайкових утворень Інгульського мегаблоку Українського щита.

**Методика.** Об'єктом дослідження була базитова дайка, що була виявлена при бурінні на площі Апрельського урановорудного родовища та відноситься до Бобринецького дайкового поясу. Дайкова порода, що зазнала низькотемпературних постмагматичних перетворень, усебічно досліджувалася із застосуванням методів оптичної та електронної мікроскопії. Для вивчення хімічного складу головних породоутворюючих мінералів, а також діагностики акцесорних та вторинних мінералів використовувався електронно-мікросондовий аналіз.

**Результати.** Встановлено, що, незалежно від ступеня постмагматичних змін, усі вивчені зразки характеризуються відносно доброю збереженістю первинних мінералого-петрографічних особливостей гіпібсальних магматичних порід основного складу нормального ряду лужності із сімейства долеритів, що відносяться до толейтової серії. Їх індикаторними характеристиками є позбавлена вкраплеників офітова структура, високоосновні лабрадор-бітовнітові плагіоклази, співіснуючі низько- та високо-кальцієві клінопіроксени, передбачувана за псевдоморфозами присутність магнезіальних олівінів, титаномagnetит-ільменітовий парагенезис Fe-Ti оксидно-рудних мінералів. Характерними акцесорними мінералами вивченого долериту є циркон і бадделеїт, потенційно придатні для подальшого U-Pb ізотопного датування.

**Наукова новизна.** Авторами вперше зроблено висновок про те, що долерит Апрельського родовища схожий із багатьма раніше описаними дайковими представниками долерит-діабазової (трапової) формації докембрію. Його найближчими аналогами в межах Інгульського мегаблоку є олівінові долерити Розанівського та Новоукраїнського дайкових полів.

**Практична значимість.** Виявлені індикаторні характеристики долериту Апрельського родовища в подальшому можна використовувати для ідентифікації його аналогів як на площі Інгульського мегаблоку, так і за його межами.

**Ключові слова:** петрографія, базитові дайки, Український щит

**Постановка проблеми.** Характерною особливістю геологічних структур різнорангових рудних об'єктів гідротермально-метасоматичного генезису є наявність дайок, зокрема, основного й ультраосновного складу. Не є виключенням і рудні поля, родовища й рудопрояви, що належать до формації ураноносних натрієвих метасоматитів зон глибинних розломів Центрально-українського й Кіровоградського рудних районів та Криворізько-Кременчуцької рудної зони. Їх формування генетично пов'язане з гідротермально-метасоматичними перетвореннями давнього кристалічного фундаменту центральної частини Українського щита (УЩ), що призвели до утворення ореолів лужних

натрієвих метасоматитів, на площі яких виявлені чисельні дайки діабазів, габро-діабазів та пікритів [1–4]. Серед дайкових утворень розрізняють як дометасоматичні, так і післяметасоматичні [1, 3].

Сучасна геологічна та петрографічна вивченість базит-гіпербазитових дайок Інгульського мегаблоку (ІМБ) є недостатньою, що викликає ряд суперечностей у визначенні їх приналежності до певних магматичних комплексів та з'ясуванні вікового періоду укорінення. Важливим критерієм для розчленування та кореляції дайкових утворень у регіоні можуть бути їх мінералого-петрографічні особливості. У зв'язку з існуючою проблемою визначення віку вкорінення дайок актуальність дослідження речовинного складу дайкових порід обумовлюється також необхідністю виявлення

та вилучення сингенетичних акцесорних мінералів, що є придатними для прецизійного ізотопного датування.

**Аналіз попередніх досліджень і публікацій.** Геологічна позиція та вік базит-гіпербазитових дайок ІМБ є дискусійними. За матеріалами різних дослідників на території мегаблоку виділяється від 3 до 11 дайкових поясів північно-західного та субширотного простягання [1, 4]. Нижня вікова межа їх формування визначається за перетинанням ними гранітоїдів кіровоградського ( $PR_1^{kg}$ ) та новоукраїнського ( $PR_1^{nu}$ ) комплексів. З огляду на характер розповсюдження дайок, складається враження, що більшість з них укоренилася між формуванням Новоукраїнського та Корсунь-Новомиргородського плутонів [3]. Віковий проміжок утворення породних асоціацій останніх оцінюється за даними ізотопної геохронології (U-Pb метод), відповідно, у 2,04–2,03 та 1,75–1,72 млрд р. [5]. Слід згадати, що в роботі [4] наводяться відомості про те, що в межах Кіровоградської зони розломів „...среди гранитоидов корсунь-новомиргородского комплекса скважинами вскрыты пологозалегающие маломощные (до 0,5 м) жилы псевдолейцитовых лампроитов неопротерозойского возраста (1370 млн л., K-Ag метод)...“.

По відношенню до проявів ураноносних натрових метасоматитів, віковий проміжок утворення яких оцінюється в 1,84–1,80 млрд р. [5], розрізняються доальбітитові дайки *северинського комплексу* та післяальбітитові дайки *долинського комплексу* (назви за О.М. Сухініним). Згідно з отриманими в різні роки результатами K-Ag датування, серед базит-гіпербазитових дайок ІМБ розрізняються щонайменше дві вікові групи: палеопротерозойські ( $PR_1 - 1,9-1,7$  млрд р.) та мезопротерозойські ( $PR_2 - 1,6-1,1$  млн р.). Прецизійні U-Pb та Rb-Sr ізотопні датування дайкових порід ІМБ УЩ досі є одиничними [6]. U-Pb вік цирконів, що були вилучені з інтенсивно змінених постмагматичними процесами діабазів с. Суботці, складає  $1767 \pm 12$  млн р. Rb-Sr вік флогопіту з кімберлітів –  $1770 \pm 9$  млн р. Петрографія дайкових порід ІМБ розглядається в матеріалах, більшість з яких опублікована в 60–80 рр. минулого сторіччя й базується виключно на вивченні шліфів під поляризаційним мікроскопом та результатах силікатного аналізу порід на головні петрогенні компоненти. На жаль, у них погано висвітлені мінералогічні особливості дайкових порід ІМБ. Зокрема, замало даних про хімізм головних породоутворюючих мінералів, недостатньо вивчена постмагматична мінералізація, зовсім не досліджені рудні та акцесорні мінерали. У науковій публікації [7] авторами на прикладі дайкових порід ІМБ наглядно продемонстровані сучасні можливості мінералого-петрографічних досліджень при вирішенні суто геологічних завдань. Головну увагу в ній було приділено неметаморфізованим дайкам олівінових долеритів, що належать до Бобринецького дайкового поясу.

**Об'єктом дослідження** даної роботи стала ще одна базитова дайка з Бобринецького дайкового поясу, що виявлена на площі Апрельського урановорудного родовища. На відміну від раніше досліджених, ця дайка в різній мірі зазнала низькотемпературних постмаг-

матичних перетворень, що ускладнюють її формаційну типізацію та порівняння з іншими дайковими утвореннями ІМБ.

**Мета роботи** – з'ясування можливостей використання мінералого-петрографічних особливостей дайкових порід основного складу, змінених низькотемпературними постмагматичними процесами, для визначення їх формаційної приналежності, а також для вирішення практичних питань геологічного розчленування та кореляції дайкових утворень ІМБ.

**Методи дослідження:** збір даних попередніх геологічних досліджень; геологічна документація керну свердловин та відбір зразків; петрографічне дослідження прозорих та прозоро-полірованих шліфів під поляризаційним мікроскопом у прохідному та відбитому світлі; електронно-мікроскопічні дослідження прозоро-полірованих шліфів; визначення хімічного складу породоутворюючих мінералів з використанням електронно-мікросондового аналізатора.

**Виклад основного матеріалу. Геологічна будова ділянки.** Апрельське урановорудне родовище Центральноукраїнського рудного району виявлене КП „Кіровогеологія“ у 80-х роках минулого сторіччя поблизу північно-західного ендоконтакту Новоукраїнського гранітоїдного масиву. Земна кора в цій частині ІМБ має двоярусну будову. Нижній ярус складений, переважно, гранітами новоукраїнського комплексу ( $PR_1^{nu}$ ), серед яких розрізняються біотитові, гранат-біотитові та гранат-гіперстен-біотитові різновиди. Місцями у гранітах присутні ксеноліти метаморфічних та ультраметаморфічних порід інгуло-інгулецької серії  $PR_1^1$ . У районі родовища гранітоїди новоукраїнського комплексу перетинаються тектонічними порушеннями північно-західного, північно-східного та субширотного простягання (зони, відповідно, Тарасівського, Апрельського та Зелено-Завадівського розломів).

Під час тектоно-магматичної активізації 1,84–1,72 млрд р. послідовно відбулося вкорінення базит-ультрабазитових дайок та формування анортозит-рапаківігранітної асоціації складного Корсунь-Новомиргородського плутону, південно-західний контакт якого з породами рами знаходиться північно-західніше (рис. 1).

У цей же період мали місце гідротермально-метасоматичні перетворення порід фундаменту, що призвели до утворення формації лужних натрієвих метасоматитів. Докембрійські утворення на площі Апрельського родовища покриті пухкими кайнозойськими покладами, потужністю до 80 м, що складають верхній ярус (рис. 2).

Виявлені в межах складного Новоукраїнського гранітоїдного плутону дайки основного та ультраосновного складу входять, переважно, до складу Бобринецького дайкового поясу північно-західного простягання (рис. 1). Слід звернути увагу на те, що жодна з виявлених на даний момент дайок у межах сусіднього Корсунь-Новомиргородського плутону не простежується. Таким чином, за геологічними даними більшість дайок укоренилися після утворення порідних асоціацій кіровоградського  $PR_1^{kg}$  й новоукраїнського  $PR_1^{nu}$  маг-

матичних комплексів та, відповідно, перед укоріненням магматичних порід корсунь-новомиргородського комплексу PR<sub>1</sub><sup>2</sup>kn.

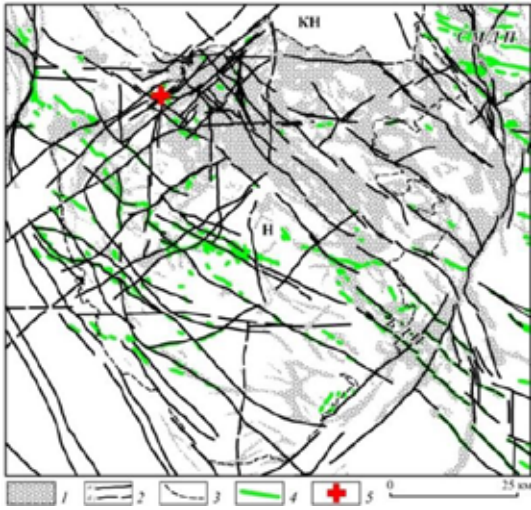


Рис. 1. Схема розташування ділянки дослідження (за даними КП „Кіровгеологія“): 1 – ореоли гідротермально-метасоматичних змін порід кристалічного фундаменту; 2 – головні розломи: а) достовірні, б) імовірні; 3 – межі плутонів (Н – Новоукраїнський масив, КН – Корсунь-Новомиргородський); 4 – дайки основних та ультра основних порід; 5 – місце розташування ділянки. Дайкові пояси: БДП – Бобринецький дайковий пояс; СМДП – Суботсько-Мошоринський дайковий пояс

У межах дослідженої ділянки Апрельського родовища дайкові породи залягають на кількох гіпсометричних рівнях. Так, субгоризонтальні базитові дайки, потужністю від десятків сантиметрів до перших метрів, що інтенсивно змінені процесами лужного метасоматозу, виявлені на двох глибинних рівнях. Перший – знаходиться одразу під поверхнею кристалічного фундаменту, другий – в інтервалі глибин -150 – -200 м за абсолютними відмітками (рис. 2). Їх контакти з вміщуваними породами чіткі. Структура центральних частин дайок – середньо-дрібнозерниста, на приконтрактних ділянках – тонкозерниста. Іноді на контактах розвинуті більш пізні порушення: зони тріщинуватості, мілонітизації, брекчіювання. У дайках зустрічаються оплавлені уламки вміщуваних гранітів. Усі субгоризонтальні базитові дайки, що наразі доступні для спостереження, інтенсивно змінені в зонах гідротермально-метасоматичних перетворень, аж до утворення апобазитових метасоматичних порід, що належать до геологічної формації лужних натрієвих метасоматитів зон глибинних розломів [3].

Крім субгоризонтальних дайкових тіл, на Апрельському родовищі окремими глибокими свердловинами зустрінуті базитові дайки зі значною стовбуровою потужністю – близько 10 м. Аналіз просторового розташування їх перетинів стовбурами свердловин дав підстави для визначення в західній частині родовища

субширотного простягання однієї з дайок, з північним падінням під кутом 50–60°. Ця дайка була перетнута свердловиною 74Ф в інтервалі буріння 538–553,2 м, що відповідає інтервалу глибин -298 – -315 м за абсолютними відмітками (рис. 2), тобто значно глибше, порівняно з вищезгаданими субгоризонтальними тілами. Саме вона й стала об'єктом для подальших мінералого-петрографічних досліджень.

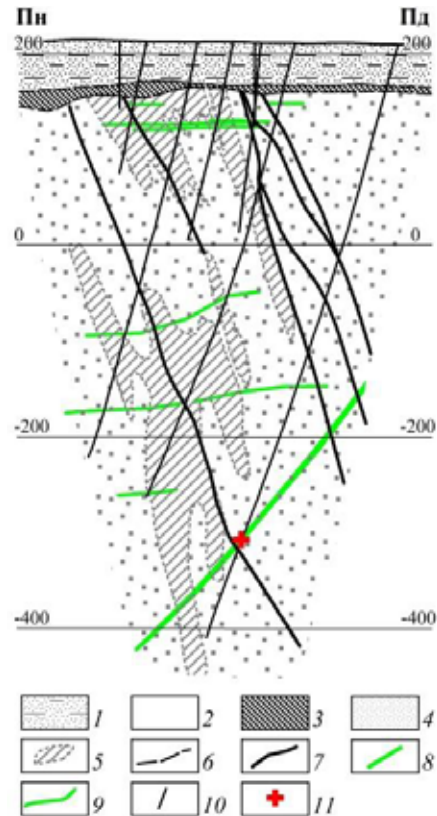


Рис. 2. Схематичний геологічний розріз (за даними КП „Кіровгеологія“): 1 – пухкі поклади кайнозою; 2 – кори вивітрювання; 3 – гранітоїди новоукраїнського комплексу; 4 – ореоли слабо змінених порід фундаменту; 5 – лужні натрієві метасоматити (альбіт-мікроклінові метасоматити й альбітити); 6 – геологічні межі; 7 – розломи; 8 – дайка долериту маситабована; 9 – позамаситабні дайки основних порід; 10 – проекції стовбурів свердловин на вертикальну площину; 11 – місце відбору зразка

**Результати дослідження.** Вивчення керового матеріалу свердловини 74Ф показало, що досліджувані зразки відносяться до гіпабісальних магматичних порід основного складу нормального ряду лужності з родини долеритів, у різній мірі змінених низькотемпературними постмагматичними процесами.

Макроскопічно – це зеленувато-сірі масивні породи з явно кристалічною рівномірнозернистою структурою. Їх основний об'єм складається безладно орієнтованими світло-сірими лейстами плагіоклазу, розміром 1–5 мм. Проміжки між ними вповнені темноколірними мінералами. Порфірові

вкрапленики не характерні. Під поляризаційним мікроскопом усі досліджувані зразки, незалежно від ступеня постмагматичних змін, виявляють первинну повнокристалічну офітову структуру. У різній мірі розвинені структури псевдоморфного заміщення, що свідчать про сталість об'єму під час постмагматичних перетворень. Головні породоутворюючі мінерали долериту представлені основним плагіоклазом та клінопіроксеном. Звичайним другорядним мінералом є ільменіт. До первинних акцесорних мінералів належать титаномагнетит, піротин, циркон та баде-лейт. Серед вторинних мінералів найбільш характерні ті, що розвиваються за рахунок первинних мафічних мінералів – променисті амфіболи, біотит, Fe-Mg гідрослюди, тальк, магнетит та пірит. Також серед вторинних мінералів спостерігається розвиток преніту, альбіту та кварцу. Постійно присутня незначна вкрапленість халькопіриту та сфалериту.

Плагіоклаз кількісно переважає над усіма іншими мінералами. В окремих зразках його частка сягає 65–70%. Лейстоподібні кристали плагіоклазу, розміром 1–5 мм по повздожній вісі, мають безладне орієнтування. Під мікроскопом у прохідному світлі вони, переважно, чисті, не замінені вторинними мінералами. У схрещених ніколях мають чітке полісин-тетичне двійникування. Мікрозондовим аналізом встановлено, що основність досліджуваних зерен плагіоклазу коливається в досить широких межах, виявляючи властиву для них пряму зональність (табл. 1). Найбільш розповсюдженими є лабрадори An<sub>52-69</sub>. У найбільш високотемпературних ядрах основність може збільшуватися до бітовніту An<sub>70-71</sub>. У зовнішніх оболонках, навпаки, маємо андезини An<sub>36-50</sub>. Місцями плагіоклаз у незначній мірі пренітизований. На ділянках постмагматичних змін, в асоціації з кварцом та іншими вторинними мінералами, зустрічається альбіт An<sub>9-10</sub>.

Таблиця 1

Вибіркові мікрозондові аналізи плагіоклазів із долериту Апрельського родовища

Зразок	74-538,0						74-550,5						
	2*	6	7	12*	17	19	1	4	5*	6	8	29	30
<i>Вміст, ваг.%</i>													
SiO <sub>2</sub>	50,28	54,53	57,98	49,89	52,45	55,95	50,25	58,28	51,41	52,14	55,76	63,97	64,18
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	31,29	28,26	26,25	31,35	29,61	27,33	31,47	25,82	30,65	30,18	27,58	22,35	22,47
FeO*	0,20	0,48	0,50	0,25	0,64	0,65	0,49	0,69	0,31	0,62	0,57	1,87	0,21
CaO	15,07	11,40	8,17	15,18	12,43	9,98	14,17	7,43	14,13	12,99	9,32	1,73	2,18
Na <sub>2</sub> O	2,98	4,75	6,76	3,08	4,54	6,00	3,32	6,74	3,28	3,60	5,64	9,97	10,83
K <sub>2</sub> O	0,18	0,58	0,33	0,24	0,32	0,08	0,30	1,05	0,21	0,49	1,12	0,11	0,12
<i>Формульні коефіцієнти на 8 атомів кисню</i>													
K	0,010	0,034	0,019	0,014	0,019	0,004	0,018	0,060	0,012	0,028	0,065	0,006	0,007
Na	0,264	0,417	0,588	0,273	0,401	0,525	0,294	0,587	0,289	0,318	0,494	0,856	0,927
Ca	0,737	0,553	0,393	0,744	0,607	0,483	0,694	0,358	0,689	0,633	0,452	0,082	0,103
Si	2,296	2,470	2,601	2,283	2,388	2,524	2,295	2,620	2,341	2,372	2,521	2,834	2,834
Al	1,684	1,509	1,388	1,691	1,589	1,453	1,694	1,368	1,645	1,618	1,470	1,167	1,169
Fe	0,008	0,018	0,019	0,010	0,024	0,024	0,019	0,026	0,012	0,024	0,021	0,069	0,008
Сума	4,999	5,001	5,008	5,015	5,028	5,013	5,014	5,019	4,988	4,993	5,023	5,014	5,048
<i>Мінали, мол.%</i>													
Or	1,0	3,4	1,9	1,4	1,9	0,4	1,8	6,0	1,2	2,9	6,4	0,6	0,7
Ab	26,1	41,5	58,8	26,5	39,0	51,9	29,2	58,4	29,2	32,5	48,9	8,7	9,9
An	72,9	55,1	39,3	72,2	59,1	47,7	69,0	35,6	69,6	64,7	44,7	90,7	89,4

Примітка: зірочкою відмічені аналізи ядерних частин зерен плагіоклазів

Піроксен кількісно поступається плагіоклазу. Його частка коливається від 15 до 20 %. Він представлений лише моноклінним різновидом. Ксеноморфні зерна піроксену звичайно виповнюють інтерстиції поміж лейстами плагіоклазу. Під поляризаційним мікроскопом в одному ніколі піроксен має блідий коричнюватий відтінок. У схрещених ніколях найчастіше він має хвилясте згасання. Мікрозондом встановлені варіації хімічного складу піроксенів від піжоніту Wo<sub>12-13</sub> En<sub>42-60</sub> до субкальцієвого авгіту Wo<sub>17-24</sub> En<sub>44-55</sub> та власне авгіту Wo<sub>26-39</sub> En<sub>25-53</sub> (табл. 2–3). При цьому спостерігається несиметрична зональність піроксенових зерен уздовж визначеного напрямку від більш високотемпературного піжоніту до авгіту. У крайовій частині більшість піроксенових зерен псевдоморфно заміщується агрега-

том променистих амфіболів, серед яких діагностовано актиноліт та кумінгтоніт. На межі з плагіоклазом звичайними є також розвиток мікролускуватих скупчень Fe-Mg гідрослюд. Такий же гідрослюдиший агрегат виповнює чисельні тріщини у плагіоклазах.

Власне олівін у жодному з досліджуваних зразків долериту Апрельського родовища не виявлений. Але звичайними є специфічні скупчення вторинних мінералів – тальку, кумінгтоніту, акиноліту, магнетиту та сульфідів заліза, що мають своєрідну петельчасту структуру та являють собою повні псевдоморфози по олівіну. Їх вміст зрідка перевищує 10%. Істотне переважання тальку у складі апоолівінових псевдоморфоз свідчить про високу магнезійність сервісного олівіну.

Таблиця 2

Вибіркові мікрозондові аналізи високо-кальцієвих клінопіроксенів із долериту Апрельського родовища

Зразок	74-538,0						74-550,5						
	32	38	41	50	51	55	31	35	39	55	67	68	72
	<i>Вміст, ваг %</i>												
SiO <sub>2</sub>	50,71	50,99	48,49	50,77	50,46	48,46	49,10	50,16	49,96	48,75	49,58	51,17	49,97
TiO <sub>2</sub>	0,59	0,56	0,80	0,54	0,51	1,08	1,05	0,70	0,94	0,57	1,17	0,65	0,93
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,67	2,62	2,52	3,60	2,45	2,93	3,86	3,04	3,84	2,38	3,26	2,96	3,31
FeO	10,71	14,16	21,56	9,28	13,99	18,13	11,39	15,99	12,48	20,61	14,38	17,78	16,28
MnO	0,10	0,24	0,31	0,22	0,36	0,16	0,36	0,30	0,09	0,27	0,13	0,16	0,33
MgO	17,97	18,16	9,89	16,45	19,18	12,69	15,56	17,09	15,91	11,43	14,24	12,82	15,85
CaO	16,26	13,23	16,43	19,07	12,97	16,54	18,66	12,72	16,77	15,99	17,24	14,47	13,24
Na <sub>2</sub> O	0,00	0,02	0,00	0,07	0,07	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07
	<i>Формульні коефіцієнти на 6 атомів кисню</i>												
Na	0,000	0,001	0,000	0,005	0,005	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005
Ca	0,645	0,529	0,689	0,758	0,519	0,683	0,751	0,513	0,673	0,667	0,699	0,588	0,535
Mg	0,992	1,010	0,577	0,910	1,068	0,729	0,872	0,958	0,887	0,663	0,803	0,725	0,892
Mn	0,003	0,008	0,010	0,007	0,011	0,005	0,012	0,009	0,003	0,009	0,004	0,005	0,011
Fe	0,332	0,442	0,706	0,288	0,437	0,585	0,358	0,503	0,391	0,671	0,455	0,564	0,514
Ti	0,016	0,016	0,024	0,015	0,014	0,031	0,030	0,020	0,027	0,017	0,033	0,018	0,026
Al	0,160	0,115	0,116	0,157	0,108	0,133	0,171	0,135	0,170	0,109	0,146	0,132	0,147
Si	1,878	1,903	1,898	1,884	1,885	1,868	1,845	1,887	1,870	1,897	1,877	1,941	1,886
Сума	4,026	4,024	4,020	4,024	4,047	4,034	4,040	4,025	4,021	4,033	4,017	3,973	4,016
	<i>Мінали, мол. %</i>												
Wo	32,7	26,6	34,8	38,6	25,5	34,1	37,7	25,9	34,4	33,2	35,6	31,2	27,4
En	17,0	22,6	36,1	15,0	22,0	29,5	43,8	48,3	45,4	33,0	40,9	38,5	45,7
Fs	50,3	50,8	29,1	46,4	52,5	36,4	18,6	25,8	20,2	33,8	23,4	30,2	26,9

Таблиця 3

Вибіркові мікрозондові аналізи низько-кальцієвих клінопіроксенів із долериту Апрельського родовища

Зразок	74-550,5										
	Піжоніти			Субкальцієві авгіти							
Аналіз	45	53	62	34	36	42	50	52	61	73	77
	<i>Вміст, ваг %</i>										
SiO <sub>2</sub>	50,78	50,42	52,20	50,99	51,09	49,44	50,71	50,17	50,15	50,72	50,77
TiO <sub>2</sub>	0,35	0,48	0,28	0,54	0,46	0,47	0,62	0,77	1,01	0,53	0,64
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,18	2,22	2,13	1,86	2,09	2,36	2,87	3,24	3,02	3,15	2,67
FeO	19,84	20,60	17,64	17,71	18,04	23,65	15,64	15,65	17,50	17,62	19,05
MnO	0,49	0,60	0,44	0,33	0,41	0,62	0,53	0,34	0,23	0,22	0,11
MgO	19,65	19,49	21,33	20,07	19,60	15,33	18,96	18,33	16,24	18,61	17,29
CaO	6,62	6,18	5,98	8,50	8,31	8,09	10,66	11,50	11,63	8,99	9,46
Na <sub>2</sub> O	0,10	0,00	0,01	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,22	0,15	0,00
	<i>Формульні коефіцієнти на 6 атомів кисню</i>										
Na	0,007	0,000	0,001	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,016	0,011	0,000
Ca	0,267	0,250	0,237	0,341	0,334	0,334	0,427	0,461	0,471	0,361	0,382
Mg	1,102	1,097	1,178	1,121	1,095	0,881	1,056	1,023	0,914	1,039	0,972
Mn	0,016	0,019	0,014	0,011	0,013	0,020	0,017	0,011	0,007	0,007	0,004
Fe	0,625	0,650	0,547	0,555	0,565	0,763	0,489	0,490	0,553	0,552	0,601
Ti	0,010	0,014	0,008	0,015	0,013	0,014	0,018	0,022	0,029	0,015	0,018
Al	0,097	0,099	0,093	0,082	0,092	0,107	0,126	0,143	0,134	0,139	0,119
Si	1,911	1,904	1,934	1,910	1,914	1,906	1,894	1,878	1,894	1,899	1,914
Сума	4,035	4,033	4,012	4,035	4,026	4,027	4,027	4,028	4,018	4,023	4,010
	<i>Мінали, мол. %</i>										
Wo	13,3	12,4	12,0	16,8	16,6	16,7	21,5	23,2	24,2	18,4	19,5
En	54,8	54,4	59,6	55,3	54,6	44,1	53,1	51,5	47,0	53,0	49,6
Fs	31,9	33,2	28,4	27,9	28,8	39,2	25,4	25,2	28,8	28,5	30,9

Частка ільменіту зазвичай складає 1–2%. Він зустрічається у вигляді сплюснених скелетних кристалів розміром 0,1–0,5 мм. Мікрозондовим аналізом встановлено наступний склад ільменіту  $\text{Pm}_{84-94} \text{Fe}_{3-12} \text{Ru}_{2-4}$ . Характерною особливістю вивчених ільменітів є наявність мікроскопічних пластинчастих включень рудного мінералу, імовірно – гематиту, орієнтованих у площині (0001). Титаномагнетит другий за розповсюдженістю рудний мінерал у дослідженому долериті. Його вміст не перевищує 1%.

Він утворює зерна неправильної, а також кубічної форми з частково кородованими гранями. Місцями титаномагнетит формує тонкі переривчасті нарости на ільменіті. Під електронним мікроскопом він звичайно має ґраткову мікроструктуру з ексолуційними ламелями ільменіту. Вміст піротину та піриту є близьким до вмісту титано-магнетиту. Відмічаються як первинні ідіоморфні кристали сульфідів заліза, так і вторинні мікрозернисті агрегати, приурочені до апоолівінових псевдоморфоз.

Присутність циркону та бадделіту в долериті була встановлена за результатами електронно-мікроскопічного дослідження. Циркон зустрічається у вигляді поодиноких зерен довгопризматичної, а також неправильної форми розміром по повздовжній вісі від 0,003 до 0,014 мм в асоціації з променистими амфіболами та гідролитою, а також окремо від вторинних мінералів. Бадделіт також присутній у вигляді поодиноких зерен, але вміст його в дослідженому долериті, у порівнянні з цирконом, набагато менший. Він зустрічається у вигляді сплюснених видовжених кристалів розміром 0,006–0,011 мм в асоціації з ільменітом.

**Результати дослідження.** Вивчені зразки дайки долериту Апрельського родовища за цілим рядом мінералого-петрографічних характеристик подібні олівіновим долеритам Розанівського та Новоукраїнського дайкових полів, що входять до складу Бобринецького дайкового поясу. Детальній характеристиці останніх присвячені попередні авторські публікації. Для долериту Апрельського родовища характерні помірна ступінь постмагматичних змін і відносно добра збереженість первинних структурно-текстурних особливостей і парагенезисів головних породоутворюючих мінералів: зонального високо- та помірно-основного плагіоклазу, співіснуючих високо-кальцієвих та низько-кальцієвих клінопіроксенів. Первинна присутність магнезійного олівіну припускається за наявними апоолівіновими псевдоморфозами. Титаномагнетит-ільменітовий парагенезис Fe-Ti оксидно-рудних мінералів, а також постійна присутність піротину та піриту, також споріднюють досліджений долерит Апрельського родовища з долеритами Розанівського дайкового поля. Останні, у попередніх авторських публікаціях [7], співставляються з дайковими утвореннями долерит-діабазової формації раннього докембрію. Долерит-діабазова формація є індикаторною для режиму протоктивізації субплатформеної стадії розвитку древніх платформ. Вона являє палеоаналог континентальної плато-базальтової (трапової) асоціації, характерної для областей тектоно-магматичної активізації фанерозою.

Додатковими ознаками формаційної приналежності долериту Апрельського родовища може бути його геохімічні особливості, що наразі вивчаються авторами. Виявлена в цих породах акцесорна мінералізація дає підґрунтя для визначення їх ізотопного віку. Особливо перспективним у цьому сенсі може бути бадделіт, що вперше ідентифікований у дайкових породах цього регіону.

#### **Висновки та напрями подальших досліджень.**

1. Досліджений долерит Апрельського родовища характеризується цілою низкою мінералого-петрографічних особливостей, що дозволяють визначити їх формаційну приналежність та порівняти з іншими дайковими утвореннями Інгульського мегаблоку.
2. Долерит Апрельського родовища є подібним до раніш описаних дайкових представників долерит-діабазової формації докембрію.
3. Найближчими аналогами долериту Апрельського родовища в межах Інгульського мегаблоку є олівінові долерити Розанівського та Новоукраїнського дайкових полів.
4. У мінеральному складі долериту Апрельського родовища виявлені циркон та бадделіт, що потенційно придатні для подальшого U-Pb ізотопного датування.
5. Подальші дослідження слід спрямувати на вивчення геохімічних особливостей дайок основних порід Апрельського родовища та визначення віку їх утворення методами ізотопної геохронології.

#### **Список літератури / References**

1. Белевцев Я.Н. Генетические типы и закономерности размещения урановых месторождений Украины / Белевцев Я.Н., Коваль В.Б., Бакаржиев А.Х. – К.: Наукова думка, 1995. – 396 с.
- Belevtsev, Ya.N., Koval, V.B., Bakarzhiev, A.Kh. (1995), *Geneticheskiye tipy i zakonornosti razmeshcheniya uranovykh mestorozhdeniy Ukrainy* [Genetic Types and Regularities of Location of Uranium Deposits in Ukraine], Naukova Dumka, Kiev, Ukraine.
2. Калашник А.А. Геолого-структурные особенности проявления эндогенного уранового оруденения в Орехово-Павлоградской минералогической зоне Украинского щита / А.А. Калашник // Науковий вісник НГУ. – 2012. – № 2. – С. 11–19.
- Kalashnik, A.A. (2012), “Geological and structural features of occurrences in the Orekhovo-Pavlograd mineralogical zones of the Ukrainian Shield”, *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, Vol. 2, pp. 11–19.
3. Михальченко І.І. Актинолітова фація апобазитових лужних натрієвих метасоматитів / І.І. Михальченко, В.О. Синицин // Геохімія та рудоутворення. – 2012. – Вип. 33. – С. 77–87.
- Mikhalychenko, I.I. and Sinitsin, V.O. (2012), “Actinolite apobasitic facies of alkaline sodium metasomatites”, *Geokhimiya ta Rudotvorennia*, Vol. 33, pp. 77–87.
4. Перспективы коренной алмазности Украины / [Гейко Ю.В., Гурский Д.С., Лыков Л.И. и др.] – Киев-Львов: Издательство «Центр Европы», 2006. – 200 с.
- Geyko, Yu.V., Gurskiy, D.S., Lykov, L.I., Metalidi, V.S., Pavlyuk, V.N., Prikhodko, V.L., Tsybmal, S.N.

and Shymkiv, L.M. (2006), *Perspektivy korennoy almazonosnosti Ukrainy* [Prospects of Basic Diamond Productivity in Ukraine], Publishing House Tsentr Yevropy, Kyiv, Lviv, Ukraine.

5. Геохронология раннего докембрия Украинского щита. Протерозой / [Щербак Н.П., Артеменко Г.В., Лесная И.М. и др.] – К.: Наукова думка, 2008. – 240 с.

Shcherbak, N.P., Artemenko, G.V., Lesnaya, I.M., Ponomarenko, A.N. and Shumlyanskiy, L.V. (2008), *Geokhronologiya rannego dokembriya Ukrainського Shchita* [Geochronology of Early Precambrian of the Ukrainian Shield, Proterozoic], Naukova dumka, Kiev, Ukraine.

6. Bogdanova S.V. Late Palaeoproterozoic mafic dyking in the Ukrainian Shield of Volgo-Sarmatia caused by rotation during the assembly of supercontinent Columbia (Nuna) / S.V. Bogdanova, O.B. Gintov, D.M. Kurlovich, N.V. Lubnina, K.M. Nilsson, M.I. Orlyuk, I.K. Pashkevich, L.V. Shumlyansky, V.I. Starostenko // *Lithos.* – 2013. – 156. – P.1–21.

Bogdanova, S.V., Gintov, O.B., Kurlovich, D.M., Lubnina, N.V., Nilsson, K.M., Orlyuk, M.I., Pashkevich, I.K., Shumlyansky, L.V. and Starostenko, V.I. (2013), "Late Palaeoproterozoic mafic dyking in the Ukrainian Shield of Volgo-Sarmatia caused by rotation during the assembly of supercontinent Columbia (Nuna)", *Lithos*, no.156, pp. 1–21.

7. Вишневская Е.А. Петрографическая характеристика долеритов Розановского дайкового поля (Ингульский мегаблок Украинского щита): материалы V Всеукраїнської наукової конференції-школи „Сучасні проблеми геологічних наук“, м. Київ, 15–19 квітня 2013 / Е.А. Вишневская, А.В. Митрохин, В.В. Загородний – К., 2013. – С.1–4.

Vishnevskaya, Ye.A., Mitrokhin, A.V. and Zagorodny, V.V., (2013), "Petrographic description of dolerites of Rozanovka Dyke Field (Ingul Region of the Ukrainian Shield)", *Proc. of the 5th All-Ukrainian Scientific Conference-School "Modern Problems of Geological Sciences"*, April 15-19, 2013, Kyiv, Ukraine, pp. 1–4.

**Цель.** Выяснение возможностей использования минералого-петрографических особенностей дайковых пород основного состава, измененных низкотемпературными постмагматическими процессами, для определения их формационной принадлежности, а также для решения практических вопросов геологического расчленения и корреляции дайковых образований Ингульского мегаблока Украинского щита.

**Методика.** Объектом исследования была базитовая дайка, выявленная при бурении на площади Апрельского урановорудного месторождения и относящаяся к Бобринецкому дайковому поясу. Подвергшаяся низкотемпературным постмагматическим преобразованиям дайковая порода всесторонне исследовалась с применением методов оптической и электронной микроскопии. Для изучения химического состава главных породообразующих минералов, а также диагностики акцессорных и вторичных минералов, использовался электронно-микронный анализ.

**Результаты.** Установлено, что, независимо от степени постмагматических изменений, все изученные образцы характеризуются относительно хорошей сохранностью первичных минералого-петрографических особенностей гипабиссальных магматических пород основного состава нормального ряда щелочности из семейства долеритов, относящихся к толеитовой серии. Их индикаторными характеристиками являются: лишенная вкрапленников офитовая структура, высокоосновные лабрадор-битовнитовые плагиоклазы, сосуществующие низко- и высококальциевые клино-пироксены, предполагаемое по псевдоморфозам присутствие магнезиальных оливинов, титаномagnetит-ильменитовый парагенезис Fe-Ti оксидно-рудных минералов. Характерными акцессорными минералами изученного долерита являются циркон и бадделейт, потенциально пригодные для дальнейшего U-Pb изотопного датирования.

**Научная новизна.** Авторами впервые сделан вывод о том, что долерит Апрельского месторождения сходен со многими ранее описанными дайковыми представителями долерит-диабазовой (трапповой) формации докембрия. Его ближайшими аналогами в пределах Ингульского мегаблока являются оливиновые долериты Розановского и Новоукраинского дайковых полей.

**Практическая значимость.** Выявленные индикаторные характеристики долерита Апрельского месторождения в дальнейшем можно использовать для идентификации его аналогов как на площади Ингульского мегаблока, так и за его пределами.

**Ключевые слова:** петрография, базитовые дайки, Украинский щит

**Purpose.** Clarification of the potential for use of mineralogical-petrographical features of the basic dyke rocks changed by low-temperature post-magmatic processes for definition of their belonging to defined rock association and for solution of practical questions of geological partition and correlation of the dyke complexes in the Ingul Megablock of the Ukrainian Shield.

**Methodology.** The basic dyke revealed at drilling on the Aprelskoye uranium-ore deposit and belonging to the Bobrinets dyke vein system was the object of the research. The dyke rocks undergone to low-temperature post-magmatic transformations have been investigated comprehensively with application of optical and electron microscopy. The electron microprobe analysis was used for studying of the chemical composition of the main rock-forming minerals and also diagnostics of accessory and secondary minerals.

**Findings.** We have established that, irrespective of extent of the post-magmatic changes, all studied samples are characterized by rather good safety of primary mineralogical and petrographical features appropriated to the hypabyssal basic magmatic rocks of normal alkalinity from the dolerites family relating to tholeiitic series. Their indicator characteristics are: aphyric ophitic texture; high-basic labrador-bytownite plagioclases coexisting with low- and high-basic monoclinic pyroxene; magnesia olivine presence assumed by pseudomorphoses; Ti-magnetite-ilmenite paragenesis of Fe-Ti oxide-ore minerals. Characteristic accessory minerals

of the studied dolerites are zircon and baddeleyite which is potentially suitable for further U-Pb isotope dating.

**Originality.** For the first time the authors have concluded that the dolerites of the Aprelskoye deposit are similar to many earlier described dyke representatives of dolerite-diabase (plateau basalt) association of the Precambrian. Their closest analogues within the Ingul Megablock are olivine dolerites belonging to Rozanovka and Novoukrainka dyke fields.

УДК 549:353.31:553.8 (477.63)

**В.О. Андрейчак,**

**В.Д. Євтехов, д-р геол.-мін. наук, проф.**

**Practical value.** The indicator characteristics of dolerites of the Aprelskoye deposit can be used further for identification of their analogues both inside and outside the Ingul Megablock.

**Keywords:** *petrography, basic dykes, Ukrainian Shield*

*Рекомендовано до публікації докт. геол. наук В.Ф. Грінченком. Дата надходження рукопису 29.02.14.*

Державний вищий навчальний заклад „Криворізький національний університет“, м. Кривий Ріг, Україна, e-mail: mineralogia.knu@mail.ru; evtekhov@gmail.com

## ПРОЯВИ СОКОЛИНОГО ТА ТИГРОВОГО ОКА КРИВОРІЗЬКОГО БАСЕЙНУ

**V.O. Andreichak,**

**V.D. Yevtekhov, Dr. Sci. (Geol.-Min.), Professor**

State Higher Educational Institution “Kryvyi Rih National University”, Kriviy Rih, Ukraine, e-mail: mineralogia.knu@mail.ru; evtekhov@gmail.com

## HAWK'S EYE AND TIGER'S EYE MANIFESTATIONS WITHIN KRYVYI RIH BASIN

**Meta.** Навести загальні відомості щодо проявів соколиного й тигрового ока Криворізького басейну, дати геологічний опис пріоритетних об'єктів, визначити закономірності їх поширення в розрізі саксаганської світи, охарактеризувати стадійність утворення самоцвіту обох різновидів.

**Методика.** Геологічне картування з мінералогічним опробуванням проявів соколиного та тигрового ока. Мікроскопічні дослідження з використанням петрографічних і мінераграфічних мікроскопів.

**Результати.** Прояви й точки мінералізації соколиного та тигрового ока зустрічаються в межах усіх без винятку родовищ Криворізького басейну. Найбільше поширення й масштаби мінералізації характерні для центральної частини Саксаганського залізрудного району Кривбасу в межах Глеюватського родовища бідних магнетитових руд і родовища багатих гематитових руд шахти „Ім. М.В. Фрунзе“. Прояви самоцвітів тут мають систематичний характер. Для низки родовищ північної та південної частин Саксаганського залізрудного району, а також Південного, Північного, Інгулецького залізрудних районів характерні епізодичні, поодинокі знахідки прожилків сірого, блакитного, синього соколиного, іноді зеленувато-сірого котячого ока. Утворення соколиного ока сірого кольору пов'язане з окварцуванням кумінгтонітового азбесту, яким вивінені альпійські прожилки в магнетит-кумінгтонітових (так званих „малорудних“) кварцитах сьомого сланцевого горизонту саксаганської світи. Соколине око блакитного й синього кольору утворювалось як наслідок трьох різних геологічних процесів – окварцування паралельно-волокнистих агрегатів магнезюрібекіту в альпійських прожилках з магнетит-магнезюрібекітових, магнетит-кумінгтоніт-магнезюрібекітових кварцитів сьомого сланцевого горизонту; окварцування паралельно-волокнистих агрегатів епігенетично-рибекітизованого первинного кумінгтоніт-азбесту внаслідок натрієвого метасоматозу. Котяче око являє собою окварцований паралельно-волокнистий агрегат кумінгтонітового, іноді актинолітового азбесту з домішкою дрібних лускуватих кристалів хлориту, що надає самоцвіту характерне зеленувато-сіре забарвлення. Тигрове око є продуктом гіпергенних змін усіх кольорових різновидів соколиного й котячого ока.

**Наукова новизна.** Встановлені закономірності поширення соколиного й тигрового оков межах Криворізького басейну. Охарактеризована стадійність формування основних кольорових різновидів цих самоцвітів.

**Практична значимість.** Одержані дані використовуються при пошуках їх проявів, сприяють підвищенню ефективності використання комплексної мінерально-сировинної бази залізрудних родовищ Кривбасу.

**Ключові слова:** *залізисто-кремниста формація, Криворізький басейн, мінералогія, соколине око, тигрове око*

**Постановка проблеми.** До найбільш актуальних сучасних проблем гірничодобувної галузі промисловості України відноситься підвищення ступеню комплексного використання надр. Її вирішення вимагає всебічних знань складу, будови, мінералогічних особ-

ливостей геологічних об'єктів. Розв'язання цієї проблеми значною мірою залежить від якості виконання геолого-мінералогічних досліджень рудних регіонів, в яких зосереджений основний мінерально-сировинний потенціал держави [1]. До них належить Криворізький залізрудний басейн, надра якого містять не тільки унікальні запаси бідних і багатих залізних руд, але й