

УДК 552.331 (477.7)

С.Г. Кривдік¹, В.В. Шаригін^{2,3}, В.О. Гаценко¹, Є.С. Луньов¹

¹ Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення
ім. М.П. Семененка НАН України
03142, м. Київ, Україна, пр-т Акад. Палладіна, 34
E-mail: kryvdik@ukr.net, vera.gatsenko@ukr.net; lunev_00@ukr.net

² Федер. держ. бюджет. установа науки
Інститут геології і мінералогії ім. В.С. Соболева СВ РАН
630090, м. Новосибірськ, РФ, пр-т Акад. Коптюга, 3

³ Федер. держ. бюджет. освіт. установа вищ. проф. освіти
Новосибірський державний університет
630090, м. Новосибірськ, РФ, вул. Пирогова, 1
E-mail: sharygin@igm.nsc.ru

НОВА ДАЙКОВА ПОРОДА У ПОКРОВО-КИРІЇВСЬКОМУ МАСИВІ (ПРИАЗОВ'Я, УКРАЇНА)

У Покрово-Киріївському масиві (Приазов'я, Україна) виявлено новий тип дайкової породи, яка перетинає нефелінові сієніти (ювіти). Це перша знахідка січного тіла, яке є пізнішим від нефелінових сієнітів цього масиву. Основна маса породи складається з калішпату, клінопіроксену, флогопіту, магнетиту, ільменіту і кальциту. Також у породі виявлено дрібні зерна фторопатиту, титаніту та сульфідів (пірит, халькопірит). Зафіксовано мінерал, попередньо діагностований як Sr-епідот (11—13 % SrO). За результатами мікрозондового аналізу піроксен мікротрапелеників має склад магнезійного саліту з підвищеним вмістом TiO₂ (до 4,8 мас. %) і Al₂O₃ (до 6,2 мас. %), а флогопіт характеризується високим вмістом TiO₂ (до 9,7 мас. %) і BaO (до 3,6 мас. %). За мінеральним складом і структурою породи можна формально віднести до кальцитовмісного меланократового шонкініту. На діаграмі SiO₂ — (Na₂O + K₂O) вона розміщується в полі мелілітолітів. *Об'єктом дослідження* цієї статті є мінералого-петрографічні особливості та хімічний склад дайкової породи, яка виявлена в нефелінових сієнітах (ювітах) Покрово-Киріївського масиву. До цього часу нефелінові сієніти відносилися до найпізнішої (третьої) інтрузивної фази Покрово-Киріївського масиву. *Мета роботи* — детальне дослідження на сучасному рівні речовинного складу дайкової породи та петрогенетична інтерпретація результатів. Хімічний склад мінералів дайки визначено за допомогою методу мікрозондового аналізу з використанням сканувального електронного мікроскопа MIRA 3 LMU (Tescan Ltd), обладнаного системою мікроаналізу INCA Energy 450 XMax-80 (Oxford Instruments Ltd), в Інституті геології і мінералогії ім. В.С. Соболева СВ РАН. Речовинний склад порід визначено методом силікатного аналізу в хімічній лабораторії Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України. *Висновки*: Наявність пізніших від нефелінових сієнітів (ювітів) дайкових меланократових порід свідчить про більш складну послідовність формування Покрово-Киріївського масиву. На загальному тлі переважно гомодромної послідовності виверження магматичних порід локально проявляється антидромна послідовність.

Ключові слова: Покрово-Киріївський масив, Приазов'я, дайка, нефеліновий сієніт, Ti-Ba-флогопіт, титаністий діопсид-саліт, антидромна послідовність порід.

Вступ. Девонський Покрово-Киріївський масив розташований у зоні зчленування Приазовського мегаблоку Українського щита (УЩ) та складчастої структури Донбасу. Масив складений сублужними й лужними повнокристалічними, дайковими та вулканічними породами. Нефелінові породи — маліньїти та нефелінові сієніти (ювіти) утворюють інтрузію в складі Покрово-Киріївського масиву. Масив нефелінових сієнітів залягає серед протерозойських гранітів, граносієнітів і гранодіоритів, які відносять до хлібодарівського комплексу. Попередніми дослідниками в маліньїтах та ювітах відмічено ксеноліти

меланократових порід, але їхньої точної діагностики не наведено, вони названі габроїдами, перидотитами або брекчіями ультраосновного складу. Автори раніше детально дослідили мінеральний склад одного з таких ксенолітів у маліньїтах, представлений суттєво флогопітовою породою з рихтеритом [8]. Було зроблено висновок про склад первинної породи цього зміненого ксеноліту.

Нефелінові сієніти відносяться до третьої магматичної фази Покрово-Кириївського масиву, після основних-ультраосновних порід першої фази та вулканітів основного складу — другої [1, 2]. Виходячи з цього, можна було б вважати нефелінові сієніти найпізнішими породами. Проте під час досліджування зразків керну нефелінових сієнітів було виявлено, що вони перетинаються темною, майже чорною дайковою породою з утворенням криптокристалічної ендоконтактової зони закалу на контакті. Це не узгоджується з висновками попередніх дослідників про наведену вище послідовність формування магматичних порід Покрово-Кириївського масиву.

Зазначимо, що наші дослідження дайки з нефелінових сієнітів, за результатами яких підготовлено цю статтю, виконано за колекціями порід відділу регіональної та генетичної мінералогії та частково — І.Д. Царовського з фонду керносховища Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка (ІГМР) НАН України. У попередніх публікаціях нами детально розглянуті маліньїти та нефелінові сієніти (ювіти) Покрово-Кириївського масиву [8, 11].

Мета роботи — детальне дослідження на сучасному рівні речовинного складу вперше виявленої дайкової породи, що перетинає нефеліновий сієніт (ювіт), який відносився раніше до найпізнішої (третьої) інтрузивної фази Покрово-Кириївського масиву, та петрогенетична інтерпретація результатів.

Методи дослідження. Петрографічні дослідження шліфів, під час яких визначено мінерали дайкової породи та її взаємовідношення з вмісними нефеліновими сієнітами, виконано в ІГМР НАН України за допомогою оптичного поляризаційного мікроскопа *ECLIPSE LV100POL (Nikon)* у наскрізному та відбитому світлі. Хімічний склад мінералів нефелінових сієнітів визначено за допомогою методу мікрозондового аналізу з використанням сканувального електронного мікроскопа *MIRA 3 LMU (Tescan Ltd)*, обладнаного системою мікроаналізу *INCA Energy 450 XMax-80 (Oxford Instruments Ltd)*, в Інституті геології і мінералогії ім. В.С. Соболева СВ РАН, Новосибірськ, аналітик В.В. Шаригін. Отримано фотографії у зворотно-розсіяних електронах (*BSE*) та карти розподілу елементів для мінеральних асоціацій, а також виконано кількісний аналіз мінералів. Умови аналізу з використанням енергодисперсійного спектрометра (*EDS*-метод): прискорювальна напруга — 20 кВ, струм електронного пучка — 1,5 нА, час набору спектрів — 20 с. Як зразки для

порівняння використано переважно прості хімічні сполуки та метали: SiO_2 (Si, O), Al_2O_3 (Al), діопсид (Mg, Ca), альбіт (Na), ортоклаз (K), $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$ (P), BaF_2 (Ba, F), пірит (S), CsRe_2Cl_6 (Cs, Cl), Ti, Fe, Mn, Zn та ін. Для кількісної оптимізації (нормування на струм зонда та калібрування спектрометра за енергією) використано металічний Co. Речовинний склад порід визначено методом силікатного аналізу в хімічній лабораторії ІГМР НАН України, аналітик О.П. Красюк.

Особливості будови дайкової породи. Спостереження в шліфах показують, що досліджувана дайкова порода в ендоконтактовій частині є олівінвмісною. Дрібні вкрапленики олівіну, що заміщені вторинними серпентиноподібними мінералами, включені у слабкорозкристалізовану криптозернисту темну основну масу (рис. 1, *a*). Однією з цікавих особливостей мінерального складу самої дайкової породи є утворення в ендоконтактній частині скелетних кристалів олівіну, інколи з "гарпуноподібними" наконечниками, які ми спостерігаємо псевдоморфно заміщеними серпентиноподібним мінералом (рис. 1, *c*). У більш розкристалізованій частині дайки олівін не траплявся.

В ендоконтактовій частині дайки поруч із реакційним олівіном спостерігаються уламки мінералів нефелінового сієніту [11]: зміненого польового шпату, досить свіжого зеленого піроксену та яскраво оранжевого біотиту (рис. 1, *a, b*), що захоплені дайкою. У цих мінералах наявні чіткі прямолінійні контакти (рис. 1, *d*). Це свідчить про нетривалий вплив розплавленої речовини дайки на захоплені мінерали. Отже, в ендоконтактовій швидко охолодженій частині викристалізувалися скелетні кристали олівіну, подібні до таких, які отримано експериментально [19]. Скелетні кристали олівіну та піроксену характерні також для коматитів та деяких пікритів. Одному з авторів — С.Г. Кривдіку подібні скелетні кристали олівіну доводилося спостерігати в ендоконтактах дайкових основних порід Кіровоградського району.

Структура дайкової породи та її мінеральний склад. Досліджувана порода має масивну текстуру (рис. 2, *a*) на переважній площі розкриття — у керновому зразку. Вона є криптозернистою, темною, до чорної, з дрібною вкрапленістю світлоколірних мінералів та нерівномірною — сульфідів (піриту).

Під мікроскопом у загальній масі породи вирізняються більші за розміром видовжені мікроліти піроксену (0,1—0,3 мм), мікроскопічні (до 0,05—0,1 мм) зерна неправильної форми салічних мінералів (калішпату та кальциту) (рис. 2, *a*), майже пилюваті зерна (0,05 мм та менші) рудних мінералів та лусочки слюд (близько 0,01 мм) (рис. 2, *b*).

За умов значного збільшення під час мікрозондового дослідження виявлено, що основна маса породи складається з калішпату, кальциту, клінопіроксену, слюди, Ti-магнетиту, ільменіту, фторопатиту, титаніту, сульфідів (піриту й халькопіриту). Вміст головних мінералів породи важко однозначно оцінити. Імовірно, що кальцит є первинним магматичним мінералом

дайкової породи, позаяк він асоціює з незміненими піроксеном і слюдою. Окрім того, в породі під час мікрозондового дослідження було виявлено силікатний мінерал, попередньо діагностований як Sr-епідот.

У породі не зафіксовано скло та зовсім мало водовмісних вторинних силікатів, окрім ділянок хлоритизованої слюди, яка встановлена за допомогою мікрозондового аналізу. Ймовірно, це пояснюється тим, що розплави лужних порід, до яких за своїм хімічним складом належить досліджувана дайкова порода, зазвичай добре розкристалізуються без вулканічного скла або з незначною його кількістю.

Особливості речовинного складу мінералів. *Калішпат* є головним мінералом дайкової породи. Він присутній у вигляді дрібних зерен неправильної форми з частими включеннями інших мінералів (рис. 3, *a, b*). Згідно з результатами мікрозондового аналізу, він представлений майже чистим калієвим різновидом $An_{0-4}Ab_{0-2}Or_{94-100}$. У більшості аналізів фіксується незначний вміст ВаО (0,3—0,7 мас. %), вміст Na_2O не перевищує 0,2 мас. %, а СаО — 0,9 мас. %, вміст FeO в одному з аналізів становить 1,1, у решти — 0,2—0,6 мас. %. Цікаво зазначити, що в калішпаті вміст Na_2O виявився навіть дещо нижчим, ніж у флогопітах (в останніх вміст Na_2O досягає 0,9 мас. %). Ймовірно, калішпат дайкової породи належить до санідину, враховуючи те, що він складений суттєво калієвою фазою та утворений в умовах швидкої кристалізації.

Клінопіроксен наявний у вигляді дрібних видовжених мікролітів, які можна побачити під мікроскопом, про них згадувалося вище, та більш ізометричних табличок в основній масі породи. Ці дрібні таблички основної маси, розміром до 100 μm можна роздивитися на фотографіях у відбитих електронах (рис. 3, *a, b*). В шліфах мікроліти жовтуваті з коричнювато-рожевим відтінком. Загалом хімічний склад клінопіроксенів відповідає висококальцієвим різновидам з підвищеним вмістом TiO_2 та Al_2O_3 (2,9—4,8 і 3,3—6,2 мас. % відповідно) (табл. 1). На діаграмі Хесса вони розташовуються в полі магнезійного саліту на межі з діопсидом (рис. 4). Вміст волстонітового компонента ($CaSiO_3$) в клінопіроксені варіює в межах 46—49 %, ферисилітового ($FeSiO_3$) — 12—18, а енстатитового — 36—42 % (табл. 1). Вміст натрію доволі низький, лише на краю одного з мікрівкраплеників досягає 1,1 мас. % Na_2O .

Піроксени такого складу характерні для базитів сублужного і лужного ряду міаскітової серії. Принагідно зазначимо, що досліджувані клінопіроксени подібні до однойменних мінералів із дайок сублужних габроїдів Покрово-Кириївського масиву, які ми досліджували раніше [9], та дуже схожі за вмістом TiO_2 , Al_2O_3 , СаО на піроксени ультрамафітових дайок Новоукраїнського дайкового поля [14].

Слюда за хімічним складом виявилася, на нашу думку, найцікавішим і значною мірою незвичним мінералом (табл. 2). У шліфах слюда має коричнювато-оранжеве досить яскраве

забарвлення та пряму схему абсорбції. За хімічними параметрами вона визначається як флогопіт. На діаграмі в координатах аніт — флогопіт — сидерофіліт — істоніт точки флогопіту з досліджуваної дайки розташовуються недалеко від межі з анітом, принаймні досліджуваний флогопіт є більш залізистим, ніж у дайкових габроїдах Покрово-Київського масиву (рис. 5) [10]. Водночас, флогопітам цієї дайки, попри підвищений вміст заліза та високу лужність породи, притаманний досить невисокий вміст MnO (до 0,4 мас. %). Нагадаємо, що особливістю хімічного складу слюд нефелінових сієнітів є високий вміст MnO (3,1—5,1 мас. %) [11]. Проте ці флогопіти відрізняються принаймні від відомих флогопітів із різних порід Приазов'я та й України загалом високим вмістом титану (до 9,7 мас. % TiO_2) за значних варіацій його вмісту (найменше значення TiO_2 дорівнює 1,5 мас. %), а також підвищеним вмістом барію (до 3,6 мас. % BaO). Такі слюди трапляються в породах досить рідко. Досліджуваний флогопіт дещо подібний до слюд мегакристів із камптонітів Хлібодарівського масиву (Приазов'я), в яких вміст TiO_2 досягає 7,5 мас. %, BaO — близько 1 мас. % [13]. Решта слюд із підвищеним вмістом TiO_2 із різних лужних порід України (наприклад, Антонівського масиву Побужжя) та навіть із дайкових сублужних габроїдів Покрово-Київського масиву [10] характеризуються низьким вмістом барію, який у багатьох випадках нижче від чутливості приладу. Водночас високобарієві слюди кальцифірів УЩ мають незначний вміст титану [15].

Слюди з вмістом BaO до 12 %, а TiO_2 до 7 % властиві для лейцититів оз. Урмія (Іран) [7]. Слюди з високим вмістом титану і барію, кінцевий член яких відповідає формулі $Ba(Mg, Fe)_2Ti[Al_2Si_2O_{10}]O_2$ називаються оксикіношталітами. У природі вони трапляються вкрай рідко, хоча були експериментально отримані. Огляд стосовно таких слюд зроблено в публікації [7]. Якщо у формулі оксикіношталіту кількість катіонів Ti й Ba становить по одній формульній одиниці, то в титанистому флогопіті з досліджуваної дайки досягає 0,5 Ti та лише 0,1 Ba (табл. 2). Як видно з рис. 6, порівнювані Ba-Ti слюди з досліджуваної дайки та лейцититів оз. Урмія мають різні співвідношення BaO і TiO_2 — у досліджуваних слюдах вміст титану переважає над вмістом барію, в іранських — навпаки. На діаграмі флогопіт-кіношталіт-оксифлогопіт-оксикіношталіт слюди з досліджуваної дайки розташовуються переважно в полі флогопіту і частково — у нижній половині поля титанового оксифлогопіту ($K(Mg, Fe)_2Ti[AlSi_3O_{10}]O_2$).

Ще однією з цікавих особливостей хімізму слюд досліджуваної дайки є пряма кореляція між вмістом TiO_2 та BaO (рис. 6) і зворотна — між TiO_2 та FeO (рис. 7). Також у процесі мікросондових досліджень було зафіксовано значні варіації вмісту TiO_2 та FeO в центрі й на краю досліджуваних лусочок. У табл. 2 це точки 6 (центр) і 7 (крайова частина) та 8 (центр) і 9 (край), що зображені на рис. 3, b. У першій точці TiO_2 змінюється від 9,7 мас. % в центрі до 4,7 мас. % на краю, FeO зростає від 13,5 мас. % в центральній частині до 18,7 мас. % — в крайовій.

В іншій лусочці варіації не такі значні, але помітні: TiO_2 зменшується від 9,7 до 6,4 мас. % від центру до краю, FeO зростає від 13,1 до 15,4 мас. % відповідно.

Вміст фтору в досліджуваних флогопітах виявився нижчим за чутливість приладу.

Завершуючи коротку характеристику титанистого флогопіту з підвищеним вмістом барію, зазначимо, що Ва-Ті-слюди характерні переважно для лужних і сублужних порід калієвої серії.

Кальцит є другорядним мінералом основної маси дайкової породи. Агрегати кальциту заповнюють тонкі тріщини (рис. 1) та трапляються в породі у вигляді дрібних зерен неправильної форми (рис. 2). За умови первинності цього мінералу він може мати важливе петрогенетичне значення (про це йтиметься нижче). У більшості випадків у кальциті фіксується низький вміст елементів-домішок — SrO (до 0,3 мас. %) і FeO (до 0,4 мас. %), хоча в одному аналізі було визначено, мас. %: 2,2 SrO ; 0,7 FeO ; 0,3 MgO , що уподібнює його до кальциту карбонатитів.

Магнетит доволі поширений мінерал досліджуваної дайкової породи. Він присутній у вигляді дрібних поодиноких зерен неправильної форми частіше з кавернозною поверхнею (рис. 3, b). Хімічний склад мінералу характеризується підвищеним вмістом TiO_2 (до 7,2 мас. %) і V_2O_3 (до 0,5 мас. %), що властиво для магнетиту магматичних порід. Вміст MnO незначний (до 0,3 мас. %).

Ільменіт також є наскрізним мінералом дайкової породи, хоча його менше, ніж магнетиту. Він утворює окремі мікроскопічні виділення в інших мінералах (рис. 3, a) або зростки з піритом, також спостерігається в оточенні титаніту (рис. 3, b). В ільменіті постійно фіксується значна домішка MnO (до 4,7 мас. %), що властиво для ільменітів лужних порід, іноді встановлено підвищений вміст V_2O_3 (до 0,6 мас. %).

Пірит утворює окремі зерна неправильної форми у криптозернистій основній масі породи, інколи відносно великі за розміром — 200—300 μm , але частіше 5—30 μm (рис. 3, a). Судячи з низького вмісту сірки в породі (0,06 %), кількість сульфідів тут незначна. Також мікросондовими дослідженнями було виявлено поодинокі мікроскопічні (близько 5 μm) зерна *халькопіриту*.

Титаніт звичайний мінерал дайки. Він утворює мікроскопічні виділення, які не визначаються під мікроскопом, навіть за великого збільшення. На зображеннях у відбитих електронах титаніт спостерігається у вигляді зерен неправильної форми скелетного вигляду (рис. 3, b, зерно у верхній частині знімку) та в асоціації з ільменітом, про що згадувалось вище (рис. 3, b, нижня частина знімку). Імовірно, більшість мікроскопічних зерен на цьому знімку, що є включеннями в калішпаті, теж представлені титанітом, але це не підтверджено мікросондовим аналізом. Майже у всіх аналізах титаніту є значний вміст фтору — до 2,3 мас.

%). Водночас у титаніті низький вміст ніобію (нижче чутливості приладу) — характерного елемента-домішки в ільменітах лужних порід. Проте цікавою є наявність натрію в деяких аналізах титаніту, а в одному з них зафіксовано 0,9 мас. % Na_2O , при тому, що власних мінералів натрію в породі не зафіксовано. Зауважимо, що у титаніті з нефелінових сієнітів вміст Na_2O сягає 1,2 мас. %.

Апатит — типовий акцесорний мінерал породи. Він утворює мікроскопічні голкоподібні тонкі кристалики, до 50 μm за видовженням (рис. 3, а, с), які через малі розміри не маємо змоги кількісно проаналізувати (пучок мікрозонда захоплює сусідні мінерали). Кількість апатиту в породі, розрахована за вмістом P_2O_5 , приблизно відповідає 2 %. Наявні результати мікрозондового аналізу свідчать про належність мінералу до фторапатиту (вміст фтору від 2,3 до 2,8 мас. %) та підвищений вміст в ньому SrO (до 2,4 мас. %). Високий вміст SrO в апатиті є характерною ознакою цих мінералів із малінітів та ювітів Покрово-Киріївського масиву [8, 11, 17], але вміст SrO в апатиті цих порід набагато вищий (до 23,4 та 16,5 мас. % відповідно) ніж у цьому мінералі досліджуваної дайки.

Також у результаті мікрозондового дослідження виявлено мінерал, якій за хімічним складом діагностовано як *стронцієвий епідот*. Розмір більшого зерна неправильної форми досягає приблизно 20 μm (рис. 3, с). Результати двох мікрозондових аналізів доволі добре розраховуються на формулу епідоту. Вміст SrO в мінералі становить 11,4—13,5 мас. % (0,57—0,68 ф. о.), що є дуже високим для епідоту. Мінерал заслуговує детального дослідження за умов знахідки більших за розміром кристалів.

Гранат — так названо висококальцієвий (34,4—34,5 мас. % CaO) алюмосилікат з підвищеним вмістом заліза. У відбитих електронах це мінерал неправильної форми розміром 10—20 μm за видовженням (рис. 3, с). Склад розраховано за катіонним методом (на 8 катіонів) на формулу андрадиту — гросуляру — $\text{Ca}_3(\text{Fe}, \text{Al})_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$. У цих розрахунках виявлено деякий надлишок Ca та дефіцит Si . Була спроба розрахувати цей мінерал на формулу мінералів із групи меліліту — геленіту ($\text{CaAl}(\text{AlSiO}_7)$) — феригеленіт $\text{Ca}_2\text{Fe}^{3+}(\text{AlSiO}_7)$, хоча, як відомо, ці мінерали не кристалізуються разом з польовими шпатами.

Мінерал також потребує додаткових досліджень, оскільки не зовсім зрозумілою є наявність у ньому фтору (1,7—1,8 мас. %), тоді як навіть у флогопіті з цієї породи фтор відсутній (табл. 3).

Хімічний склад дайкової породи представлений в таблиці 4 (ан. 1). Головною особливістю досліджуваної дайки є високий вміст K_2O (4,4 мас. %), за невисокого вмісту кремнезему (37,1 мас. %). На діаграмі SiO_2 — (Na_2O — K_2O) дайка із ювітів посідає окреме місце в полі мелілітолітів, не перетинаючись з полем дайок сублужних габроїдів Покрово-Киріївського масиву (рис. 8), які в області ультраосновних порід розташовуються в полях

лужних пікритів [3, 16]. Вміст K_2O у досліджуваній дайці в 2,6 рази перевищує вміст Na_2O , вона належить до калієвої серії, що теж відрізняє цю дайку від інших ультраосновних дайкових тіл Покрово-Кириївського масиву. Підвищений вміст калію тут пов'язаний із наявністю калішпату як єдиного польового шпату в породі, та присутністю породоутворювального флогопіту.

У досліджуваній дайці відмічається підвищений вміст глинозему (11,2 мас. %), це для ультраосновних порід (за вмістом SiO_2) припустимо тільки для таких лужного ряду. Цій дайковій породі та іншим дайкам масиву властивий підвищений вміст TiO_2 , що пояснюється присутністю ільменіту, титаномагнетиту, титаніту і підвищеним вмістом цього оксиду в породоутворювальних піроксені та флогопіті. Ще однією особливістю хімізму досліджуваної дайки є підвищений вміст CaO (11,6 мас. %). Це, як і високий відсоток витрат під час прожарювання, пов'язано з наявністю в породі певної кількості кальциту. В інших дайках масиву CaO варіює від 4,5 до 14,4 мас. %.

Обговорення результатів. На прикладі досліджуваної дайкової породи автори зіткнулися з дилемою: надавати перевагу хімічному чи модальному мінеральному складу породи для визначення її належності до певної родини чи виду. Якщо виходити з хімічного складу цієї породи, то вона є лужною і сильно недонасиченою SiO_2 . Водночас у породі не виявлено ні меліліту, ні власне лужних салічних (фельдшпатоїдів) або фемічних мінералів. Виходячи з модального мінерального складу, який наведено вище, досліджувану породу можна було б віднести до сублужного ряду і назвати її меланократовим (біотит-піроксеновим) кальцитовмісним шонкінітом. Разом з тим, за розрахунками методом *CIPW*, у породі наявні в значній кількості нормативні лейцит (21,8 %) та нефелін (8,3 %). Окрім того, в породі розраховується нормативний олівін і навіть ларніт. Тобто вона сильно недонасичена кремнеземом. Якщо розрахувати частину CaO і в. п. п. (CO_2) на кальцит, який визначено за результатами мікрозондового аналізу, то ця порода **ще** залишається доволі недонасиченою кремнеземом зі значним вмістом нормативного лейциту і діопсиду. Отже, за особливостями валового хімічного складу цю породу можна віднести до меланократового лейцититу або навіть місуриту. Причини розбіжності в модальному та нормативному мінеральному складі породи піднято в одній із публікацій [5]. Річ у тім, що наявна тут слюда (титанистий флогопіт) розраховується, окрім інших другорядних нормативних мінералів, на олівін, лейцит і кальсиліт. До того ж, навіть клінопіроксен (саліт з підвищеним вмістом Al_2O_3 і TiO_2) також є недонасиченим SiO_2 мінералом. Якщо в таких піроксенах є натрій, то в них розраховується нормативний нефелін. Так, вміст останнього становить 5 мас. % у розрахунках одного з аналізів такого піроксену з вмістом 1,12 % Na_2O .

Отже, з трьох головних силікатів досліджуваної дайкової породи — титанистого флогопіту, саліту (з підвищеним вмістом Al_2O_3 і TiO_2), калішпату — перші два є лейцит- та нефеліннормативними. Виходячи з таких даних, варто поставити питання: чому в цій породі не викристалізувався лейцит, кількість якого за розрахунками на норми є досить суттєвою? На даний час можна зробити таке припущення: збагачений калієм розплав, з якого сформувалася досліджувана дайкова порода, почав кристалізуватися в проміжній магматичній камері, де через підвищений тиск замість лейциту (абісофобного мінералу) утворювався флогопіт, а вище на рівні сучасного залягання дайки з залишкового розплаву виділявся калішпат, в якому зосередився залишковий калій. Ймовірно, з такої магматичної камери зі зниженням тиску могли формуватися більш лейкократові калієві розплави, в яких у камері та під час виверження кристалізувався лейцит. Лейцитові (епі- та псевдолейцитові) породи хоча і відомі в Покрово-Кириївському масиві, але їх взаємовідношення з нефеліновими породами (малінітами та ювітами) остаточно не з'ясовано (вони згадуються серед базальтоїдів так званого другого магматичного комплексу [1]).

Лейцитнормативна дайкова порода за хімічним складом має деяку подібність до раніше описаних [4] бергалітів. Останні є мелітвмісними і належать до лужно-ультраосновних порід, характерних для карбонатитових комплексів. Зауважимо, що у досліджуваній породі розраховується (хоча в незначній кількості) нормативний ларніт (Ca_2SiO_4), який разом із діопсидовим міналом компонується як окерманіт ($Ca_2MgSi_2O_7$). Вище зазначалося, що в цій дайковій породі наявний кальцит із підвищеним вмістом SrO (2,2 %), який за цією ознакою подібний до кальциту карбонатитів. **Можливо** досліджувана дайкова порода є спорідненою з карбонатитами і лужно-ультраосновними породами карбонатитового комплексу, який може існувати разом (бути сумісним) з габро-нефелін-сіенітовим комплексом у Покрово-Кириївському масиві. Це частково підтверджується, окрім наявності згадуваних бергалітів, знахідкою ефузивних карбонатитів [18]. Це питання потребує додаткових досліджень.

Коротко зупинимося ще на двох специфічних рисах хімічного та мінерального складу досліджуваної дайкової породи.

Не зовсім зрозумілою є наявність олівіну у вигляді змінених скелетних кристаликів в ендоконтакті дайки і його відсутність (або невиявленість ?) у більш розкристалізованій її частині. Можна припустити, що олівін виділився як мінеральна фаза у зоні закалу, а зі сповільненням швидкості кристалізації розплаву замість олівіну утворилися інші Mg-Fe мінерали (мікроліти клінопіроксену, флогопіту). Певною мірою це нагадує такі випадки як формування олівінвмісних сіенітів у ендоконтактах лужних масивів (Ілімаусацький, Малотерсянський) [6].

Ще однією не зовсім зрозумілою особливістю дайкової породи є, попри її суттєво калієвий (4,4 % K_2O) склад лугів, дещо підвищений вміст Na_2O (1,7 %) за відсутності чи дуже незначної кількості (або невиявленості ?) натрієвих мінералів (і наявності нормативного нефеліну) у розкристалізованій частині дайки. Навіть у калішпаті вміст натрію надто низький, його дещо більше в деяких аналізах флогопіту та клінопіроксену. Можливо, натрієві мінерали є дуже дрібними і вони не зафіксовані під час мікрозондових досліджень.

Знахідка дайкових порід, що перетинають нефелінові сієніти, свідчить про складнішу послідовність виверження гірських порід у Покрово-Киріївському масиві. Всі олівінвмісні ультраосновні та основні, плутонічні і дайкові породи цього масиву попередніми дослідниками були віднесені до першої магматичної фази [1, 2]. Зазначена знахідка показує наявність у цьому масиві також порід ультраосновно-основного досить відмінного складу, які сформувалися пізніше за нефелінові сієніти. Раніше вважалося, що пізнішими від нефелінових порід у зоні зчленування УЩ зі структурою складчастого Донбасу є андезити, шонкініти, монцоніти та/або деякі лампрофіри так званих південно-донбаського та міуського комплексів [1]. Очевидно, що в цьому масиві наявна як гомодромна, так і антидромна послідовність формування магматичних порід.

Висновки. За результатами виконаних досліджень можна сформулювати такі висновки щодо приналежності дайкової породи до певної родини магматичних порід і петрогенезису Покрово-Киріївського масиву загалом:

1. Досліджувана дайкова порода виявилася незвичною для цього масиву і характеризується досить специфічними особливостями хімічного та мінерального складу в порівнянні з дайками сублужних габроїдів Покрово-Киріївського масиву.

2. Головними модальними силікатами дайкової породи є калішпат, клінопіроксен (саліт з підвищеним вмістом Al_2O_3 і TiO_2) та титанистий флогопіт. Водночас порода має хімічний склад мелілітоліту, а за модальним мінеральним складом — шонкініту.

3. Флогопіт вирізняється серед подібних слюд лужних порід України високим вмістом TiO_2 (до 9,7 мас. %) та підвищеним CaO (до 3,6 мас. %).

4. За хімічним складом дайкова порода близька до бергалітів, а наявність кальциту та підвищений вміст апатиту споріднює її з лужно-ультраосновними породами карбонатитових комплексів.

5. Наявність пізніших від нефелінових сієнітів (ювітів) дайкових меланократових порід свідчить про більш складну послідовність формування Покрово-Киріївського масиву. На загальному тлі гомодромної послідовності виверження магматичних порід локально проявляється антидромна послідовність.

Автори вдячні пров. наук. спів. доктору геол. наук Г.О. Кульчицькій за надані зразки нефелінових сієнітів, серед яких один був з досліджуваною дайковою породою.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Базит-гипербазитовый* магматизм и минерагения Восточно-Европейской платформы / Под ред. В.И. Гоньшаковой. — М. : Недра, 1973. — 296 с.
2. *Бутурлинов Н.В.* Магматизм грабенообразных прогибов юга Восточно-Европейской платформы в фанерозое : Автореф. дис. ... д-ра геол.-минерал. наук. — Киев, 1979. — 52 с.
3. *Гаценко В.О., Луньов Є.С.* Нові дані про дайки лужних пікритів та пікробазальтів Покрово-Киріївського масиву Приазовського мегаблоку Українського щита // Вісн. Криворізьк. ун-ту. — 2015. — № 1 (33). — С. 42—48.
4. *Гладких В.С.* Бергалиты Покрово-Киреевской структуры // Докл. АН СССР. — 1972. — 203, № 4. — С. 911—913.
5. *Кривдик С.Г.* Деякі особливості хімізму фемічних мінералів магматичних порід в залежності від їхньої лужності // Мінерал. журн. — 2017. — 39, № 1. — С. 84—99.
6. *Кривдик С.Г., Ткачук В.И.* Петрология щелочных пород Украинского щита. — Киев : Наук. думка, 1990. — 408 с.
7. *Кривдик С.Г., Михайлов В.А., Шарыгин В.В.* Лейцитовые породы озера Урмия, Иран // Мінерал. журн. — 2015. — 37, № 2. — С. 46—62.
8. *Кривдик С.Г., Гаценко В.О., Луньов Є.С., Вишневський О.А., Канунікова Л.І.* Мінералого-петрохімічні особливості маліньїтів Покрово-Киріївського масиву (Приазов'я, Україна) // Мінерал. журн. — 2016. — 38, № 2. — С. 52—69.
9. *Кривдик С.Г., Шаригін В.В., Гаценко В.О., Луньов Є.С.* Піроксени Покрово-Киріївського масиву (Приазов'я, Україна) // Мінерал. журн. — 2016. — 38, № 3. — С. 24—38.
10. *Кривдик С.Г., Шаригін В.В., Гаценко В.О., Луньов Є.С.* Слюди Покрово-Киріївського масиву (Приазов'я, Україна) // Геохімія та рудоутворення. — 2016. — Вип. 37. — С. 5—14.
11. *Кривдик С.Г., Шаригін В.В., Гаценко В.О., Луньов Є.С.* Нефелінові сієніти Покрово-Киріївського масиву (Приазов'я, Україна) // Мінерал. журн. — 2017. — 39, № 2. — С. 29—45.
12. *Кухаренко А.А., Орлова М.П., Багдасаров Э.А.* Щелочные габброиды Карелии (Ельтеозерский массив — петрология, минералогия, геохимия). — Л. : Изд-во Ленингр. гос. ун-та, 1969. — 184 с.
13. *Минералогия Приазовья* / Под ред. Е.К. Лазаренко. — Киев : Наук. думка, 1981. — 432 с.
14. *Митрохин А.В., Вишневская Е.А., Гаценко В.А., Митрохина Т.В., Михальченко И.И., Шумлянський Л.В.* Петрология, геохимия и рудоносность ультрамафических даек Новоукраинского дайкового поля (Ингульский мегаблок Украинского щита) // Мінерал. журн. — 2016. — 38, № 1. — С. 42—57.
15. *Сироштан Р.И., Половко Н.И., Кравченко Г.Л., Спивак С.Д.* Флогопиты Украинского щита / Препр. Ин-т геохимии и физики минералов АН УССР. — Киев, 1975. — 70 с.
16. *Фанерозойский* магматизм Восточного Приазовья Украинского щита и связанные с ним полезные ископаемые (петрология, геохимия и рудоносность) / Е.М. Шеремет, С.Г. Кривдик, Н.А. Козар, С.Н. Стрекозов, Н.В. Вовкотруб, Л.Д. Сетая, И.Ю. Николаев, Н.Г. Агаркова, А.В. Дубина, В.А. Гаценко, Е.С. Лунев. — Киев : ЦП Компринт, 2015. — 317 с.
17. *Шаригін В.В., Кривдик С.Г.* Мінерали рідкісних елементів у маліньїтах Покрово-Киріївського масиву (Україна) та їхній петрогенезис // Мінерал. журн. — 2017. — 39, № 1. — С. 19—35.
18. *Шраменко И.Ф., Стадник В.А., Осадчий В.К.* Геохимия карбонатитов Украинского щита. — Киев : Наук. думка, 1992. — 212 с.
19. *Челищев Н.Ф.* Об эволюции формы оливина в процессе кристаллизации расплава оливинового габбро-норита в экспериментальных условиях // Онтогенические методы исследования минералов. — М. : Наука, 1970. — С. 77—80.

Надійшла 05.04.2017

REFERENCES

1. Gonshakova, V.I. (ed.) (1973), *Mafic-ultramafic magmatism and metallogeny of the East European Platform (platformal stage of evolution)*, Nedra, Moscow, RU, 296 p.
2. Buturlinov, N.V. (1979), *Magmatism of graben-like depressions in the south of the East European Platform in Phanerozoic*, Abstract of D. Sc. dis., Kyiv, UA, 52 p.
3. Gatsenko, V.O. and Lunev E.S. (2015), *Kryvorizkiy Univ. Bulletin*, No. 1 (33), Kryvyi Rih, UA, pp. 42-48.
4. Gladkikh, V.S. 1972), *Dokl. SSSR Acad. Sci.*, Vol. 203, No. 4, pp. 911-913
5. Kryvdik, S.G. (2017), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 39, No. 2, Kyiv, UA, pp. 84-99.
6. Kryvdik, S.G. and Tkachuk, V.I. (1990), *Petrology of alkaline rocks of the Ukrainian Shield*, Nauk. dumka, Kyiv, UA, 408 p.

7. Kryvdik, S.G., Mikhailov, V.A. and Sharygin, V.V. (2015), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 37, No. 2, Kyiv, UA, pp. 46-62.
8. Kryvdik, S.G., Gatsenko, V.O., Lunev, E.S., Vyshnevskiy, O.A. and Kanunikova, L.I. (2016), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 38, No. 2, Kyiv, UA, pp. 52-71.
9. Kryvdik, S.G., Sharygin, V.V., Gatsenko, V.O. and Lunev, E.S. (2016), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 38, No. 3, Kyiv, UA, pp. 24-38.
10. Kryvdik, S.G., Sharygin, V.V., Gatsenko, V.O. and Lunev, E.S. (2016), *Geochemistry and ore formation*, Is. 37, Kyiv, UA, pp. 3-14.
11. Kryvdik, S.G., Sharygin, V.V., Gatsenko, V.O. and Lunev, E.S. (2017), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 39, No. 2, Kyiv, UA, pp. 29-45.
12. Kukhareno, A.A., Orlova, M.P. and Bagdasarov, E.A. 1969), *Alkaline gabbroides from Karelia (Elet'ozerskiy massif - petrology, mineralogy, geochemistry)*, Leningrad gos. Univ. press, Leningrad, RU, 184 p.
13. Lazarenko, E.K., Lavrinenko, L.F., Buchinskaya, N.I., Galiy, S.A., Voznyak, D.K., Galaburda, Yu.A., Zatsiha, B.V., Ivanova, A.V., Kvasnytsya, V.M., Kulchytska, G.O., Kuts, V.P., Melnikov, V.S., Pavlyshyn, V.I. and Turkevich, G.I. (1981), *Mineralogy of Azov region*, Nauk. dumka, Kyiv, UA, 432 p.
14. Mitrokhin, A.V., Vishnevskaya, E.A., Gatsenko, V.O., Mitrokhina, T.V., Mihalchenko, I.I. and Sumlansky, L.V. (2016), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 38, No. 1, Kyiv, UA, pp. 42-57.
15. Siroshant, R.I., Polovko, N.I., Kravchenko, G.L. and Spivak, S.D. (1975), *Phlogopites of the Ukrainian Shield*, Preprint In-t GMR the UkrSSR Acad. Sci., Kyiv, UA, 70 p.
16. Sheremet, E.M., Kryvdik, S.G., Kozar, N.A., Strekozov, S.N., Vovkotrub, N.V., Setaya, L.D., Nikolaev, I.Yu., Agarkova, N.G., Dubina, A.V., Gatsenko, V.A. and Lunev, E.S. (2015), *Phanerozoic magmatism of Eastern Asov Area of Ukrainian Shield and related commercial minerals (petrology, geochemistry and ore potential)*, Comprint, Kyiv, UA, 317 p.
17. Sharygin, V.V. and Kryvdik, S.G. (2017), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 39, No. 1, Kyiv, UA, pp. 19-35.
18. Shramenko, I.F., Stadnik, V.A. and Osadchiy, V.K. (1992), *Geokhimiya karbonatitov Ukrainського shchita*, Nauk. dumka, Kyiv, UA, 212 p.
19. Chelyshev, N.F. (1970), *Ontogenetic research methods of minerals*, Nauka, Moscow, RU, pp. 77-80.

Received 05.04.2017

С.Г. Кривдик¹, В.В. Шарыгин^{2,3}, В.А. Гаценко¹, Е.С. Лунев¹

¹ Институт геохимии, минералогии и рудообразования
им. Н.П. Семеновского НАН Украины
03142, г. Киев, Украина, пр-т Акад. Палладина, 34
E-mail: kryvdik@ukr.net, vera.gatsenko@ukr.net; lunev_00@ukr.net

² Федер. гос. бюджет. учреждение науки
Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН
630090, г. Новосибирск, РФ, пр-т Акад. Коптюга, 3

³ Федер. гос. бюджет. образоват. учрежд. высш. проф. образования
Новосибирский государственный университет
630090, г. Новосибирск, РФ, ул. Пирогова, 1
E-mail: sharygin@igm.nsc.ru

НОВАЯ ДАЙКОВАЯ ПОРОДА В ПОКРОВО-КИРЕЕВСКОМ МАССИВЕ (ПРИАЗОВЬЕ, УКРАИНА)

В Покрово-Киреевском массиве (Приазовье, Украина) выявлен новый тип дайковой породы, которая прорывает нефелиновые сиениты (ювиты). Это первая находка секущего тела, более позднего, чем нефелиновые сиениты этого массива. Основная масса породы состоит из калишпата, клинопироксена, флогопита, магнетита, ильменита и кальцита. Также в породе выявлены мелкие зерна фторопатита, титанита и сульфидов (пирит, халькопирит). К тому же зафиксирован минерал, предварительно диагностируемый как Sr-эпидот (11—13 % SrO). Согласно результатам микрозондового анализа пироксен соответствует магнезиальному салиту с повышенным содержанием TiO₂ (до 4,8 мас. %) и Al₂O₃ (до 6,2 мас. %), а флогопит характеризуется высоким содержанием TiO₂ (до 9,7 мас. %) и BaO (до 3,6 мас. %), этим он отличается от подобных слюд щелочных пород Украины. *Объект исследования* этой статьи — минералогическо-петрографические особенности и химический состав дайковой породы, выявленной в нефелиновых сиенитах (ювитах) Покрово-Киреевского массива. До сих пор нефелиновые сиениты относились к самой поздней (третьей) интрузивной Покрово-Киреевского массива. *Цель работы* — предоставление новых результатов детального исследования вещественного состава дайковой породы и их петрогенетическая интерпретация. *Методы исследования*: химический состав минералов дайки определен с помощью метода микрозондового анализа с использованием сканирующего электронного микроскопа MIRA 3 LMU (Tescan Ltd), оснащенного системой микроанализа INCA Energy 450 XMax-80 (Oxford Instruments Ltd), в

Институте геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН. Химический состав пород определен методом силикатного анализа в химической лаборатории Института геохимии, минералогии и рудообразования им. Н.П. Семеново НАН Украины. *Выводы:* исследуемая дайковая порода оказалась необычной для этого массива и характеризуется достаточно специфическими особенностями химического и минерального состава по сравнению с дайками субщелочных габброидов Покрово-Киреевского массива. По минеральному составу и структуре породу можно формально отнести к кальцитсодержащему меланократовому шонкиниту. На диаграмме $\text{SiO}_2 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ она попадает в поле мелилитолитов. Наличие дайковых меланократовых пород более поздних, чем нефелиновые сиениты (ювиты), свидетельствует о более сложной последовательности формирования Покрово-Киреевского массива. На общем преобладающем фоне гомодромной последовательности извержения магматических пород локально проявляется антидромная последовательность.

Ключевые слова: Покрово-Киреевский массив, Приазовье, дайка, нефелиновый сиенит, Ti-Ba-флогопит, титанистый диопсид-салит, антидромная последовательность пород.

S.G. Kryvdik¹, V.V. Sharygin^{2,3}, V.O. Gatsenko¹, E.S. Lunev¹

¹ M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine

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

E-mail: kryvdik@ukr.net, vera.gatsenko@ukr.net, lunev_00@ukr.net

² V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Branch of RAS

3, Acad. Koptyug Ave., Novosibirsk, Russia, 630090

³ Novosibirsk State University

1, Pirogov St., Novosibirsk-90, Russia, 630090

E-mail: sharygin@igm.nsc.ru

A NEW DYKE ROCK FROM POKROVO-KYRIYIVO MASSIF (AZOV SEA AREA, UKRAINE)

The new type of dyke rock was found in the Pokrovo-Kyriyivo massif (Azov Sea area, Ukraine). This dyke breaks through nepheline syenites (juvites). It is the first finding of dyke, which is older than nepheline syenites of this massif. The rock consists of K-feldspar, clinopyroxene, phlogopite, magnetite, ilmenite and calcite. Fluorapatite, titanite, sulphides (pyrite, chalcopyrite) and unidentified silicate (Sr-epidote?, 11—13 % wt. SrO) are minor or accessory. The phenocrystal clinopyroxene is magnesian salite with high content of TiO_2 (4.8 wt. %) and Al_2O_3 (to 6.2 wt. %); phlogopite is rich in TiO_2 (up to 9.7 wt. %) and BaO (up to 3.6 wt. %) and drastically differs in composition from micas of other alkaline rocks of Ukraine. *The objective of this study* is to describe the mineralogy, petrography and chemical composition features of the dyke rock, which was found within nepheline syenite (juvite) of the Pokrovo-Kyriyivo massif. Until now the nepheline syenite belonged to the latest (third) intrusive phase of the Pokrovo-Kyriyivo massif. *The aim* is publication of new data on detailed composition of the rock and their petrogenetic interpretation. *Analytical methods* are as follows: microprobe analysis of dyke minerals using a scanning electron microscope MIRA 3 LMU (Tescan Ltd), equipped with a microanalysis system INCA Energy 450 XMax-80 (Oxford Instruments Ltd) at the V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS; bulk rock analysis in the Chemical laboratory at M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine. *Conclusions:* The studied dyke rock was unusual for the massif and is characterized by very specific features of the chemical and mineral composition in comparison with dykes of subalkaline gabbroids from the Pokrovo-Kyriyivo massif. In mineral composition and structure this rock can be formally attributed to Ca-saturated melanocratic shonkinite. On the $\text{SiO}_2 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ diagram it is located in the melilitolite field. In chemical composition the rock is close to bergalite. The presence of calcite and high content of apatite indicate the similarity with alkaline-ultramafic rocks from carbonatite complexes. The appearance of this melanocratic dyke, which is younger than nepheline syenites (juvites), is the evidence of more complex sequence in formation of the Pokrovo-Kyriyivo massif. On the background of the dominant homodromous sequence of igneous rocks the antidromic ones can be locally manifested.

Keywords: Pokrovo-Kyriyivo massif, Azov Sea area, dyke, nepheline syenite, Ti-Ba-phlogopite, Ti-rich diopside-salite, antidromic rock sequence.

Таблиця 1. Результати мікрзондового аналізу клінопіроксену з дайки, що перетинає ювіти Покрово-Київського масиву (зр. 325.86-91), мас. %
 Table 1. Results of microprobe analysis of clinopyroxene from dyke which intersects juvites of the Pokrovo-Kyryivno massif (sp. 325.86-91), wt. %

| Компонент | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO ₂ | 44,99 | 45,20 | 47,64 | 46,57 | 47,24 | 47,32 | 47,32 | 46,51 | 47,17 | 47,66 | 45,40 | 48,26 |
| TiO ₂ | 4,24 | 3,65 | 3,77 | 4,00 | 3,54 | 3,52 | 3,55 | 4,74 | 4,05 | 2,94 | 4,14 | 2,84 |
| Al ₂ O ₃ | 6,03 | 4,31 | 4,12 | 4,38 | 3,95 | 3,95 | 4,31 | 5,84 | 4,97 | 3,61 | 5,86 | 3,21 |
| FeO | 7,60 | 7,92 | 7,90 | 8,25 | 7,76 | 7,94 | 7,24 | 8,61 | 8,47 | 7,40 | 9,83 | 7,08 |
| MnO | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,27 | 0,17 | 0,00 | 0,32 | 0,00 | 0,23 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| MgO | 12,02 | 12,97 | 13,27 | 12,79 | 13,37 | 13,40 | 14,10 | 11,04 | 11,97 | 13,88 | 11,14 | 14,26 |
| CaO | 21,74 | 21,27 | 22,22 | 22,23 | 21,98 | 22,02 | 22,11 | 20,93 | 21,60 | 21,90 | 19,45 | 22,14 |
| Na ₂ O | 0,54 | 0,36 | 0,30 | 0,43 | 0,44 | 0,22 | 0,27 | 0,63 | 0,65 | 0,31 | 1,09 | 0,31 |
| Σ | 97,16 | 95,68 | 99,22 | 98,92 | 98,45 | 98,37 | 99,22 | 98,30 | 99,11 | 97,70 | 96,91 | 98,10 |
| <i>Формульні коефіцієнти (розрахунок на 4 катіони)</i> | | | | | | | | | | | | |
| Si | 1,73 | 1,76 | 1,80 | 1,76 | 1,79 | 1,80 | 1,78 | 1,78 | 1,79 | 1,82 | 1,76 | 1,83 |
| Ti | 0,12 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,14 | 0,12 | 0,08 | 0,12 | 0,08 |
| Al | 0,27 | 0,20 | 0,18 | 0,20 | 0,18 | 0,18 | 0,19 | 0,26 | 0,22 | 0,16 | 0,27 | 0,14 |
| Fe ⁺³ | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Fe ⁺² | 0,25 | 0,26 | 0,25 | 0,26 | 0,25 | 0,25 | 0,23 | 0,28 | 0,27 | 0,24 | 0,32 | 0,22 |
| Mn | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Mg | 0,69 | 0,76 | 0,75 | 0,72 | 0,76 | 0,76 | 0,79 | 0,63 | 0,68 | 0,79 | 0,64 | 0,81 |
| Ca | 0,90 | 0,89 | 0,90 | 0,90 | 0,89 | 0,90 | 0,89 | 0,86 | 0,88 | 0,89 | 0,81 | 0,90 |
| Na | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,05 | 0,05 | 0,02 | 0,08 | 0,02 |
| Fe# | 0,26 | 0,25 | 0,25 | 0,27 | 0,25 | 0,25 | 0,22 | 0,30 | 0,28 | 0,23 | 0,33 | 0,22 |
| <i>Мінали, мол. %</i> | | | | | | | | | | | | |
| Wo | 49,0 | 46,8 | 47,4 | 47,6 | 47,0 | 47,0 | 46,4 | 48,7 | 48,0 | 46,6 | 45,6 | 46,6 |
| En | 37,7 | 39,6 | 39,4 | 38,1 | 39,8 | 39,8 | 41,2 | 35,7 | 37,0 | 41,1 | 36,4 | 41,8 |
| Fs | 13,3 | 13,6 | 13,2 | 14,3 | 13,2 | 13,2 | 12,4 | 15,6 | 15,0 | 12,3 | 18,0 | 11,6 |

Примітка. 1, 2 — окремі дрібні зерна на більшій ділянці породи, 4—8 — окремі дрібні виділення (мікротрапелі, мікроліти) з однієї ділянки породи; 10, 11 — один з найбільших (>60 μm) мікротрапеліків (рис. 3 с), центр (1) і край зерна; 12 — інший мікротрапелік з тієї ж ділянки породи (рис. 3, с), центр зерна. Аналізи виконано за допомогою сканувального електронного мікроскопа MIRA 3 LMU (Tescan Ltd), обладнаного системою мікроаналізу INCA Energy 450 XMax-80 (Oxford Instruments Ltd), в Інституті геології і мінералогії ім. В.С. Соболева СВ РАН, аналітик В.В. Шаригін. Те саме для табл. 2, 3.

Note. 1, 2 — individual small grains, 4—8 — individual small grains (microphenocrysts, microlites); 10, 11 — large (>60 μm) microphenocryst (Fig. 3, c), centre (1) and rim of the grain; 12 — another microphenocryst from the same fragment of rock (Fig. 3, c), centre of the grain. Analyses were performed using a scanning electron microscope MIRA 3 LMU (Tescan Ltd), equipped with microanalysis system INCA Energy 450 XMax-80 (Oxford Instruments Ltd), V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, analyst V.V. Sharygin. The same for Tables 2, 3.

Таблиця 2. Результати мікрзондового аналізу слюд із дайки, що перетинає ювіти Покрово-Київського масиву (зр. 325.86-91), мас. %
 Table 2. Microprobe data for micas from dyke cross-cutting the juvites of the Pokrovo-Kyryiwo massif (sp. 325.86-91), wt. %

| Компонент | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO ₂ | 40,13 | 38,89 | 33,07 | 34,42 | 35,09 | 33,44 | 34,36 | 34,32 | 35,15 | 35,47 | 33,52 | 33,59 | 34,06 |
| TiO ₂ | 1,47 | 1,48 | 9,46 | 9,42 | 9,56 | 9,76 | 4,57 | 9,77 | 6,47 | 6,14 | 9,74 | 8,19 | 8,72 |
| Al ₂ O ₃ | 10,75 | 10,75 | 14,27 | 13,51 | 14,28 | 14,13 | 12,34 | 14,25 | 14,1 | 14,27 | 14,23 | 13,98 | 13,45 |
| FeO | 22,18 | 18,65 | 13,71 | 13,91 | 14,73 | 13,56 | 18,33 | 13,21 | 15,49 | 14,36 | 14,45 | 15,62 | 15,71 |
| MnO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,21 | 0,23 | 0,43 | 0,18 | 0,22 | 0,27 | 0,17 | 0 | 0 |
| MgO | 12,12 | 13,93 | 11,64 | 13,02 | 11,67 | 12,77 | 11,69 | 13,33 | 13,63 | 14 | 11,77 | 11,48 | 11,67 |
| Na ₂ O | 0 | 0 | 0,73 | 0,81 | 0,74 | 0,92 | 0,51 | 0,82 | 0,71 | 0,66 | 0,73 | 0,53 | 0,71 |
| K ₂ O | 9,49 | 8,95 | 7,64 | 8,11 | 7,84 | 7,64 | 8,43 | 7,65 | 8,24 | 7,84 | 7,5 | 7,53 | 7,56 |
| BaO | 0 | 0 | 3,16 | 1,6 | 3,24 | 2,88 | 1,11 | 2,7 | 2,34 | 3,16 | 3,49 | 3,54 | 2,33 |
| F | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Σ | 96,14 | 92,65 | 93,68 | 94,8 | 97,36 | 95,33 | 91,77 | 96,23 | 96,35 | 96,17 | 95,6 | 94,46 | 94,21 |
| <i>Формульні коефіцієнти (розрахунок на 7 катіонів)</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Si | 2,74 | 2,71 | 2,36 | 2,39 | 2,41 | 2,33 | 2,46 | 2,36 | 2,39 | 2,42 | 2,35 | 2,39 | 2,41 |
| Ti | 0,08 | 0,08 | 0,51 | 0,49 | 0,49 | 0,51 | 0,25 | 0,50 | 0,33 | 0,32 | 0,51 | 0,44 | 0,46 |
| Al | 0,86 | 0,88 | 1,20 | 1,10 | 1,16 | 1,16 | 1,04 | 1,15 | 1,13 | 1,15 | 1,18 | 1,17 | 1,12 |
| Fe | 1,27 | 1,09 | 0,82 | 0,81 | 0,85 | 0,79 | 1,10 | 0,76 | 0,88 | 0,82 | 0,85 | 0,93 | 0,93 |
| Mn | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,03 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,00 |
| Mg | 1,23 | 1,45 | 1,24 | 1,34 | 1,20 | 1,32 | 1,25 | 1,36 | 1,38 | 1,42 | 1,23 | 1,22 | 1,23 |
| Na | 0,00 | 0,00 | 0,10 | 0,11 | 0,10 | 0,12 | 0,07 | 0,11 | 0,09 | 0,09 | 0,10 | 0,07 | 0,10 |
| K | 0,83 | 0,80 | 0,69 | 0,72 | 0,69 | 0,68 | 0,77 | 0,67 | 0,72 | 0,68 | 0,67 | 0,68 | 0,68 |
| Ba | 0,00 | 0,00 | 0,09 | 0,04 | 0,09 | 0,08 | 0,03 | 0,07 | 0,06 | 0,08 | 0,10 | 0,10 | 0,06 |
| Fe# | 0,51 | 0,43 | 0,40 | 0,37 | 0,41 | 0,37 | 0,47 | 0,36 | 0,39 | 0,37 | 0,41 | 0,43 | 0,43 |

Примітка. 1, 2 — окремі лусочки більш залізного, низькотитаністого і безбарвного флогопіту, 3—5 — інша ділянка породи, дрібні окремі лусочки флогопіту в основній масі породи (аналізувалася їхня центральна частина), 6, 7 — інший зональний мікротіло кристалик флогопіту (центр — 7 і край зерна — 8) (рис. 3, б), 8, 9 — зональний мікротіло кристалик флогопіту: центр (ан. 8) і край зерна (ан. 9), (рис. 3, б), 10 — дрібне зерно в основній масі породи, 11 — крупніший (>30 μm) мікротіло кристалик флогопіту, точка аналізу ближче до краю пластинки (рис. 3, б), 12 — дрібне зерно в основній масі породи, 13 — те ж з іншої ділянки породи. Аналізи нормовано до 95,5 %.

Note. 1, 2 — individual phlogopite flakes with high iron, low-titanium and without barium, 3—5 — another fragment of rock, small individual flakes in groundmass (centre), 6, 7 — zoned microphenocryst of phlogopite (centre — 7, rim — 8) (Fig. 3, b); 8, 9 — another zoned microphenocryst of phlogopite: centre (an. 8) and rim (an. 9), (Fig. 3, b), 10 — small grain in groundmass, 11 — large (>30 μm) microphenocrysts of phlogopite (Fig. 3, b), 12 — small grain in rock groundmass, 13 — the same from another fragment of rock. Analyzes normalized to 95.5 %.

Таблиця 3. Результати мікрзондового аналізу мінералу (1, 2), що приймається за гранат (андрадит-гросуляр), мас. %

Table 3. Microprobe analysis of the mineral (1, 2), taken as a garnet (andradite-grossular), wt. %

| Компонент | 1 | 2 |
|---|-------|-------|
| SiO ₂ | 34,70 | 35,24 |
| TiO ₂ | 0,55 | 0,0 |
| Al ₂ O ₃ | 12,75 | 12,94 |
| FeO | 11,98 | 12,34 |
| MnO | 0,0 | 0,0 |
| V ₂ O ₃ | 0,44 | 0,31 |
| CaO | 34,49 | 35,24 |
| Na ₂ O | 0,0 | 0,0 |
| K ₂ O | 0 | 0,16 |
| F | 1,66 | 1,80 |
| Σ | 96,57 | 97,19 |
| <i>Формульні коефіцієнти (розрахунок на 8 катіонів)</i> | | |
| Si | 2,88 | 2,89 |
| Ti | 0,03 | — |
| Al | 1,25 | 1,24 |
| Fe | 0,76 | 0,85 |
| Ca | 3,07 | 3,02 |

Таблиця 4. Хімічний склад дайкової породи (зр. 325-86) (1) та бергаліту (2) [4]
 Table 4. Chemical composition of dyke rock (sp. 325-86) (1) and bergalite (2) [4]

| Компонент | 1 | 2 |
|--------------------------------|-------|--------|
| SiO ₂ | 37,12 | 33,71 |
| TiO ₂ | 4,62 | 2,92 |
| Al ₂ O ₃ | 11,18 | 11,21 |
| Fe ₂ O ₃ | 7,12 | 4,87 |
| FeO | 7,15 | 6,36 |
| MnO | 0,26 | 0,30 |
| MgO | 6,65 | 5,41 |
| CaO | 11,59 | 15,19 |
| Na ₂ O | 1,67 | 2,56 |
| K ₂ O | 4,35 | 3,86 |
| P ₂ O ₅ | 0,89 | 1,46 |
| CO ₂ | — | 8,11 |
| S | 0,06 | — |
| F | — | 1,33 |
| H ₂ O ⁻ | 0,28 | 1,27 |
| В. п. п. | 6,65 | 1,95 |
| Σ | 99,59 | 100,51 |
| (Na + K)/Al | 0,67 | 0,75 |
| (Fe + Mg)/Fe | 0,53 | 0,54 |
| <i>Нормативний склад</i> | | |
| Anorthite | 10,97 | 5,93 |
| Diopside | 34,83 | 0 |
| Albite | 0 | 14,98 |
| Orthoclase | 0 | 23,45 |
| Forsterite | 1,21 | 9,7 |
| Fayalite | 0 | 2,69 |
| Nepheline | 8,26 | 3,95 |
| Leucite | 21,75 | 0 |
| Larnite | 0,02 | 0 |
| Apatite | 2,23 | 3,61 |
| Fluorite | — | 3,05 |
| Pyrite | 0,14 | 0 |
| Ilmenite | 9,47 | 5,7 |
| Calcite | — | 18,96 |
| Corundum | 0 | 0,73 |
| Magnetite | 11,1 | 7,26 |
| Hematite | 0,03 | 0 |

Примітка. Прочерк — компонент не визначали. Визначено методом силікатного аналізу в хімічній лабораторії ІГМР НАН України, аналітик О.П. Красюк.

Note. Dash — component was not determined. Bulk rock analysis was made in the Chemical laboratory of M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine, analyst O.P. Krasnyuk.

Підписи до рисунків у статті

С.Г. Кривдік, В.В. Шаригін, В.О. Гаценко, Є.С. Луцьов
НОВА ДАЙКОВА ПОРОДА У ПОКРОВО-КИРІЇВСЬКОМУ МАСИВІ
(ПРИАЗОВ'Я, УКРАЇНА)

Рис. 1. Контакт дайки та нефелінового сієніту: *a* — ендоконтактова частина дайки з вкраплениками олівіну ("Ol"), захопленого піроксену (cPx) та калішпату (Fsp); *b* — ендоконтакт з вкраплениками піроксену, калішпату та слюди (Mc), *c* — олівін, з "гарпуноподібними" наконечниками, *d* — фенокрист піроксену, захоплений із нефелінового сієніту

Fig. 1. Contact between dyke and nepheline syenite: *a* — endocontact part of the dyke with olivine phenocrysts ("Ol") containing pyroxene (cPx) and K-feldspar (Fsp); *b* — endocontact with pyroxene, K-feldspar and mica (Mc) phenocrysts, *c* — olivine, with "harpoon-like tips", *d* — pyroxene phenocryst from nepheline syenite source

Рис. 2. Загальний вигляд дайкової породи під мікроскопом: *a* — масивна текстура та криптозерниста структура породи, *b* — мікроліти піроксену, неправильні мікрозерна салічних мінералів, пилюваті виділення рудних мінералів (RM)

Fig. 2. General view of dyke rock under microscope: *a* — massive texture and crypto-grained structure of rocks, *b* — pyroxene microphenocrysts, subhedral grains of salic minerals and dusty microphenocrysts of opaque minerals (RM)

Рис. 3. Мінерали дайкової породи (зображення у відбитих електронах): *a* — мікроліти піроксену, лусочки слюди, зерна неправильної форми калішпату, окремі поодинокі зерна піриту (Pyr) та голкоподібні кристали апатиту (Ap), *b* — ільменіт (Ilm) у вигляді мікровключення в лусочці слюди та в оточенні титаніту (Sph), окремі більші за розміром зерна магнетиту (Mt), *c* — зерна епідоту (Ep) та мінералу, що приймається за гранат (Gr ?)

Fig. 3. Minerals of the dyke rock (BSE images): *a* — pyroxene microliths, mica flakes, subhedral K-feldspar grains, rare pyrite grains (Pyr) and needle-shaped crystals of apatite (Ap), *b* — ilmenite (Ilm) as a microinclusions in mica crystal and surrounded by titanite (Sph), large grains of magnetite (Mt), *c* — epidote grains (Ep) and garnet-like mineral (Gr ?)

Рис. 4. Мінальний склад піроксенів із дайкових порід Покрово-Киріївського масиву: *1* — піроксени із дайки з нефелінового сієніту, *2* — з дайок сублужних габроїдів [9]

Fig. 4. Minal composition of pyroxenes from dyke rocks in Pokrovo-Kyriyivo massif: *1* — pyroxenes from dykes in nepheline syenite, *2* — from subalkaline gabbroid dykes [9]

Рис. 5. Класифікаційна діаграма слюд із дайкових порід Покрово-Киріївського масиву: *1* — слюди досліджуваної дайки, *2* — флогопіт з дайок сублужних габроїдів [10]

Fig. 5. Mica's classification diagram from dyke rocks in Pokrovo-Kyriyivo massif: *1* — micas from studied dikes, *2* — phlogopites from dykes of subalkaline gabbroides [10]

Рис. 6. Залежність TiO_2 — BaO для флогопітів досліджуваної дайки (*1*), $Ba-Ti$ флогопітів із лужних порід оз. Урмія (*2*) [7], слюд з хлібодарівських камптонітів (*3*) [13], та біотиту району Єльєт озеро (*4*) [12]

Fig. 6. Diagram of TiO_2 — BaO for phlogopites from the studied dyke (*1*), $Ba-Ti$ phlogopite of alkaline rocks from the Urmia lake (*2*) [7], mica from the Khllobodarivka camptonites (*3*) [13], and biotite from the Yelyet lake area (*4*) [12]

Рис. 7. Зворотна кореляція між FeO та TiO_2 у слюдах досліджуваної дайки

Fig. 7. The inverse correlation between FeO and TiO_2 in micas from studied dyke

Рис. 8. Розташування дайок сублужних габроїдів Покрово-Киріївського масиву (*1*) та досліджуваної дайки (*2*) на діаграмі систематики магматичних гірських порід у координатах SiO_2 — $(Na_2O + K_2O)$

Fig. 8. Position of subalkaline gabbroid dykes (*1*) and the studied dyke (*2*) from the Pokrovo-Kyriyivo massif on the classification diagram SiO_2 — $(Na_2O + K_2O)$ for igneous rocks