

ОСОБЛИВОСТІ КІМБЕРЛІТІВ ТРУБКИ ГАЛАНЖЕ II (ПІВДЕННО-ЗАХІДНА АНГОЛА)

Дмитро Продоус

*Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, Львів, Україна, 79005
e-mail: prodousdima45@gmail.com*

Мета роботи полягає у вивченні петрографічного та мінералогічного складу кімберлітів трубки Галанже-II з південно-західної частини Республіки Ангола, які відібрані в межах Ангольського щита. Досліджені породи належать до брекчійованих порфірових і масивних олівінових кімберлітів.

Породи досліджені методами візуальної діагностики, петрографічного вивчення, рентгеноструктурним і мікрозондовим аналізами. Вивчення кімберлітових порід трубки Галанже-II дає змогу підкреслити, що вони належать до порфірових брекчійованих кімберлітів, які зазнали вторинних метасоматичних змін. За петрографічним вивченням порфірові виділення кімберлітів головно представлені олівіном, який заміщений псевдоморфозами серпентину, іноді карбонату. Матрикс порід характеризується карбонат-сметкитовим (сапонітовим) агрегатом. За рентгеноструктурними і мікроаналітичними дослідженнями в матриксі присутні карбонати (кальцит, доломіт), смектити, флогопіт, піроксен, барит; рудні мінерали (титаніт, перовськіт, ільменіт). Встановлені кристалохімічні формули карбонатів і смектитів. Структурно-текстурні особливості кімберлітів трубки Галанже-II дають змогу зазначити, що їх становлення, вірогідно, відбувалось не менше ніж у два етапи. На першому етапі кристалізувались порфірові виділення в магматичному середовищі на глибинах більших за 150 км; після цього відбулось швидке підняття, вулканічне виверження з формуванням діатреми.

Порфірова структура кімберлітових порід, наявність матриксу, представленого карбонат-сметкитовим (сапонітовим) агрегатом, виявлення підвищеного вмісту перовскіту належить до типоморфних ознак трубки Галанже-II.

Ключові слова: Ангольський щит, трубка Галанже-II, олівінові кімберліти, петрографічне дослідження, мікрозондові діагностика.

Актуальність теми. В Африці багато корисних копалин. Серед них провідне місце належить кімберлітам. Ангола є важливим регіоном для вивчення кімберлітів, оскільки вона містить численні алмазоносні трубки. Це пояснюється тим, що в тектонічній будові регіону присутні структурно-речовинні комплекси кратонів. Кімберлітові трубки в Анголі були відкриті відносно недавно, перша трубка була виявлена на північному сході країни, у провінції Лунда-Норте, у 1952 р. дістала назву «Катока», зараз у цьому районі кількість відкритих діатрем перевищує 670 трубок. Генетично з кімберлітовими тілами пов'язані родовища алмазів. У зв'язку із цим дослідження речовинного складу кімберлітів визначає важливість їх вивчення [1].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дослідження кімберлітів і кімберлітових трубок Південно-Західної Анголи проводились різними науковцями і геологічними групами. Серед дослідників і їхніх публікацій можна виділити статті відомого львівського дослідника алмазів С. Бекеша (1953–2024 рр.), який вивчав взірці кімберлітів із трубок

Галанже [2; 3], Віньяті, Очинжао. Кімберліти Південно-Західної Анголи опрацьовували С. Романько, К. Єгоров, В. Подвисоцький та інші дослідники (2005, 2007 рр. тощо).

Мета роботи полягає в набуванні даних із петрографічного та мінералогічного складу кімберлітів трубки Галанже-II з Південно-Західної Анголи. Для цього були виконані такі завдання: відібрані та діагностовані методами візуального вивчення зразки кімберлітів трубки Галанже-II, для петрографічного аналізу виготовлено й описано шліфи; вивчено рентгеноструктурні параметри; використано мікрозондову діагностику мінералів порід з установленням їхніх геохімічних параметрів.

Фактичний матеріал та методи. Для виконання роботи науковцями львівської школи вивчення алмазів (С. Бекеша) були передані автору оригінальні зразки кімберлітів із трубки Галанже-II. Надалі дослідження кімберлітів були проведено за допомогою петрографічного, мікрозондового, рентгеноструктурного аналізів. Петрографічне вивчення прозорих шліфів виконано на поляризаційному мікроскопі ПОЛАМ РР-1. Рентгеноструктурний аналіз проведено в рентгенівській лабораторії геологічного факультету Львівського національного університету імені Івана Франка (аналітик А. Дворянський). Склад і хімізм породоутворювальних мінералів у прозоро-полірованих шліфах вивчено енергодисперсійним методом на растровому електронному мікроскопі-мікроаналізаторі РЕМ-МА-102-02 (лабораторія науково-технічного і навчального центру низькотемпературних досліджень Львівського національного університету імені Івана Франка, аналітик Р. Серкіз).

Характеристика трубки Галанже-II. Проведено геологічні роботи в південно-західній частині Республіки Ангола, у межах Ангольського щита, на його зчленуванні з розташованою південніше плитою Окаванго. На крайньому півдні площі (поблизу кордону з Намібією) розташований куц трубкоз Галанже (чотири тіла – Галанже I–IV) (рис. 1).

У роботі досліджується трубка Галанже-II, яка входить до складу Касінжійського кімберлітового поля, яке розташоване у провінції Лунда-Сул. Воно є одним із найбільших і найважливіших полів у Південно-Західній Анголі.

Вмісним для кімберлітових трубок поля Галанже є архейський комплекс фундаменту. Вік кімберлітових тіл, як і інших кімберлітів Анголи, є крейдовим [3]. У кімберлітовій трубці Галанже-II спостерігається контакт між архейськими та крейдовими породами на денній поверхні. Цей контакт є особливістю геологічної будови регіону, де тектонічні процеси й ерозія призвели до виведення на поверхню архейських порід разом із молодшими крейдовими відкладеннями.

За цирконом із порід трубки Галанже-II (уран-свинцевий метод, лабораторія проф. У.Л. Гріффіна, австралійський університет Макуарі) визначено вік $102,9 \pm 1,7$ млн років.

Отримані результати, їх обговорення. Відібрані зразки кімберлітової породи трубки Галанже-II представлені брекчіями сірого кольору. Серед дрібно-середньоуламкової брекчії досліджені зеленкувато-сірі та бурувато-сірі різновиди з порфіровою (рис. 2) та масивною структурами.

У шліфах порода представлена сильно зміненим кімберлітом, іноді брекчіюванним. Основна маса породи середньо-дрібнозерниста (<1 мм), характеризується карбонат-сметитовим (сапонітовим) агрегатом. Загальний об'єм основної маси сягає 55% породи.

Порфірова структура породи (рис. 3) зумовлена головно фенокрисалами інтенсивно серпентинізованого олівіну, іноді флогопіту, деколи клінопіроксену, гранату. Загальна кількість вкраплень не перевищує 20–25%. Олівін переважає серед вкраплень (рис. 3). Форма зерен олівіну опукло-овальна, оплавлена, розміри від кількох міліметрів до 20–30 мм. Вони заміщені псевдоморфозами серпентину (рис. 4) з рудним мінералом у вигляді точкових агрегатних скупчень магнетиту та зеленкувато-сірим дрібнолускуватим агрегатом смектиту (сапоніту). Трапляється заміщення олівіну дрібнозернистим агрегатом карбонату (рис. 5).

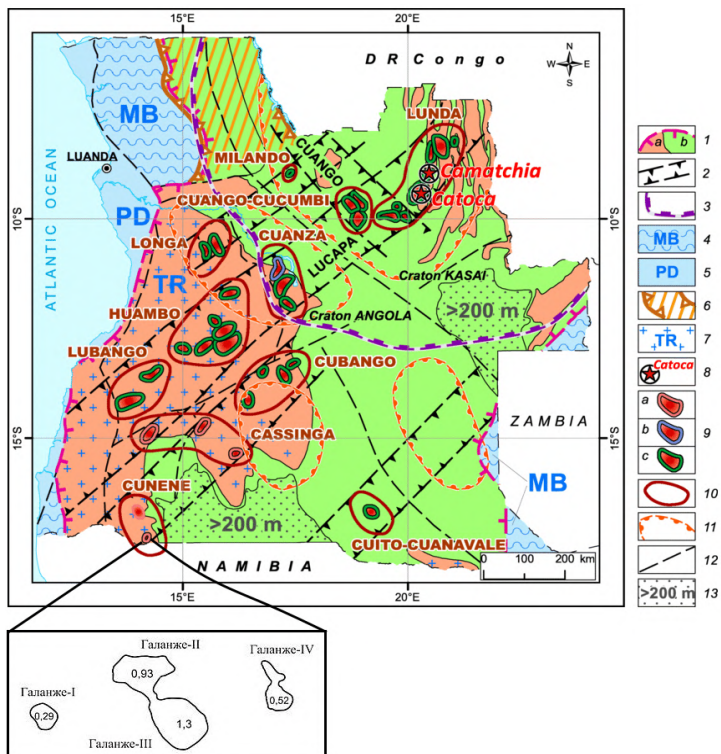
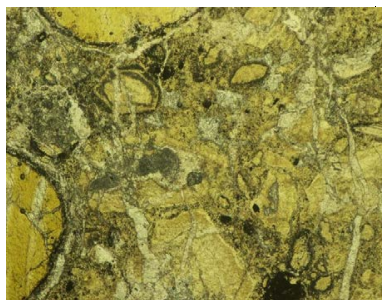


Рис. 1. Просторове розташування кімберлітових полів у межах Республіки Ангола, форма і розміри (у га) куща кімберлітових трубок Галанже у південно-західній частині країни поблизу кордону з Намібією. Умовні позначення: 1–3 – основні структурні та тектонічні чинники та розподіл кімберлітових полів [1 – архейський кратон Конго (а – оголені кімберліти; б – поховані кімберліти); 2 – лінійні зони тектонічної та магматичної активності; 3 – область сприятливих глибинних структур]; 4–7 – зони, де не виявлені алмази (4 – рухомі пояси; 5 – періокеанічна западина; 6 – авлакоген; 7 – області тектонічної та термічної переробки); 8–11 – зони з наявністю алмазів [8 – кімберлітові алмазні копальні; 9 – кімберлітові поля (а – протерозой – ранній палеозой?; б – триас; в – рання крейда); 10 – кімберлітові області; 11 – області розсіювання алмазу в теригенних відкладах]; 12 – великі глибинні розломи; 13 – западини з потужністю розкриву >200 м

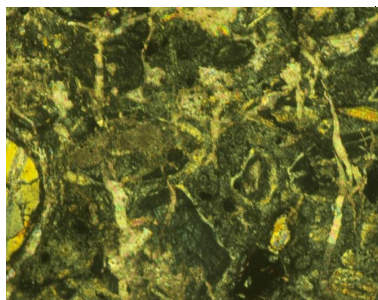


Рис. 2. Змінений порфировий кімберліт із трубки Галанже-II

У петрографічному описі порід зазначено поодинокі фенокристали, представлені флогопітом пластинчастого габітусу. Він утворює світло-коричневі зерна розміром 0,3–1,5 мм овальної, інколи неправильної форми. Флогопіт зазвичай заміщується змішаним хлорит-рудним агрегатом. Уздовж тріщин спайності флогопіту наявні псевдоморфози у вигляді лінзоподібних виділень карбонату, зрідка хлориту. Клінопіроксен утворює разом з олівіном і флогопітом ідіоморфні або ксеноморфні виділення в основній масі.

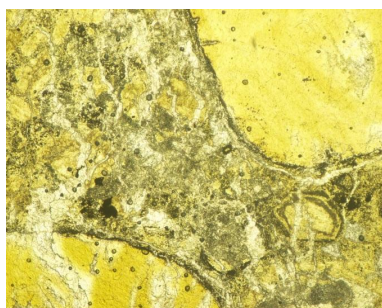


а) 10× ніколі

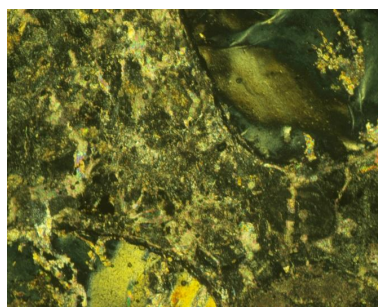


б) 40× ніколі

Рис. 3. Порфірова структура кімберліту. Трубка Галанже-II. Зб. 24

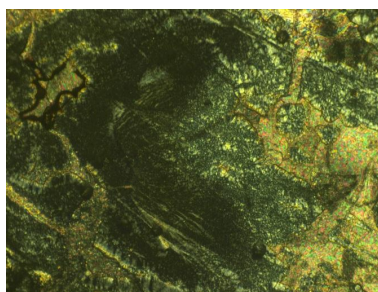
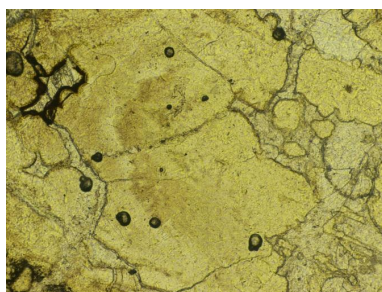


а) 10× ніколі



б) 40× ніколі

Рис. 4. Релікти олівіну в кімберліті. Трубка Галанже-II. Зб. 24

Рис. 5. Розвиток смектит-серпентин-карбонатного агрегату по первинних мінералах.
Трубка Галанже-II. Зб. 64

Під час петрографічного вивчення основної маси породи відмічається її інтенсивна метасоматична змінність.

За результатами рентгеноструктурного аналізу (рис. 6) зазначимо, глиниста фракція з кімберліту трубки Галанже-ІІ складена доломітом, серпентином, кальцитом, флогопітом, смектитом (сапонітом?).

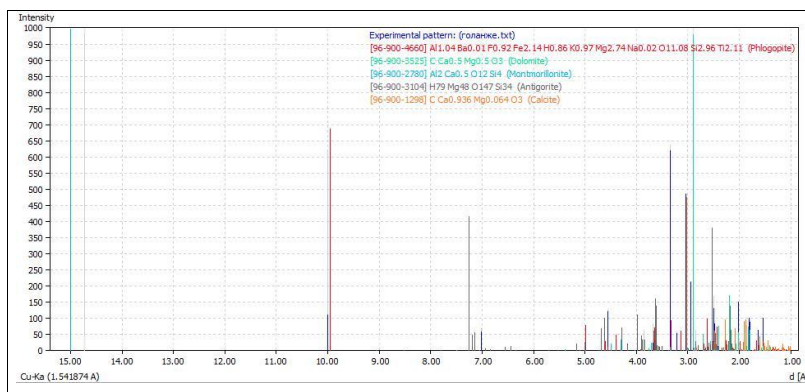
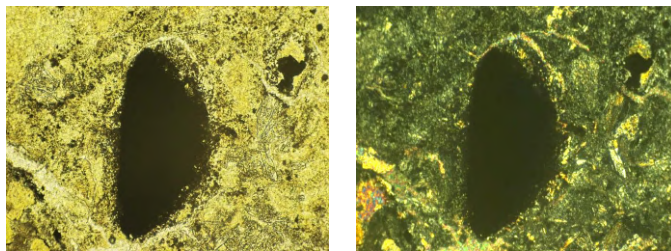


Рис. 6. Рентгенограма глинистої фракції з кімберліту трубки Галанже-ІІ

Серед агрегатів субстрату наявні ізометричні й овальні виділення рудного мінералу (рис. 7).

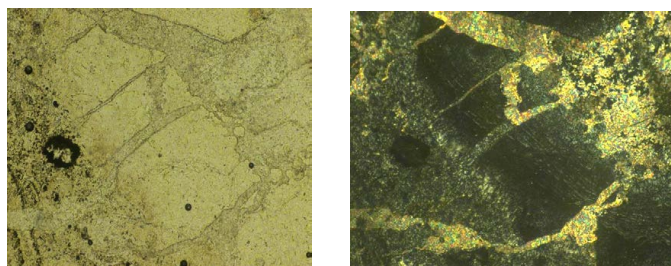


а) 2× ніколі

б) 10× ніколі

Рис. 7. Зерно рудного мінералу в метасоматично змінній основній масі у флогопіті. Трубка Галанже-ІІ. Зб. 64

Під час вивчення матриксу породи досліджено, що дрібнокристалічний агрегат карбонатів формує нерівні, гілчасті прожилки в реліктах первинних мінералів (рис. 8).



а) 2× ніколі

б) 10× ніколі

Рис. 8. Прожилки дрібнокристалічного агрегату карбонатів. Трубка Галанже-ІІ. Зб. 64

За результатами мікроаналітичних досліджень визначено, що до складу у змінених кімберлітах із трубки Галанже-II входять виявлені мінерали: карбонати (кальцит, доломіт), смектити, флогопіт, піроксен, барит; рудні мінерали представлені титанітом, перовськітом, ільменітом.

Смектити, що належать до групи монтморілоніту, утворюються в результаті звітрювання первинних мінералів, як-от вулканічне скло, польові шпати та піроксени. Ці процеси зазвичай відбуваються в умовах низького ступеня метаморфізму та в середовищах із низьким рівнем кислотності.

Карбонати (кальцит і доломіт) або розвиваються по первинних мінералах (рис. 9), або виповнюють тріщини (рис. 10).

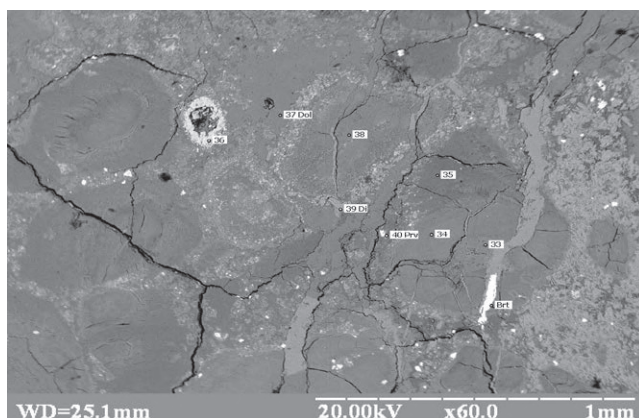
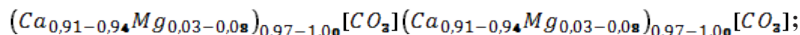


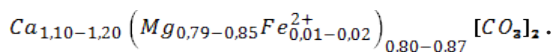
Рис. 9. Розвиток смектитів (33, 34, 35, 38) та карбонату (37 Dol) по реліктах первинних мінералів. Трубка Галанже-II. Піроксен (39 Di), перовськіт (40 Prv), титаніт (36). BSE-зображення

Зміни, яких зазнали кімберліти трубки Галанже-II, настільки значні, що первинні мінерали діагностувати неможливо, оскільки вони майже цілком замістилися смектитами або карбонатами.

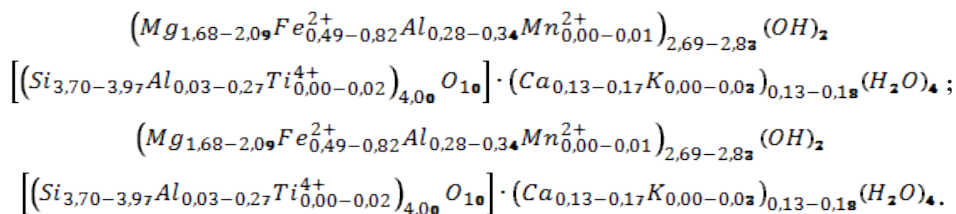
Кристалохімічні формули карбонатів за результатами мікроаналітичних досліджень: кальцит:



доломіт:



Кристалохімічна формула смектитів, за результатами мікрозондового аналізу:



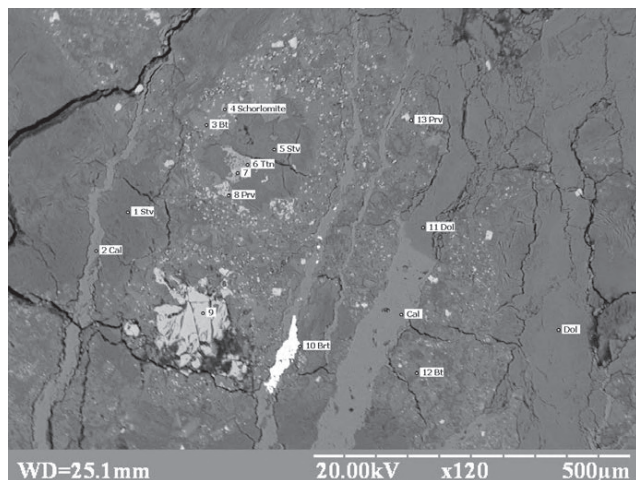


Рис. 10. Розвиток кальциту (Cal) та доломіту (Dol) по тріщинах. Трубка Галанже-II. Сmekтити (1, 5); перовськіт (8, 13); титаніт (6); ільменіт (7, 9); барит (10). BSE-зображення

Порфірові структури кімберлітів формуються у специфічних умовах. Магма утворюється на глибинах більше 150 км у верхній мантії Землі, сприяє кристалізації великих порфірових кристалів мінералів, як-от олівін, флогопіт, гранат тощо. Ці умови формування та повільний підйом магми дозволяють кристалам досягати великих розмірів до того, як магма почне швидко охолоджуватися за наближення до поверхні. Тиск на таких глибинах сприяє стабілізації мінералів, які не є стійкими в поверхневих умовах. Це включає стабілізацію алмазів, які також можуть бути включені в кімберлітову магму. Після формування на великих глибинах кімберлітова магма швидко піднімається до поверхні у вигляді вулканічного виверження. Таке швидке підняття може призвести до формування порфірових структур, оскільки магма охолоджується і затверджується швидше за наближення до поверхні. Кімберлітова магма часто є сумішшю із включеннями мантійних і корових утворень, що додає різноманітності мінерального складу.

Унікальний геологічний контакт між архейськими та крейдовими породами на денній поверхні робить трубку Галанже важливим об'єктом для досліджень, надаючи цінну інформацію про геологічну історію та ресурси регіону. Кімберліти в Південно-Західній Анголі мають як порфірову, так і брекчієву структуру, що притаманне багатьом кімберлітовим родовищам.

Кімберліти Галанже-II представлені порфіровою текстурою, що вказує на складну історію їх формування. Текsturні особливості важливі для розуміння процесів утворення кімберлітів і їхньої потенційної алмазозносності.

За мінералогічним складом кімберліт належить до олівінових кімберлітів і містить значний вміст олівіну, окрім названих мінералів, трапляються піроп, флогопіт, клінопіроксен (діопсид), ільменіт, шпінеліди. Олівін є панівним мінералом і може бути присутній у вигляді великих фенокристалів або дрібнозернистих мас. Олівінові кімберліти належать до класичних різновидів алмазозносних порід. За результатами мікроаналітичних досліджень визначено, що до складу кімберліту із трубки Галанже-II входять такі мінерали: карбонати (кальцит, доломіт), смектити, флогопіт, клінопіроксен. Рудні мінерали представлені титанітом, перовськітом, ільменітом. Породи сильно змінені вторинними процесами. Матрикс, за результатами мікрозондового аналізу, головню складений дрібним

карбонат-сметитовим (сапонітовим) агрегатом, у якому трапляються псевдоморфози по олівіну. Домінування сапоніту в матриці порід належить до типових ознак куща трубок Галанже. У матриці порід виявлено підвищену концентрацію перовскіту, що зближує досліджені породи з корама звітрювання трубки Очинжау. Сапонітизація та карбонатизація кімберлітів трубки Галанже-II також є специфічними ознаками, які притаманні кімберлітам південно-західної частини Анголи, зокрема трубці Очинжау. Розвиток вторинних перетворень із перевагою сапоніту та карбонатів трапляється у трубках, що оточені пухкими кварц-польовошпатовими теригенними породами.

Наукова новизна. Виконані дослідження представляють перші результати детального вивчення куща кімберлітових трубок Галанже на прикладі трубки Галанже-II Південно-Західної Анголи. Отримані дані дають змогу підкреслити специфічні процеси кімберлітоутворення, які характерні для північних теренів Східноєвропейської платформи.

Практичне значення. Розпочаті дослідження доповнюють базу даних щодо речовинних особливостей кімберлітових порід регіону досліджень, що сприятиме формуванню пошукових критеріїв і ознак.

Висновки. Досліджені породи належать до брекчіюваних порфірових і масивних олівінових кімберлітів.

Породи досліджені методами візуальної діагностики, петрографічного вивчення, рентгеноструктурним та мікрозондовим аналізами.

Вивчення кімберлітових порід трубки Галанже-II дає змогу підкреслити, що вони належать до порфірових брекчіюваних утворень. Породи зазнали вторинних метасоматичних змін.

За результатами петрографічного вивчення з'ясовано, що порфірові виділення головню представлені олівіном, який заміщений псевдоморфозами серпентину, іноді карбонату. Матрикс характеризується карбонат-сметитовим (сапонітовим) агрегатом. За мікроаналітичними дослідженнями визначено, що в матриці присутні карбонати (кальцит, доломіт), смектити, флогопіт, піроксен, барит; рудні мінерали (титаніт, перовскіт, ільменіт). Встановлені кристалохімічні формули карбонатів та смектитів.

Структурно-текстурні особливості кімберлітів трубки Галанже-II дають змогу зауважити, що їх становлення, вірогідно, відбувалось не менш ніж у два етапи. На першому етапі кристалізувались порфірові виділення в магматичному середовищі на глибинах понад 150 км; після цього відбулось швидке підняття, вулканічне виверження з формуванням діатреми.

Порфірова структура кімберлітових порід, наявність матриксу, представленого карбонат-сметитовим (сапонітовим) агрегатом, виявлення підвищеного вмісту перовскіту належать до типоморфних ознак трубки Галанже-II.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гулій В., Загнітко В. До питання про генетичне обґрунтування прогностичних та пошукових критеріїв алмазних родовищ. *Проблеми алмазоносності території України*. Київ, 2004. С. 84–95.
2. Особливості використання традиційних мінералів-індикаторів у процесі прогнозування й розшуків потенційно алмазоносних об'єктів / В. Гулій та ін. *Мінералогічний збірник*. 2019. № 69. С. 59–77.
3. Особливості кори звітрювання кімберлітової трубки Очинжау (Південно-Західна Ангола) / Б. Манчур та ін. *Мінералогічний збірник*. 2017. № 67 (1). С. 38–49. URL: <https://journals.lnu.lviv.ua/index.php/mineralogy/article/view/257>.

REFERENCES

1. Gulii, V.M., Zagnitko, V.M. (2004). Do pytannia pro henetychne obgruntuvannia prohnoznykh ta poshukovykh kryteriiv almaznykh rodovyshch [On the issue of genetic substantiation of predictive and prospecting criteria for diamond deposits]. Problems of diamond bearing in the territory of Ukraine. Kyiv, P. 84–95.
2. Gulii, V., Bekesha, S., Poberezhska, I. (2019). Osoblyvosti vykorystannia tradytsiinykh mineraliv-indykatoriv u protsesi prohnozuvannia y rozshukiv potentsiino almazonosnykh ob'ektiv [Peculiarities of the use of traditional indicator minerals in the process of forecasting and searching for potentially diamond-bearing objects]. *Mineral. collection.* (69), 59–77.
3. Manchur, B., Bilyk, N., Bekesha, S. (2017). Osoblyvosti kory zvitrivannia kimberlitovoi trubky Ochynzhau (Pivdenno-Zakhidna Anhola) [Peculiarities of the reporting crust of the Ochinjau kimberlite pipe (Southwestern Angola)]. *Mineralogical Collection*, 67 (1), 38–49. <https://journals.lnu.lviv.ua/index.php/mineralogy/article/view/257>.

CHARACTERISTICS OF KIMBERLITES OF GALANGE PIPE II (SOUTH-WESTERN ANGOLA)

Dmytro Prodous

*Ivan Franko National University of Lviv,
Hrushevsky str., 4, Lviv, Ukraine, 79005
e-mail: prodousdima45@gmail.com*

The purpose of the work is to study the petrographic and mineralogical composition of the kimberlites of the Galange II tube from the southwestern part of the Republic of Angola, which from the rocks selected within the Angolan Shield belong to brecciated porphyry and massive olivine kimberlites. Rocks were investigated by methods of visual diagnostics, petrographic study, X-ray structural and microprobe analyses. The study of kimberlite rocks of the Galange-II tube makes it possible to emphasize that they belong to porphyry brecciated kimberlites that have undergone secondary metasomatic changes. According to the petrographic study, porphyry outcrops of kimberlites are mainly represented by olivine, which is replaced by pseudomorphs of serpentine, sometimes carbonate. The rock matrix is characterized by a carbonate-smectite (saponite) aggregate. According to X-ray structural and microanalytical studies, carbonates (calcite, dolomite), smectites, phlogopite, pyroxene, barite are present in the matrix; ore minerals (titanite, perovskite, ilmenite). Established crystal chemical formulas of carbonates and smectites. The structural and textural features of the kimberlites of the Galange-II tube make it possible to note that their formation probably took place in at least two stages. At the first stage, porphyry outcrops crystallized in a magmatic environment at depths greater than 150 km; after that, there was a rapid uplift, a volcanic eruption with the formation of a diatreme. The porphyry structure of kimberlite rocks, the presence of a matrix represented by a carbonate-smectite (saponite) aggregate, and the detection of an increased content of perovskite belong to the typomorphic features of the Galange-II tube.

Key words: Angolan Shield, Galange-II pipe, olivine kimberlites, petrographic study, microprobe diagnostics.