

УДК 551.1/.4+552.1+550.4

Ю. Є. НИКАНОРОВА, аспірант, інженер, juliyasos@ukr.net,

І. І. ЛАЗАРЄВА, канд. геол. наук, доцент, lazareva@mail.univ.kiev.ua,

С. Є. ШНЮКОВ, д-р. геол. наук, доцент, завідувач кафедри мінералогії, геохімії та петрографії (ННІ "Інститут геології" КНУ імені Тараса Шевченка), shnyukov@mail.univ.kiev.ua,

О. В. КОВТУН, завідувач лабораторії аналітичних досліджень (УкрДГРІ), kovtun85@ukr.net

КАРБОНАТИТОВІ КОМПЛЕКСИ ЦЕНТРАЛЬНОГО ТА ЛІНІЙНОГО СТРУКТУРНО-МОРФОЛОГІЧНИХ ТИПІВ: ЗІСТАВЛЕННЯ ФЕНІТОВИХ ОРЕОЛІВ НА ПРИКЛАДІ МАСИВІВ АЛЬНЬО (ШВЕЦІЯ) ТА ЧЕРНІГІВСЬКОГО (УКРАЇНА)

Досліджено мінералого-петрографічні й геохімічні особливості ореолів фенітизації карбонатитових комплексів центрального та лінійного структурно-формаційних типів: Альньо (Швеція) й Чернігівського (Україна). Для обох об'єктів виявлено подібність напрямку зміни мінеральних асоціацій у процесі фенітизації вихідних порід (основних, середніх та кислих для Чернігівського; середніх для Альньо). За характером поведінки головних і мікроелементів у процесі фенітизації для кожного з комплексів виділено три групи елементів (елементи привнесення, виносу та перерозподілу). На основі елементів, поведінка яких характеризується стійким привнесенням, запропоновано єдиний для обох масивів мультиплікативний геохімічний показник зональності.

Ключові слова: карбонатитові масиви, фенітизація, Приазов'я, Український щит, Балтійський щит.

Yu. Nykanorova, PhD student, engineer, juliyasos@ukr.net, I. Lazareva, Cand. Sci. (Geol.), Docent, lazareva@mail.univ.kiev.ua, S. Shnyukov, Dr. Sci. (Geol.), Docent, Head of Department of Mineralogy, Geochemistry and Petrography of Institute of Geology, Taras Shevchenko National University of Kyiv; shnyukov@mail.univ.kiev.ua, O. V. Kovtun, Head of the Laboratory of Analytical Research of Ukrainian State Geological Prospecting Institute, kovtun85@ukr.net CARBONATITE COMPLEXES OF CIRCULAR (RING) AND LINEAR STRUCTURAL-MORPHOLOGICAL TYPE: THE COMPARISON OF FENITE HALOES AT THE EXAMPLE OF ALNO (SWEDEN) AND CHERNIGOVKA (UKRAINE) MASSIFS

Mineralogical, petrographic and geochemical features of fenitization halos of circular (ring) and linear carbonatite complexes, Alno (Sweden) and Chernigovka (Ukraine), respectively, have been investigated. Similar features of mineral associations changes during host rocks fenitization in both complexes have been identified. They are: (1) gradual disappearance of relict minerals (quartz, plagioclase An₁₀₋₃₀, hornblende); (2) increasing of aegerine mineral in clinopyroxene; (3) emergence of newly formed paragenesis: albite, microcline, alkaline pyroxene and amphibole, phlogopite, calcite; (4) increasing of apatite and titanite content. According to the character of major and trace elements behavior during fenitization three groups of elements have been distinguished for both Alno and Chernigovka complexes, they are: elements are lost, elements are gained and elements are redistributed. Using elements whose behavior is characterized by stable gaining (Sr, Ba) a single for both complexes multiplicative geochemical zonation index has been suggested. This index objectively displays the increasing of host rocks transformation level and allows to observe changes of main ore components concentrations.

Keywords: carbonatite massifs, fenitization, Pre-Azov Region, Ukrainian Shield, Fennoscandian Shield.

Вступ

У світі відомо сотні карбонатитових комплексів, які трапляються на всіх континентах. З ними пов'язані найбільші родовища рідкісних елементів та іншої сировини (Nb, Ta, REE, Zr, Sr, Ba, Fe, P, флогопіту тощо). Починаючи з класичних робіт Бреггера (1921 р.), ультраосновні-лужні карбонатитові комплекси розглядалися як єдиний структурно-формаційного тип. Лише в 70-х роках ХХ ст. у його межах, поряд з комплексами центрального (кілецевого) типу [13], виділено окрему субформацію (а згодом – окрему формацію) карбонатитів “лінійного або лінійно-трещинного типу”. Від класичних кілецевих комплексів вони суттєво відрізняються [1, 2, 10] за:

– тектонічною позицією (чіткою локалізацією в зонах трансрегіональних глибинних розломів у консолідованих ділянках земної кори);

– більшою глибинністю формування (переважно абісальний, а не приповерхневий і гіпабісальний рівні);

– лінійною морфологією тіл як карбонатитів, так і споріднених з ними силікатних порід;

– не повною (ультрабазити – лужно-ультраосновні – лужні серії – карбонатити), а “скороченою” асоціацією порід, наприклад лужні ультраосновні породи або присутні в значно меншому об'ємі (Чернігівський масив [3, 7]), або значно менш різноманітні (Дубравинський масив [5]), або взагалі відсутні (Пенченгінський масив [8]);

– неповним набором карбонатитів різної композиції й рудного навантаження (ранні безрудні кальцитові – рудоносні кальцитові – доломіт-кальцитові – доломітові, анкеритові, сидеритові), характерних для комплексів центрального типу [10], та відсутністю чіткої послідовності їх формування;

– ширшим проявом метасоматичних процесів у формуванні як карбонатитів, так і супутніх їм силікатних порід.

Сировинна привабливість карбонатитових комплексів обох виділених структурно-формаційних типів визначає очевидну потребу створення ефективних засобів їх прогнозування й пошуку. Для цього в складі комплексу прогнозно-пошукових критеріїв зазвичай використовують ореоли феніти-

зації (метасоматичної переробки вмісних порід), які завжди супроводжують карбонатитові комплекси й за площею поширення значно перевищують розміри власне карбонатитів і супутніх їм порід, що потенційно дає можливість набагато збільшити розміри “пошукової мішені”. Проблема полягає в тому, що ідентифікація належності метасоматичних змін до фенітового типу тільки петрографічними засобами на практиці далеко не завжди однозначна, що неминуче призводить до дискусійних висновків. Вирішенню цієї проблеми можуть сприяти геохімічні методи, які, до того ж, дають можливість спростити комплекс прогнозно-пошукових процедур. Очевидним є те, що такі геохімічні методи мають:

– по-перше, однозначно фіксувати накладені на фенітові ореоли геохімічні аномалії, тобто забезпечувати впевнене виявлення карбонатитових масивів будь-якого типу навіть за умови використання розрідженої та нерегулярної сітки точок спостереження (відслонень, свердловин) у межах закритих територій, до яких, наприклад, належить більша частина Українського щита (УЩ);

– по-друге, диференціювати аномалії за належністю до одного з двох виділених структурно-формаційних типів карбонатитових масивів, що є важливим для об’єктивної оцінки їх можливої рудоносності та оптимізації всіх пошукових процедур.

Метою цієї роботи є дослідження й порівняння головних особливостей формування фенітових ореолів типових представників центрального й лінійного структурно-формаційних типів.

Обов’язковою умовою досягнення зазначеної вище мети є наявність комплементарних і репрезентативних даних щодо зональності фенітових ореолів та їх елементної композиції, які одержані для еталонних об’єктів (карбонатитових комплексів) обох виділених структурно-формаційних типів. Ураховуючи дуже обмежений у кількісному та якісному відношенні обсяг подібної інформації (див. наступний розділ), такими еталонними об’єктами обрані кільцевий карбонатитовий комплекс Альньо (Швеція) та лінійний Чернігівський карбонатитовий комплекс (ЧКК), Україна.

Джерела вихідних даних

Використані в роботі дані одержані з двох джерел: власні дані авторів і літературні. Зауважимо, що найбільші проблеми виникли в разі використання останніх. Так, під час дослідження карбонатитових комплексів обох структурно-формаційних типів увага переважно приділялася вивченню мінерального-петрографічних і геохімічних особливостей власне карбонатитів та асоціюючих з ними магматичних утворень (лужних, лужно-ультраосновних) [1–3, 7, 10, 12]. Менше вивчені ореоли фенітизації карбонатитових комплексів. Найактивніший період дослідження цієї проблеми припадає на 70–90-ті роки ХХ ст., проте в наявних роботах [4, 6, 11, 22, 25, 27] геохімічні дані щодо фенітових ореолів або зовсім відсутні, або мають недостатню повноту. Крім того, у більшості робіт аналітичні дані одержані застарілими методами.

З наведених вище причин тільки дані по комплексу Альньо [20, 21, 23, 24] варто вважати такими, що наближуються до вимог, які впливають з мети роботи. Вони одержані за допомогою сучасних прецизійних методів [23], але, на жаль, за набором елементів лише частково відповідають даним авторів щодо фенітів ЧКК.

Для Чернігівського комплексу використано власні дані авторів, доповнені літературними [3, 7]. Обсяг геохімічних даних характеризується значно більшою повнотою, ніж для

комплексу Альньо. Кількісне визначення концентрацій широкого переліку петрогенних і мікроелементів (SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , $\text{Fe}_2\text{O}_3^{\text{total}}$ ($\text{FeO}^{\text{total}}$), MnO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , P_2O_5 , S , Cl , Zr , Sr , Ba , Rb , Y , La , Ce , Nd , Nb , Th , Ga , Pb , Zn , Cu) виконано за допомогою титриметричного та рентгенофлуоресцентного аналізів з постійним контролем якості результатів.

Геологічна позиція та загальна характеристика досліджених об’єктів

Карбонатитовий комплекс Альньо – класичний приклад комплексів центрального типу, один з його найбільших за розміром представників (радіус комплексу становить близько 2,5 км) (рис. 1а). Цей комплекс розміщений у північній частині острова Альньо, поблизу північно-східного узбережжя Швеції. Приурочений до рифтової зони Сьєокоферського сегмента Балтійського щита. Комплекс характеризується кільцевою структурою, формування якої пов’язують з опусканням кальдери колишнього вулкана в неглибоку блюдцеподібну магматичну камеру [18]. Складений Альньо тілами карбонатитів та асоціюючих силікатних порід, форма яких представлена штоками, кільцевими дайками, пластовими інтрузіями та численними маленькими тілами різної морфології [23, 24]. У межах комплексу виділяють три центри магматичної активності: головний комплекс острова Альньо (плутонічні лужні породи, карбонатити); прояв на ділянці Боренг – західна межа головного комплексу (карбонатити); інтрузія Сьорокер, розміщена на материк у північ від острова Альньо (мелілітові плутонічні породи, карбонатити). Крім того, поблизу північної й північно-західної межі комплексу виявлено уламки карбонатитової брекчії з фрагментами мелілітитів та автолітів [21]. Головна інтрузія комплексу Альньо складена чотирма серіями магматичних порід [23, 28] (за порядком формування): піроксенітами, ійоліт-мельтейгіт-уртитами – нефеліновими, сієнітами – карбонатитами. Породи ійолітової серії територіально домінують, складені переважно мельтейгітами та ійолітами; уртити більш рідкісні та трапляються здебільшою у вигляді розсіяних прошарків або грубозернистих ділянок в ійолітах і мельтейгітах. Складені породи клінопіроксеном, Ті-андрадитом та нефеліном у різних співвідношеннях. Нефелінові сієніти перетинають породи ійолітової серії. Дайки мелілітових порід представлені альньоїтами та кімберлітовими альньоїтами й поширені в межах головної частини комплексу. Їх формування відбувалося після головної інтрузивної фази ійолітів, нефелінових сієнітів та карбонатитів. Плутонічні мелілітові породи присутні також і на материковій частині комплексу (інтрузія Сьорокер), де вони виявлені в деяких відслоненнях і численних валунах [28].

Власне карбонатити головної інтрузії комплексу Альньо [26] представлені переважно кальцитовими різновидами (сьовітами) з незначною кількістю доломітових. Вважається, що карбонатити формувалися протягом декількох етапів. Хоча й не визначено, чи є в межах комплексу різні генерації кальцитових карбонатитів, відомо, що невеликі дайки (завширшки менше 50 см) доломітових різновидів є більш пізніми – перетинають тіла сьовітів. Останні в межах комплексу складають великий шток з центром у районі островів, розміщених на північ від головного комплексу, та численні кільцеві дайки різного розміру (завширшки від декількох десятків метрів до декількох сантиметрів). Проривають ійоліти, піроксеніти, нефелінові сієніти. Уміст кальциту (\pm доломіту) у карбонатитах у середньому становить 50–70 %, хоча іноді сягає 90 % і більше. Інші мінерали представлені: піроксеном,

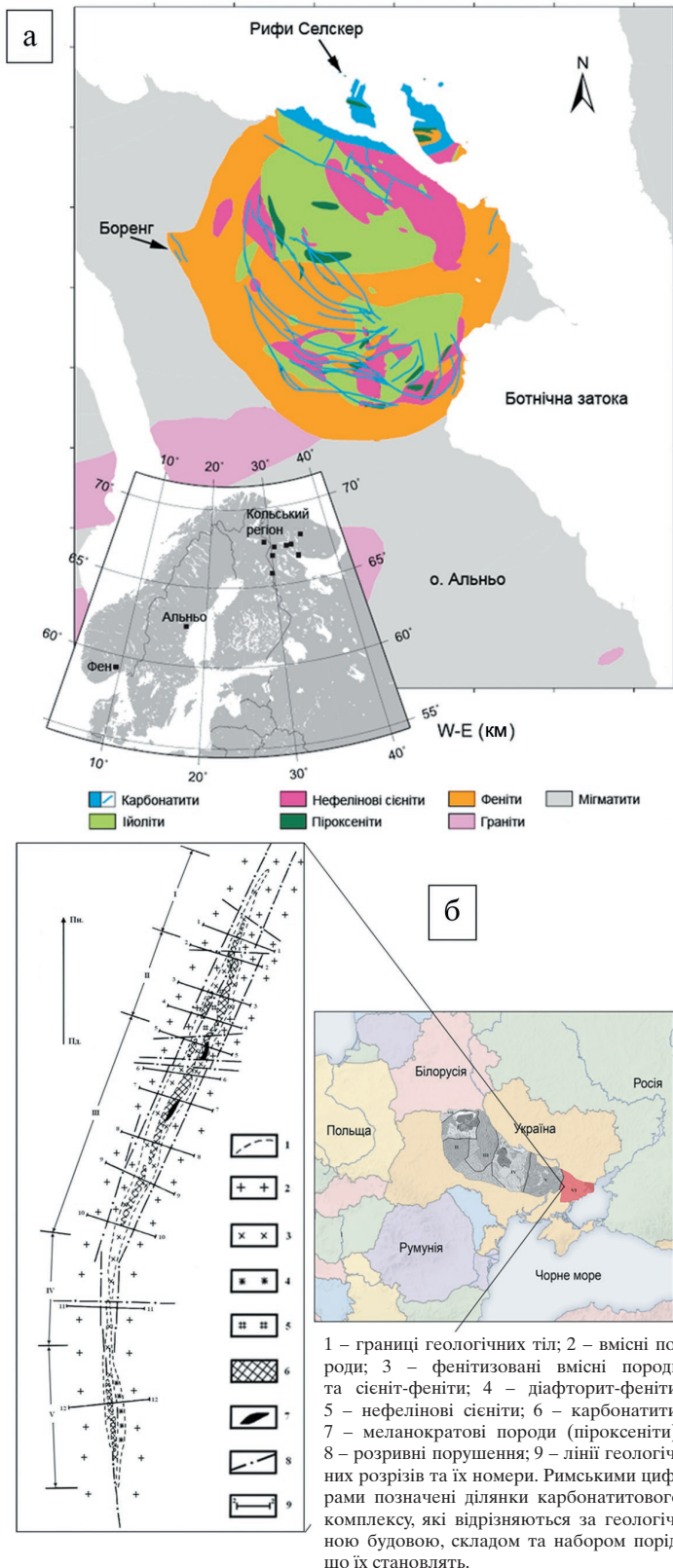


Рис. 1. Схема геологічної будови комплексу Альньо (а) та Чернігівського карбонатитового комплексу (б)

амфіболом, біотитом, мусковітом, пірохлором, апатитом, сфеном; рідше – нефеліном, плагіоклазом, калієвим польовим шпатом; присутні сліди залізистих рудних мінералів.

Утворення комплексу проривають докембрійські (палеопротерозойські, 1,92 – 1,85 млрд років [19]) породи фундаменту Балтійського щита, які представлені мігматизовани-

ми орто- та парагнейсами порівняно сталого мінерального складу: кварц + мікроклін + плагіоклаз (олігоклаз) + біотит ± хлорит ± мусковіт; акцесорні: циркон ± апатит ± сфен; співвідношення між мафічними й сілічними мінералами порід рами змінні [23]. Умісні породи інтенсивно фенітизовані. Потужність ореола становить не менше 500–600 м, хоча магнітометричні дані свідчать, що ореол фенітизації в північно-східній частині комплексу (інтрузія Сьорокер) та на заході (ділянка Боренг) значно вужчий [20]. Сучасні оцінки віку формування – 584 ± 13 млн років [28].

Чернігівський карбонатитовий комплекс є типовим представником лінійного структурно-морфологічного типу. Розміщений у південно-західній частині Приазовського мегаблока Українського щита, приурочений до зони глибинних розломів субмеридіонального простягання й має лінійно витягнуту форму в плані (рис. 1б). Породи комплексу утворюють серію крутопадаючих тіл різноманітної морфології, які залягають субзгідно до вмисних товщ і мають досить великі лінійні розміри (простежені по простяганню на 25–30 км при максимальній ширині комплексу ~1 км). У структурі комплексу виокремлюються два блоки (більший за розміром північний – Новополтавський і південний – Бегім-Чокрацький), які у свою чергу розбиті на низку менших блоків сіткою поперечних і діагональних розломів вищих порядків [3, 4, 7, 14–16].

Серед порід Чернігівського комплексу, окрім власне карбонатитів, виділяють нефелінові сієніти, лужні піроксеніти, ййоліти та мельтейгіти, які порівнюють з подібними утвореннями комплексів центрального типу [3, 7]. Однак, на відміну від останніх, названі вище ультраосновні породи мають досить обмежене поширення в межах ЧКК (лужні піроксеніти) або взагалі виявлені лише у вигляді включень у карбонатитах (ййоліт-мельтейгіти).

Карбонатити ЧКК [3] характеризуються середньо- або крупнозернистою структурою, масивною, смугастою або брекчєподібною текстурою; представлені кількома різновидами, що відрізняються за набором породотвірних мінералів: сьовіти (кальцитові з амфіболом, клінопіроксеном та біотитом у різних співвідношеннях); альвікіти (кальцитові з флогопітом, олівіном, діопсидом/егірін-діопсидом, амфіболом); бєфорсити – переважуючий різновид (кальцит-доломітові та суттєво доломітові з олівіном і флогопітом). Уміст силікатної складової коливається від 5 до 30–40 %. У всіх різновидах карбонатитів у значній кількості присутній апатит (5–7 % у сьовітах, 12–15 % у альвікітах, до 10 % у бєфорситах). Акцесорні та рудні мінерали представлені пірохлор-гачетолітом, колумбітом, фергусонітом, анатазом (рідко), цирконом, баделітом, сфеном, монацитом, ортитом, магнетитом, ільменітом та сульфідами.

Породи рами Чернігівського комплексу представлені в різному ступені мігматизованими архейськими (2,6–2,7 млрд років [3]) метаморфітами (амфіболітова та гранулітова фації) західноприазовської серії: амфіболітами, піроксен-амфіболовими кристалосланцями, плагіо- та плагіоклаз-калішпатовими гнейсами піроксен-амфібол-біотитового, амфібол-біотитового та біотитового складу. Загалом переважають піроксен-амфібол-біотитові та амфібол-біотитові гнейси, а амфіболіти й кристалосланці утворюють малопотужні пачки. Жильна складова мігматитів рами ЧКК (граніт-апліти та апліто-пегматоїдні граніти), яка займає до 50 % об'єму, наближує середню композицію цієї строкатої товщі до гранітоїдної. Отже, серед вихідних порід за складом виді-

ляють кислі, середні та основні утворення, по яких формується потужний (перші сотні метрів) екоконтактний ореол лужних метасоматитів (фенітів), відповідно апогранітового, апогнейсового, апоамфіболітового та апометаультрабазитового рядів [14, 15]. Сучасна оцінка віку формування утворень ЧКК становить $\sim 2,09 \pm 0,015$ млрд років [17].

Мінералого-петрографічні особливості фенітів

Ми провели петрографічне дослідження фенітизованих порід лише Чернігівського карбонатитового комплексу. Дані для комплексу Альньо використано з літературних джерел [20, 21, 23, 24].

У карбонатитовому комплексі Альньо, як зазначалося вище, умісні породи представлені мігматизованими гнейсами досить сталого складу: кварц + мікроклін + плагіоклаз (олігоклаз) + біотит \pm хлорит \pm мусковіт; акцесорні: циркон \pm апатит \pm сфен. За особливостями зміни структури й мінерального складу вихідних порід комплексу в процесі їх фенітизації новоутворені породи ранжуються за ступенем перетворення від слабозмінених та середньозмінених до сильнозмінених.

Загалом процес метасоматичного перетворення вмісних гнейсів супроводжується заміщенням кварцу, польових шпатів, біотиту та хлориту лужними піроксеном та амфіболом, новою генерацією польових шпатів, кальцитом, сфеном, флюоритом, апатитом. Новоутворені амфіболи у фенітах Альньо представлені рихтеритом, катофоритом, арфведсонітом, екерманітом. Склад піроксенів варіює між діопсидом, егірин-авгітом та егірином. У сильно фенітизованих породах (апогнейсових фенітах) первинні мінерали повністю зникають. Головними складовими є егірин-авгіт та лужний польовий шпат (альбіт + мікроклін-пертит або альбіт + ортоклаз) з підпорядкованою кількістю лужного амфіболу, кальциту, сфену, флюориту та апатиту [23, 24].

На деяких ділянках комплексу спостерігається дещо відмінна від описаних порід вузька зона фенітизації (так звані контактні феніти), що прилягає до великих дайок сьовітів та, очевидно, сформувався під їх впливом. Мінералогія таких контактних утворень значно відрізняється від більш поширених різновидів фенітів. Головними породотвірними мінералами є ортоклаз \pm альбіт та піроксен (егірин-авгіт (егірин-саліт) \pm егірин), а другорядними кальцит, меланіт, \pm рихтерит, \pm флогопіт, \pm сфен, \pm флюорит, \pm апатит, \pm нефелін, \pm воластоніт [23, 24].

У Чернігівському карбонатитовому комплексі в процесі фенітизації різних за складом порід рами (кислих, середніх та основних) спостерігається поступова зміна парагенезисів, що (як і у разі Альньо) дає можливість виділити слабо та сильно фенітизовані відміни. Процес перетворення вмісних порід полягає в зникненні таких реліктових мінералів, як кварц, плагіоклази (Al_{10-30}), рогова обманка, підвищенні вмісту егіринового міналу клінопіроксенів та появи новоутвореної мінеральної асоціації: альбіт, мікроклін, лужні піроксени, амфіболи, флогопіт, кальцит, апатит, сфен тощо. При цьому процес фенітизації кислих, середніх та основних порід відбувається з дещо різною інтенсивністю. Так, у продуктах перетворення гранітоїдів можуть спостерігатися залишки реліктового кварцу, а вміст новоутвореного мікрокліну значно перевищує вміст альбіту, що не є характерним для апогнейсових та апоамфіболітових фенітів. Перетворення амфіболітів відбувається найменш інтенсивно – у фенітах може зберігатися до 10 % реліктової рогової обманки й плагіоклазу. Загалом новоутворені феніти Чернігівського комплексу мають такий склад:

– апогранітові феніти (об. %): мікроклін-пертит (75–95), егірин-саліт або егірин-авгіт (1–10), альбіт (1–5), біотит (1), кальцит (<1), реліктовий олігоклаз (0–5), реліктовий кварц (0–8), апатит, циркон, сфен, рудні мінерали (магнетит, гематит, лімоніт, ільменіт, сфалерит, молібденіт, пірит);

– апогнейсові феніти (об. %): альбіт (50–70), мікроклін (10–25), біотит (5–10), егірин-саліт або егірин-авгіт (10–15), рихтерит або гастингсит (5–10), кальцит (1–5), апатит (1–5), сфен (1–2), реліктовий олігоклаз (0–5), рудні мінерали (магнетит, сульфід) (до 3), циркон;

– апоамфіболітові феніти (об. %): мікроклін (15–20), альбіт (25–40), реліктовий олігоклаз (до 10), біотит (10–20), егірин та егірин-авгіт (15), реліктова рогова обманка (0–10), сфен (2–5), апатит (3), рудні мінерали (магнетит, сульфід) (2), циркон, кальцит.

Дані щодо зміни мінеральних асоціацій у процесі фенітизації вмісних порід ЧКК добре узгоджуються з одержаними раніше [3, 4, 14–16]

Отже, незважаючи на різноманітність вихідних порід Чернігівського комплексу, які представлені ширшим набором відмін (кислі, середні, основні), ніж у комплексі Альньо (середні), склад новоутворених фенітів в ореолах обох комплексів подібний між собою. Характеризується таким набором мінералів: польові шпати (мікроклін, ортоклаз, альбіт), лужні піроксени (егірин-авгіт, егірин-саліт, егірин), амфіболи, кальцит, сфен, апатит. Головні відмінності мінерального складу полягають у тому, що у фенітах Чернігівського комплексу відсутній (або трапляється рідко) ортоклаз, відсутній чистий егірин, амфіболи представлені переважно рихтеритом, гастингситом; серед акцесорних відсутній флюорит, присутні рудні мінерали.

Геохімічна характеристика фенітових ореолів

В обох комплексах утворення фенітів супроводжується закономірним зростанням співвідношення $(Na+K)/Si$ на фоні помітного виносу кремнезему з вмісних порід комплексу Альньо та його перерозподілу в породах ЧКК (рис. 2). У разі останнього з підвищенням ступеня фенітизації контрастних типів вмісних порід (основні, середні, кислі) спостерігається закономірне зближення композицій новоутворених фенітів (рис. 2б, г). Зважаючи на те, що вмісні породи комплексу Альньо одноманітніші та представлені лише гнейсами, на відповідному графіку (рис. 2а, в) чітко виділяється лише один ряд метасоматичного перетворення.

Дослідження поведінки петрогенних і мікроелементів у процесі фенітизації вихідних порід карбонатитових комплексів Альньо й Чернігівського дало можливість виявити для кожного з них групи елементів, поведінка яких характеризується (таблиця): привнесенням (рис. 3), виносом та перерозподілом.

Набір елементів груп привнесення та меншою мірою перерозподілу досить подібний для обох комплексів. Водночас є деякі відмінності в геохімічній спеціалізації: у ЧКК кремнезем входить до групи перерозподілу (внаслідок виносу з кислих порід та привнесення в основні), у комплексі Альньо кремнезем виноситься з вмісних гнейсів; у ЧКК натрій чітко потрапляє до групи привнесення, калій – до групи перерозподілу, для Альньо картина протилежна.

На основі простежених особливостей поведінки хімічних елементів у процесі фенітизації вихідних порід досліджених карбонатитових комплексів запропоновано мультиплікативний геохімічний показник зональності фенітових ореолів, спільний для Альньо та ЧКК: $K = Sr \times Ba$. Елементи, що

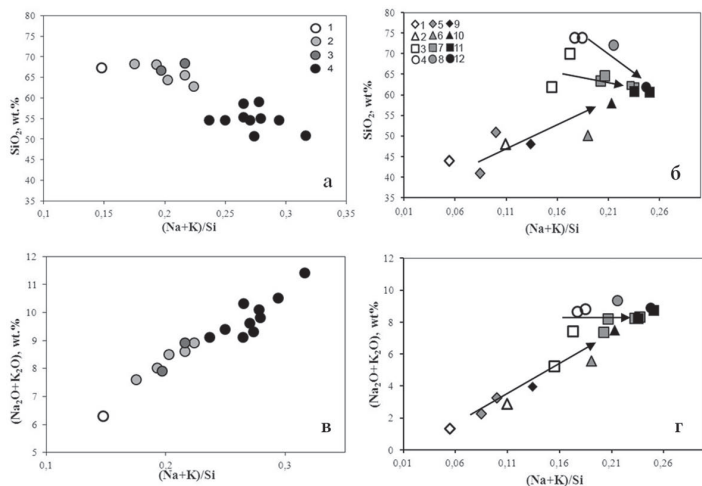


Рис. 2. Поведінка кремнезему й лугів у процесі фенітизації вмісних порід комплексу Альньо (а, в) та ЧКК (б, г)

Умовні позначення. Альньо: 1 – незмінені гнейси; 2 – слабо фенітизовані гнейси; 3 – фенітизовані гнейси; 4 – апогнейсові феніти. ЧКК: 1–4 – незмінені, 5–8 – фенітизовані (1, 5 – кристалосланці; 2, 6 – амфіболіти; 3, 7 – гнейси; 4, 8 – граніт-апліти); 9–12 – феніти (9 – апокристалосланцеві, 10 – апоамфіболітові, 11 – апогнейсові, 12 – апограніти). Стрілки вказують напрямок фенітизації порід.

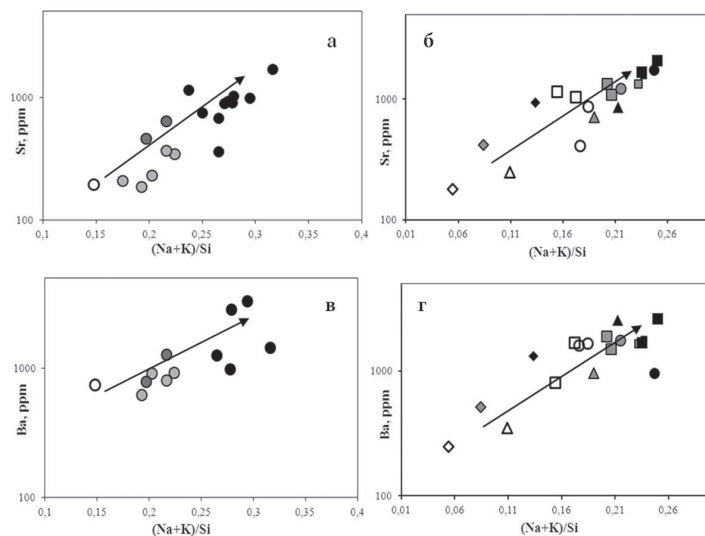


Рис. 3. Поведінка Sr та Ba – типових елементів групи привнесення в породах комплексу Альньо (а, в) та ЧКК (б, г).

Умовні позначення див. до рис. 2.

Таблиця. Виділені групи головних і мікроелементів за характером поведінки в процесі фенітизації

Група	Альньо	Чернігівський комплекс
Перерозподілу	Na, Ti, Fe, Mg, Rb	Si, Al, Ti, Fe, Mg, Ca, K, Mn, C
Привнесення	LREE, Sr, P, Mn, Ca, K, Ba,	LREE, Sr, Zn, P, Nb, Na
Виносу	Si, Al(?), HREE	V(?)

його становлять, характеризуються стійким принесенням та не мають рудного навантаження, що дає змогу простежити зміну концентрацій корисних компонентів у процесі фенітизації – LREE та P_2O_5 (рис. 4). Дослідити поведінку Nb, типового для переважної більшості карбонатитових комплексів елемента, у фенітах комплексу Альньо не було можливості через відсутність аналітичних даних.

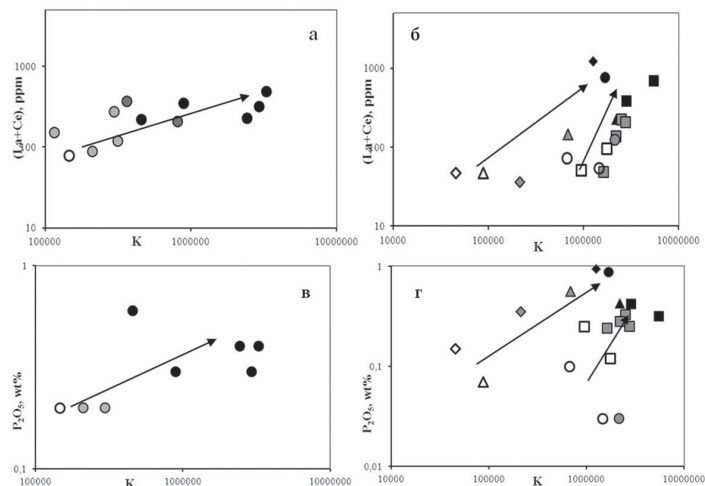


Рис. 4. Поведінка рудних компонентів LREE та P_2O_5 залежно від геохімічного показника зональності для порід комплексу Альньо (а, в) та ЧКК (б, г)

Умовні позначення див. до рис. 2.

Висновки

1. Визначено, що особливості зміни мінеральних асоціацій у процесі фенітизації вихідних порід в обох масивах подібні й полягають у: поступовому зникненні реліктових мінералів (кварцу, плагіоклазів An_{10-30} , рогової обманки); підвищенні вмісту егіринового міналу в клінопіроксенах; появи новоутвореного парагенезису: альбіт, мікроклін, лужні піроксени та амфіболи, флогопіт, кальцит; підвищенні вмісту апатиту та сфену. Характерні відмінності: у фенітах Чернігівського комплексу відсутній (або трапляється рідко) ортоклаз, відсутній чистий егірин; амфіболи ЧКК представлені рихтеритом, гастингситом, Альньо – рихтеритом, катофоритом, арфведсонітом, екерманітом; серед акцесорних: у ЧКК відсутній флюорит, присутні рудні мінерали.

2. У процесі фенітизації контрастних за складом вихідних порід Чернігівського комплексу (основні, середні, кислі) спостерігається зближення композицій новоутворених фенітів, що підтверджується і петрографічними, і геохімічними даними.

3. За характером поведінки петрогенних і мікроелементів у процесі фенітизації вихідних порід Чернігівського комплексу й комплексу Альньо виділено групи елементів з різним типом поведінки (перерозподіл, привнесення, винос), які відображають особливості геохімічної спеціалізації комплексів (таблиця).

4. Використовуючи елементи, поведінка яких характеризується стійким привнесенням в обох комплексах (Sr, Ba), запропоновано спільний мультиплікативний геохімічний показник зональності фенітових ореолів, який відображає рівень зростання перетворення вмісних порід і дає можливість простежити зміну концентрацій корисних компонентів у процесі фенітизації, що у свою чергу сприяє розширенню розмірів пошукової мішені за межі, котрі фіксуються прямими петрографічними дослідженнями.

Проте варто констатувати, що повністю мета роботи не досягнута. Одержані дані не дають можливість сформулювати критерії розбавки геохімічних аномалій за належністю до одного з двох виділених структурно-формаційних типів карбонатитових масивів. Це пояснюється передусім неповнотою геохімічних даних щодо фенітових ореолів масивів центрального типу за набором елементів. Поповнення цих даних є актуальним завданням подальших досліджень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Багдасаров Ю. А. Линейно-трещинные тела карбонатитов – новая субформация ультраосновных-щелочных карбонатитовых комплексов//Докл. АН СССР – 1979. – Т. 248. – № 2. – С. 412–415.

2. Багдасаров Ю. А. О полиформационности карбонатитов и объеме термина “карбонатит”//ЗВМО. – 1992. – № 2. – С. 110–116.

3. Глевасский Е. Б., Кривдик С. Г. Докембрийский карбонатитовый комплекс Приазовья. – К.: Наукова думка, 1981. – 228 с.

4. Глевасский Е. Б., Кривдик С. Г. Фениты Черниговского карбонатитового комплекса (Приазовье)//Геол. журнал. – 1978. – Т. 38. – № 4. – С. 77–89.

5. Дунаев В. А. Геологическое строение и особенности генезиса Дубравинского массива щелочных пород и карбонатитов (КМА)//Изв. высших учебных заведений. Геология и разведка. – 2006. – № 5. – С. 30–33.

6. Евдокимов М. Д. Фениты Турьинского щелочного комплекса Кольского полуострова. – Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1982. – 248 с.

7. Кривдик С. Г., Ткачук В. И. Петрология щелочных пород Украинского щита. – К.: Наукова думка, 1990. – 403 с.

8. Лапин А. В., Плошко В. В., Малышев А. А. Карбонатиты зоны Татарского глубинного разлома на Енисейском кряже//Геология рудных месторождений. – 1987. – № 1. – С. 30–45.

9. Левин В. Я., Роненсон Б. М., Самков В. С. и др. Щелочно-карбонатитовые комплексы Урала. – Екатеринбург: Уралгеолком, 1997. – 274.

10. Самойлов В. С. Геохимия карбонатитов. – М.: Наука, 1984. – 192 с.

11. Сергеев А. С. Фениты комплекса ультраосновных и щелочных пород. – Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1967. – 164 с.

12. Собаченко В. Н., Гундобин А. Г. Формационный тип приразломных щелочных карбонатно-силикатных метасоматитов и связанных с ними карбонатитов//Геология и геофизика. – 1993. – № 5. – С. 113–120.

13. Туттл О., Гиттинс Дж. Карбонатиты. – М.: Мир, 1969. – 488 с.

14. Шнюков С. Е. Апатиты, цирконы и сфены из околокарбонатитовых фенитов и щелочных метасоматитов зон диафтореза Украинского щита как петрогенетические и геохимические индикаторы. Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. – Львов, 1988. – 25 с.

15. Шнюков С. Е. Особенности процесса фенитизации Черниговского карбонатитового комплекса Западного Приазовья//Геол. журнал. – 1983. – Т. 43. – № 4. – С. 52–61.

16. Шнюков С. Е., Щербина Р. Н. Десилицированные породы Черниговской зоны//Докл. АН УССР. – Серия Б. – 1988. – № 2. – С. 28–30.

17. Щербак Н. П., Загнитко В. Н., Артеменко Г. В., Бартницкий Е. Н. Геохронология крупных геологических событий в Приазовском блоке УЩ//Геохимия и рудообразование. – 1995. – № 21. – С. 112–129.

18. Andersson M., Malehmir A., Troll V. R., Dehghannejad M., Juhlin C. et al. Carbonatite ring-complexes explained by caldera-style volcanism//Scientific Reports. – 2013. – № 3. – P. 1–9.

19. Hanski E., Mertanen S., Rämö T., Vuollo J. Dyke Swarms – Time Markers of Crustal Evolution: Selected Papers of the Fifth International Dyke Conference in Finland, Rovaniemi, Finland, 31 July–3 Aug 2005 & Fourth International Dyke Conference, Kwazulu-Natal, South Africa 26–29 June 2001. <https://books.google.com.ua/books?id=59qGiHx8J9oC&pg=PA147&dq=Dyke+Swarms++Time+Markers+of+Crustal+Evolution:+Selected+Papers+of+the&hl=ru&sa=X&ei=vKapVP75JcKgyAPAzYH4DQ&ved=0CBsQ6AEwAA#v=onepage&q=Dyke%20Swarms%20%20Time%20Markers%20of%20Crustal%20Evolution%3A%20Selected%20Papers%20of%20the&f=false>

20. Kresten P. A magnetometric survey of the Alnö Complex//Geologiska Foreningens i Stockholm Förhandlingar. Stockholm. – 1976. – Vol. 98. – P. 361–362.

21. Kresten P. The Alnö complex: tectonics of dyke emplacement//Lithos. Oslo. – 1980. – № 13. – P. 153–158.

22. Kresten P. The chemistry of fenitization: examples from Fen, Norway//Chemical Geology, 68. – 1988. – P. 329–349.

23. Morogan V. Mass transfer and REE mobility during fenitization at Alnö, Sweden//Contribution to Mineralogy and Petrology. – 1989. – Vol. 103. – Issue 1. – P. 25–34.

24. Morogan V., Woolley A. Fenitization at the Alnö carbonatite complex, Sweden; distribution, mineralogy and genesis//Contributions to Mineralogy and Petrology. – 1988. – Vol. 100. – P. 169–182.

25. Puustinen K. Geology of the Siilinjärvi carbonatite complex, Eastern Finland//Bull. de la Commission Geologique de Finlande. – № 249. – Otaniemi, 1971. – 44 p.

26. Roopnarain Sh. Petrogenesis of Carbonatites in the Alnö Complex, Central Sweden. Uppsala University, Uppsala. – 2014. – 100 p. <http://www.divaportal.org/smash/get/diva2:687231/FULLTEXT02>

27. Vartiainen H., Woolley A. R. The petrography, mineralogy and chemistry of the fenites of the Sokli carbonatite intrusion, Finland. Geological Survey of Finland, Bulletin, 280. – 1976. – 87 p.

28. Vuorinen Jaana Hode. The Alnö alkaline and carbonatitic complex, east central Sweden – a petrogenetic study//Doktorsavhandling (Thesis) University of Stockholm, Stockholm. – 2005. – 130 p. <http://www.divaportal.org/smash/get/diva2:195305/FULLTEXT01.pdf>

REFERENCE

1. Bagdasarov Yu. A. Linear-fractured carbonatite bodies – the new subformation of ultrabasic-alkaline carbonatite complexes//Reports of the USSR Academy of Sciences. – 1979. – Т. 248. – № 2. – P. 412–415. (In Russian).

2. Bagdasarov Yu. A. About the carbonatites multiformalional and the scope of the term “carbonatite”/Notes of the Russian Mineralogical Society. – 1992. – P. 110–116. (In Russian).

3. Glevasskiy E. B., Krivdik S. G. Precambrian carbonatite complex, Pre-Azov Region. – Kiev: The scientific thought, 1981. – 227 p. (In Russian).

4. Glevasskiy E. B., Krivdik S. G. Fenites of Chernigovskiy carbonatite complex (Pre-Azov Region)//The geological journal. – 1978. – Т. 38. – № 4. – P. 77–89. (In Russian).

5. Dunaev V. A. Geological structure and genesis features of Dubravinka massif alkaline rocks and carbonatites (KMA)//News of higher educational institutions. Geology and exploration. – 2006. – № 5. – P. 30–33. (In Russian).

6. Evdokimov M. D. Fenites of Turinskiy alkaline complex of Kola peninsula. – Leningrad: Publishing house of Leningrad University, 1982. – 248 p. (In Russian).

7. Krivdik S. G., Tkachuk V. I. The petrology of Ukrainian Shield alkaline rocks. – Kiev: The scientific thought, 1990. – 408 p. (In Russian).

8. Lapin A. V., Ploshko V. V., Malyshev A. A. The carbonatites of the Tatarska deep-seated fault zone in the Yenisei Ridge//The geology of ore deposits. – 1987. – № 1. – P. 30–45. (In Russian).

9. Levin V. Ya., Ronenson B. M., Samkov V. S. et al. Alkaline-carbonatite complexes of Ural. – Yekaterinburg: Uralgeolkom, 1997. – 274 p. (In Russian).

10. Samoylov V. S. The geochemistry of carbonatites. – Moscow: The science, 1984. – 193 p. (In Russian).

11. Sergeev A. S. Fenites of complex of ultrabasic and alkaline rocks. Leningrad: Publishing house of Leningrad University, 1967. – 164 p. (In Russian).

12. Sobachenko V. N., Gundobin A. G. The formation type of near-fault alkaline carbonate-silicate metasomatic rocks and associated carbonatites//Geology and Geophysics. – 1993. – № 5. – P. 113–120. (In Russian).

13. Tuttle O., Gittins J. Carbonatites. – Moscow: The World, 1969. – 488 p. (In Russian).

14. Shnyukov S. E. Apatite, zircon and sphene from fenites associated with carbonatites, and alkaline metasomatic rocks of Ukrainian Shield diaphthoresis zones as petrogenetic and geochemical indicators. Ph. D. Thesis. – Lviv: Ivan Franko State University, 1988. – 25 p. (In Russian).

15. Shnyukov S. E. Fenitization process features of Chernigovka carbonatite complex of the West Pre-Azov Region//The geological journal. – 1983. – Т. 43. – № 4. – P. 52–61. (In Russian).

16. Shnyukov S. E., Scherbina R. N. Desilicated rocks of the Chernigovka zone//Reports of the Ukrainian SSR Academy of Sciences. – B series. – 1984. – № 2. – P. 28–30. (In Russian).

17. Scherbak N. P., Zagnitko V. N., Artemenko G. V., Bartnitskiy E. N. Geochronology of large geological events in Priazovskiy block of UkrSh//Geochemistry and Ore Formation. – 1995. – № 21. – P. 112–129. (In Russian).

18. Andersson M., Malehmir A., Troll V. R., Dehghannejad M., Juhlin C. et al. Carbonatite ring-complexes explained by caldera-style volcanism//Scientific Reports. – 2013. – № 3. – P. 1–9.

19. Hanski E., Mertanen S., Rämö T., Vuollo J. Dyke Swarms – Time Markers of Crustal Evolution: Selected Papers of the Fifth International

Dyke Conference in Finland, Rovaniemi, Finland, 31 July–3 Aug 2005 & Fourth International Dyke Conference, Kwazulu-Natal, South Africa 26–29 June 2001. <https://books.google.com.ua/books?id=59qGiHx8J9oC&pg=PA147&dq=Dyke+Swarms++Time+Markers+of+Crustal+Evolution:+Selected+Papers+of+the&hl=ru&sa=X&ei=vKapVP75JcKgyAPAzYH4DQ&ved=0CBsQ6AEwAA#v=onepage&q=Dyke%20Swarms%20%20Time%20Markers%20of%20Crustal%20Evolution%3A%20Selected%20Papers%20of%20the&f=false>

20. *Kresten P.* A magnetometric survey of the Alnö Complex // Geologiska Foreningens i Stockholm Förhandlingar. – Stockholm. – 1976. – Vol. 98. – P. 361–362.

21. *Kresten P.* The Alnö complex: tectonics of dyke emplacement// Lithos. Oslo. – 1980. – № 13. – P. 153–158.

22. *Kresten P.* The chemistry of fenitization: examples from Fen, Norway//Chemical Geology. – № 68. – 1988. – P. 329–349.

23. *Morogan V.* Mass transfer and REE mobility during fenitization at Alnö, Sweden//Contribution to Mineralogy and Petrology. – 1989. – Vol. 103. – Issue 1. – P. 25–34.

24. *Morogan V., Woolley A.* Fenitization at the Alnö carbonatite complex, Sweden; distribution, mineralogy and genesis//Contributions to Mineralogy and Petrology. – 1988. – Vol. 100. – P. 169–182.

25. *Puustinen K.* Geology of the Siilinjärvi carbonatite complex, Eastern Finland//Bull. de la Commission Geologique de Finlande. – № 249. – Otaniemi. – 1971. – 44 p.

26. *Roopnarain Sh.* Petrogenesis of Carbonatites in the Alnö Complex, Central Sweden. Uppsala University, Uppsala. – 2014. – 100 p. <http://www.divaportal.org/-smash/get/diva2:687231/FULLTEXT02>

27. *Vartiainen H., Woolley A. R.* The petrography, mineralogy and chemistry of the fenites of the Sokli carbonatite intrusion, Finland//Geological Survey of Finland, Bulletin. – № 280. – 1976. – 87 p.

28. *Vuorinen Jaana Hode.* The Alnö alkaline and carbonatitic complex, east central Sweden – a petrogenetic study//Doktorsavhandling (Thesis) University of Stockholm, Stockholm. – 2005. – 130 p. <http://www.divaportal.org/smash/get/diva2:195305/FULLTEXT01.pdf>

Рукопис отримано 14.01.2015.



ШАНОВНІ КОЛЕГИ !

Запрошуємо Вас взяти участь у роботі **Міжнародного геологічного форуму “Актуальні проблеми та перспективи розвитку геології: наука й виробництво (Геофорум-2015)”**, що буде проводитися з 17 по 22 серпня 2015 року в м. Одеса (Україна) Українським державним геологорозвідувальним інститутом і Всеукраїнською громадською організацією “Ноосфера” за підтримки Державної служби геології та надр України.

Мета його проведення – обговорення стану й результатів вивчення мінерально-сировинної бази України, вирішення питань енергетичної безпеки держави, удосконалення законодавства надрокористування, упровадження міжнародних стандартів у практику геологорозвідувальних робіт та інвестиційних проектів.

У програмі Міжнародного геологічного форуму **науково-практичні конференції:**

– “Актуальні проблеми геологічних досліджень, прогнозу, пошуку та оцінки родовищ корисних копалин (Геологічні читання 2015)”;

– “Перспективи використання альтернативних і відновлюваних джерел енергії в Україні (REU 2015)”;

тематичні круглі столи:

– “Нормативно-правова база та наукові аспекти надрокористування в процесі реформування держави”;

– “Формування інвестиційної привабливості об’єктів мінерально-сировинного комплексу України”

Ключові дати:

3 лютого 2015 р. – оголошення про проведення Геофоруму-2015. Перше запрошення.

11 травня 2015 р. – закінчення прийому заявок на участь у Геофорумі-2015.

8 червня 2015 р. – закінчення прийому тез доповідей.

16 серпня 2015 р. – початок реєстрації по прибуттю в м. Одеса.

17 серпня 2015 р. – офіційне відкриття Геофоруму 2015.

17–22 серпня проведення Геофоруму-2015.

Для своєчасного формування програми та бронювання готелю необхідно до **11 травня 2015 р.** направити в оргкомітет заявку на участь у науково-практичних заходах форуму, в якій повідомити прізвище, ім’я та по батькові учасників і назву доповіді. E-mail: geoforum2015@gmail.com.

Детальнішу інформацію стосовно концептуальних засад та організаційних питань зазначеного заходу можна дізнатися на сайті: www.ukrdgri.gov.ua; www.geonews.com.ua

**ЗАПРОШУЄМО ВСІХ КОЛЕГ
ВЗЯТИ УЧАСТЬ У ГЕОФОРУМІ-2015**

БУДЕМО РАДІ ЗУСТРІЧІ В ОДЕСІ!