

УДК 550.8:553.81 (477.42+477.81)

Ю. В. ГЕЙКО, головний геолог партії нерудної сировини (ЦРГД ДП “Українська геологічна компанія”), geykojv@ukr.net,

В. Л. ПРИХОДЬКО, канд. геол. наук, головний геолог (ДП “Українська геологічна компанія”), ugkgg@ukr.net,

В. Є. ФІЛІПОВИЧ, канд. геол. наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу (ДУ “Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України”), filin@casre.kiev.ua, ORCID-0000-0002-9404-8122,

А. Г. МИЧАК, канд. геол. наук, старший науковий співробітник (ДУ “Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України”), ant@casre.kiev.ua,

Р. М. ШЕВЧУК, аспірант, інженер (ДУ “Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України”), ruslancarse@gmail.com

МЕТОДИ ПОШУКІВ РОДОВИЩ АЛМАЗІВ НА ПРИКЛАДІ НОВОГРАД-ВОЛИНСЬКОЇ ПЛОЩІ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА

У статті проаналізовано та оцінено ефективність методів вивчення алмазоносності території Новоград-Волинського блока Українського щита. Докладно описано геолого-геофізичні, петрографічні особливості та визначено пошукові критерії алмазоносності перспективної Новоград-Волинської площі. Висвітлено результати застосування сучасних матеріалів космічних знімачів під час вивчення теплового поля земної поверхні, структурного дешифрування і морфоструктурного аналізу для прогнозування проявів кімберлітового магматизму.

Ключові слова: кімберлітовий магматизм, алмазоносність, інтрузії, магнітна та гравіметрична зйомка, піропова зйомка, багатозональне космічне знімання, тепла аномалія.

Yu. V. Heiko, chief geologist of the non-metallic raw materials department at the Center for Regional Geological Research of the State Enterprise “Ukrainian Geological Company”, geykojv@ukr.net, V. L. Prykhodko, Candidate of Geological Sciences, chief geologist of the State Enterprise “Ukrainian Geological Company”, ugkgg@ukr.net, V. Ye. Filipovych, PhD (geology), Department Head (State institution “Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth of Institute of Geological Science of National Academy of Sciences of Ukraine”), Kyiv, Ukraine, filin@casre.kiev.ua, ORCID-0000-0002-9404-8122, A. H. Mychak, PhD (geology), Senior Researcher (State institution “Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth of Institute of Geological Science of National Academy of Sciences of Ukraine”), Kyiv, Ukraine, ant@casre.kiev.ua, R. M. Shevchuk, PhD student (State institution “Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth of Institute of Geological Science of National Academy of Sciences of Ukraine”), Kyiv, Ukraine, ruslancarse@gmail.com

METHODS OF SEARCHING FOR DIAMOND DEPOSITS ON THE EXAMPLE OF NOVOHRAD-VOLYNSKYI AREA OF UKRAINIAN SHIELD

The article gives an analysis and an assessment of the effectiveness of the methods of studying availability of diamonds of the territory of the Novohrad-Volynskiy block of the Ukrainian Shield. The geological-geophysical and petrographic conditions of the perspective Novohrad-Volynskiy area are described in detail and the search criteria of diamond content are determined. An analysis of the application of modern materials of space surveys in the study of the thermal field of the earth's surface, structural deciphering and morphostructural analysis is presented in order to predict the manifestations of kimberlite magmatism.

Keywords: kimberlite magmatism, diamond-bearing, intrusions, magnetic and gravimetric surveys, pyropes study, multi-zone space survey, thermal anomaly.

Територію України, що являє собою південно-західну частину Східноєвропейської платформи, вважають перспективною для пошуків алмазів різних генетичних типів, з-поміж яких переважає кімберлітовий. Установлено, що головною алмазоперспективною геоструктурою є Український щит (УЩ), який складається з шести мегаблоків, що відрізняються між собою за віком кратонізації і тектоно-магматичної активізації, особливостями геологічної будови та перспективами корінної алмазоносності. На сьогодні трубки і дайки кімберлітів девонського віку відкрито в межах Приазовського мегаблока, а дайки протерозойського віку – у межах Інгульського мегаблока [1]. Роботи з оцінки корінної алмазоносності північного заходу України в межах Волинського мегаблока в різні роки проводили співробітники наукових і виробничих організацій, зокрема й ДГП “Північукргеологія”, ПДРГП “Північгеологія”, ДП “Українська геологічна компанія”. До середини 90-х років ХХ століття сформувались уявлення про найперспективніші території цього регіону: Кухотсько-Більську та Новоград-Волинську площі.

Новоград-Волинська площа (3251 км²) розміщена в межах Новоград-Волинського блока, який також є частиною Волинського мегаблока. У межах цієї площі пошуки корінних родовищ алмазів проводили в 1994–2011 рр. на підставі регіональних критеріїв алмазоносності: підняття поверхні Мохо до 39–40 км, зменшення значень теплового потоку, аномальної проникності земної кори й прямих ознак кімберлітового магматизму (наявність контрастних ореолів індикаторних мінералів кімберлітів і знахідки в їхніх межах алмазів). Потрібно ще додати, що 1994 року канадську компанію “Ньюгейт” цікавила Новоград-Волинська площа як потенційно алмазоносна насамперед тому, що за геологічною будовою й характером геофізичних полів площа подібна до деяких провінцій Канадського щита, де виявлено трубки та дайки алмазоносних кімберлітів. У період з II кв. 1994 р. до II кв. 1996 р. пошукові роботи на алмази виконувало ДГП “Північукргеологія” коштом компанії “Ньюгейт” (Канада), але дозволу на продовження робіт компанія не отримала. Згодом 2003 року було підписано контракт щодо виконання науково-дослідних робіт між ПДРГП “Північгеологія” та Де Бірс Канада Експлорейшен Інкорпорейшен на Кухотсько-Більській і Новоград-Волинській площах, який успішно завершено 2004 року. Упродовж 2004–2006 рр. компанія

Де Бірс Канада Експлорейшен Інкорпорейшен намагалася укласти інвестиційний контракт для проведення пошуків корінних джерел алмазів на вказаних вище площах та інших перспективних територіях УЩ, але отримала відмову. Внаслідок усіх проведених досліджень, окрім додаткової інформації щодо поширення численних ореолів індикаторних мінералів кімберлітів (зокрема й алмазів), виявлено гіпабісальні інтрузії лужно-ультраосновних порід, представлених олівіновими мельтейгітами, якупірангітами та йїолітами, і дайки меланефелінітів субвулканічної фації, в яких є ксенокристи характерних для кімберлітів мінералів мантийних порід. Ізотопний U-Pb вік лужно-ультраосновних порід варіює в часовому інтервалі 2014–2051 млн років (визначено за фенокристичним цирконом). Уперше на цій частині УЩ ще одну інтрузію подібного складу відкрив В. П. Лабунний 1986 року поблизу смт Городниці (Житомирської обл.), яка отримала однойменну назву. Дослідження цих лужно-ультраосновних порід засвідчили, що їхні інтрузивні тіла є мало еродованими, а отже йдеться про збереженість від ерозії в межах території їхнього розвитку не лише кімберлітових дайок, а й трубок.

Багато дослідників вважає Новоград-Волинську площу зоною знесення уламкового матеріалу до Білокоровицької западини [1, 2, 3, 8], де внаслідок геологознімальних і спеціалізованих пошукових робіт виявлено приблизно 100 зерен алмазів. Їхні знахідки розподіляють таким чином: конгломерати нижньобілокоровицької підсвіти – 42, пісковики базального горизонту нижньобілокоровицької підсвіти – 2, пісковики верхньобілокоровицької підсвіти – 45. Крім того, було проведено валове випробування дайки каолінізованих діабазів, розкритої кар'єром Олевського щебзаводу, що залягає серед пісковиків верхньобілокоровицької підсвіти, і в 1979–1982 рр. виявлено 14 зерен алмазів розміром від 0,2–0,4 до 0,7×0,6×0,5 мм.

За даними С. М. Цимбала [16], з типохімічних ознак піропу, хромдіопсиду, омфациту і хромшпінелідів з конгломератів і пісковиків білокоровицької світи випливає, що одним з їхніх корінних джерел були палеопротерозойські лужно-ультраосновні породи Городницької, Болярківської (Болярської), Глумчанських дайок та інтрузій і Губківських дайок, розміщених у межах південної частини Новоград-Волинської площі. Потужнішим, але поки що лише прогнозованим корінним джерелом алмазів і його мінералів-супутників учені вважають кімберліти палеопротерозойського віку.

Але нині є переконливі дані, за якими вік білокоровицької світи є палеозойським (В. І. Полетаєв, В. Я. Великанов, В. М. Ключков, Т. П. Міхницька та ін.). За цими даними, нижня частина нижньобілокоровицької підсвіти (зокрема й конгломерати в її підшві) містить палеонтологічну асоціацію пізньодевонського віку, а верхня – турнейського. Ця обставина дає змогу припустити наявність кімберлітового магматизму не тільки протерозойського, а й девонського віку, що набагато посилює перспективи південної частини Новоград-Волинської площі на виявлення продуктивних родовищ алмазів, позаяк саме девонський етап кімберлітового магматизму є найпоширенішим у всіх алмазоносних провінціях світу.

Тепер щодо вибору самих методів пошуків алмазів. Потрібно підкреслити, що методичні розробки і досвід пошукових робіт в Якутській та інших алмазоносних провінціях можна використовувати тільки з огляду на специфіку геологічної будови Новоград-Волинської площі та відповідно особливості пошуків. Ці провінції істотно відрізняються від площі досліджень геологічними й геоморфологічними умовами,

які дають змогу успішно застосовувати традиційні методи пошуків родовищ алмазів – піропову зйомку й звірення магнітних аномалій. Так, шліхове випробування (піропова зйомка) у межах Новоград-Волинської площі, наприклад, сучасного аловію, не є досить інформативним через розмивання річковою мережею палеоген-неогенових та інших осадових порід, що були вторинними колекторами індикаторних мінералів кімберлітів. Проте в палеоген-неогенових, а також четвертинних колекторах у межах Новоград-Волинської площі на локальних ділянках встановлено контрастні ореоли індикаторних мінералів кімберлітів, зокрема й алмази. Використання другого головного методу – аеромагнітної масштабу 1:10 000 і наземної магнітної зйомки масштабу 1:5 000–1:1 000 в комплексі з іншими геофізичними методами для розбурювання і звірення перспективних локальних аномалій бурінням інтерпретаційних свердловин також не дає однозначних критеріїв для пошуків корінних джерел алмазів. На сучасному ерозійному рівні Новоград-Волинського блока, де зосереджено пошукові роботи, залягають давні, майже немагнітні (з магнітною сприйнятливістю в середньому 0,00015–0,00025 од. СІ) і однорідні, витримані за густиною (здебільшого 2,63–2,67 г/см³) гранітоїди рами – переважно плагіомігматити шерметівського комплексу палеопротерозою. Вони перекриті чохлам пухких немагнітних мезозой-кайнозойських відкладів потужністю в середньому 10–15 м [9].

Предметом пошуків у межах Новоград-Волинського блока, з огляду на глибокий ерозійний зріз фундаменту і, швидше за все, через брак растрової частини ймовірних діатрем, відповідно до узагальненої моделі кімберлітових трубок є невеликі штокоподібні, конусоподібні тіла кімберлітів і лампроїтів діаметром від перших десятків до 100 м, а також дайки цих порід потужністю від 1–3 до 10–15 м. У межах Новоград-Волинської площі в умовах неглибокого залягання кристалічних порід застосовували таку технологію. На першому етапі виконували аеромагнітну зйомку масштабу 1:10 000, унаслідок аналізу матеріалів якої за відпрацьованою технологією виділяли перспективні лінійні й кільцеві структури та окремі локальні магнітні аномалії. Відтак у польових умовах відновлювали й деталізували ці аномалії на місцевості великомасштабними (1:5 000–1:2 000) наземними магнітометричними спостереженнями, моделювали й визначали параметри аномалієутворювального об'єкта, оцінювали його перспективність і, залежно від суми чинників, виробляли конкретне рішення щодо подальшого вивчення геофізичними методами й звірення бурінням [9].

У межах Новоград-Волинської площі за час проведення пошукових робіт відновлено на місцевості й деталізовано наземними 98 геофізичними зйомками масштабів 1:2 000–1:5 000 та частково звірено бурінням 68 окремих перспективних аеромагнітних аномалій. Більшість аномалій вивчено однією вертикальною пошуково-картувальною свердловиною завглибшки 50–100 м. Перспективні важкодоступні й особливо вузькі лінійно видовжені аномалії розкрито похилими свердловинами завглибшки 150–200 м під кутом 50–55°. Найрезультативнішу геологічну інформацію отримано саме під час похилого буріння, але його обсягу явно не досить. Такими свердловинами розкрито всього вісім аномалій, що становить 7 % від усіх рекомендованих, тоді як похиле буріння має бути головним засобом для звірення перспективних на корінні джерела алмазів геофізичних аномалій.

Розкриті під час буріння корінні породи та їхню кору вивітрювання ретельно вивчали, особливу увагу приділя-

ли породам основного та ультраосновного складу, а також дрібнозернистим і тонкозернистим меланократовим утворенням неясного генезису. Це пов'язано з тим, що кімберліти й лампроїти, як і основні та ультраосновні породи дайкових і особливо ефузивних фацій, складно діагностувати, якщо зважати на протерозойський вік імовірного кімберлітового магматизму. Подальші процеси метаморфізму й метасоматозу зумовили неабияке перероблення порід, зокрема й кімберлітів, аж до цілковитої втрати характерних для них мінералого-петрографічних особливостей [4, 10]. У цьому разі єдиною підставою для зарахування породи до кімберлітів або лампроїтів буде наявність у ній алмазів і (або) мінералів-індикаторів, а для цього потрібне відбирання технологічних проб і всебічні дослідження.

За критеріями й ознаками, такими як локальні гравімагнітні аномалії різної амплітуди, петрохімічні й геохімічні критерії, наявність магматичних утворень лужно-ультраосновного складу, мінералогічні ознаки тощо з використанням матеріалів аеромагнітної зйомки масштабу 1:10000 виділено два класи перспективних структур: кільцеві структури III–IV рангів, а також окремі лінійні структури та вузли їхнього перетину.

Крім вищевказаних методів, для виділення ділянок, перспективних щодо проведення пошукових робіт на корінні джерела алмазів, використовували результати великомасштабних палеогеоморфологічних досліджень мезозою та кайнозою Новоград-Волинської площі. Унаслідок виявлено історичну послідовність та еволюційні закономірності розвитку її морфосистеми в мезозої та кайнозої; установленно просторові, історичні, генетичні зв'язки між процесами утворення її форм та елементів і виникнення колекторів алмазів в осадових породах; виявлено шляхи транзиту і ймовірні місця накопичення алмазів. З огляду на результати всіх зазначених досліджень подальші роботи з пошуків корінних джерел алмазів запропоновано зосередити на двох перспективних площах: Губківській і Анастасівсько-Болярській, (відповідно 125 та 350 км²), розміщених у вузлах перетину мантійних розломів північно-східного й північно-західного простягання. У межах названих площ попередніми роботами встановлено ореоли мінералів-супутників алмазів, зокрема й з окремими кристалами алмазів в осадовому чохлах, та лужно-ультраосновні породи із ксенокристаломінералів, характерних для кімберлітів і ксенолітів глибинних перидотитів та еклогітів у кімберлітах, деякі з яких представлені кристалами алмазної асоціації [12–15].

В осадовому чохлах Губківської та Анастасівсько-Болярської площі виявлено 12 зерен алмазів. Умісними породами для них є неогенові та четвертинні відклади: переважно дрібнозернисті, зрідка середньозернисті, дрібно-середньозернисті, тонко-дрібнозернисті піски, іноді перевідкладені кори вивітрювання кристалічних порід. Усі зерна – це уламки розміром до 0,4 мм ізометричної, неправильної або сплющеної форми з невизначеним габітусом або фрагментами октаедричного, тільки один кристал має форму правильного куба. Більшість зерен безбарвні, прозорі, деякі з них із сіруватим, бежевим або рожеватим відтінком, два зерна темно-сірого забарвлення через численні вкраплення. В ультрафіолетових променях зерна біло-, синьо-блакитного, одиничні зерна ніжно-рожевого, місячно-білого, лимонно-жовтого забарвлення, три зерна без люмінесценції, ізотропні. За розмірами, морфологією, характером поверхонь і фотолюмінесценції алмази є кристалами, типовими для розсіпів України, зокрема й з

конгломератів Білокоровицької структури. Найімовірнішим є їхній кімберлітовий (лампроїтовий) генезис [6, 8, 16]. Зважаючи на всю наявну інформацію, з високою достовірністю в межах цих площ можна прогнозувати кімберлітові тіла малослюдистого типу, які містять продукти дезінтеграції верхньомантійних перидотитів і еклогітів, зокрема й алмазної фації. Дослідження лужно-ультраосновних порід Губківської та Анастасівсько-Болярської площі засвідчили, що їхні інтрузивні тіла є мало еродованими, а отже йдеться про збереженість від ерозії в межах цих площ не лише кімберлітових дайок, а й трубок.

У межах перспективних площ за попередніми даними, з огляду на матеріали останніх досліджень [12–16], виконати комплекс геолого-геофізичних робіт пропонуємо на трьох ділянках (Маринінській, Малоглумчанській та Болярській), де виявлено дайки й малі інтрузії лужно-ультраосновних порід з ксенолітами й ксенокристали глибинних утворень алмазної асоціації. Маринінська ділянка розміщена в межах Губківської площі, Малоглумчанська та Болярська – у межах Анастасівсько-Болярської.

Для уточнення ступеня перспективності та меж інших ділянок на Губківській і Анастасівсько-Болярській перспективних площах було запропоновано виконати дешифрування космічних знімків, великомасштабних аерофотознімків і морфоструктурний аналіз у поєднанні з усією наявною геолого-геофізичною інформацією.

Щоб отримати додаткову інформацію на Губківській та Анастасівсько-Болярській площах використано ще один новий для території України метод, а саме: вивчення теплового поля земної поверхні на основі сучасних матеріалів космічних знімків у довгохвильовому (тепловому) інфрачервоному діапазоні електромагнітного спектра для прогнозування ділянок (місць) проявів порід кімберлітового складу. У комплексі цих робіт виконано також структурне дешифрування великомасштабних аерознімків, сучасних багатоспектральних космічних даних (супутники серії Landsat та Word-View) і морфоструктурні дослідження з використанням цифрової моделі рельєфу для виділення структурних чинників контролю можливого розміщення кімберлітових тіл. Для структурного дешифрування й морфоструктурного аналізу додатково було залучено створену за даними космічного радарного (SRTM) й оптичного стереознімання (ASTER) цифрову модель рельєфу.

За даними теплового (довгохвильового ІЧ-діапазону) космічного знімання змодельовано часові ряди (період 33 роки) температури поверхні на Губківській і Анастасівсько-Болярській площах, розраховано тренди й виявлено локальні температурні аномалії.

Стисло щодо методики та результатів дистанційних досліджень

Під час експериментальних робіт з дослідження температури земної поверхні у зв'язку з пошуками кімберлітових тіл на першому етапі було проведено структурне дешифрування пошукової площі з елементами морфоструктурного аналізу цифрової моделі рельєфу. Паралельно ми формували базу космічних матеріалів супутників серії Landsat і обчислювали температурні показники. На другому етапі аналізували результати проведених аерокосмогеологічних досліджень і виділяли перспективні, на наш погляд, ділянки для виявлення пошукових об'єктів.

Загалом район дослідження (Анастасівсько-Болярська й Губківська площі та прилеглі до них території) є несприятли-

вим для прямого дешифрування геологічної структури. Виходів корінних порід кристалічної основи на денну поверхню немає, вони перекриті осадовими товщами потужністю в десятки метрів. Регіон належить до зони малоамплітудних неотектонічних рухів із широким розвитком акумулятивних форм рельєфу, а природні ландшафти зазнали великого техногенного впливу тощо. Тому на таких “закритих територіях” на першому місці для виявлення об’єктів, пов’язаних з кімберлітовим магматизмом, є структурні чинники: лінеamenti (розломи) та кільцеві структури.

Виявлені на аерокосмічних зображеннях Анастасівсько-Болярської й Губківської площ та прилеглих до них територій лінійні об’єкти поділено за ознакою довжини й відповідно за значимістю на субрегіональні, регіональні і локальні.

Субрегіональні лінеamenti (стосовно території досліджень) – це зони лінійних аномалій текстури космічних зображень завширшки від 0,5 до 1,0–5,0 км, протяжністю в декілька десятків, сотень і більше кілометрів. Такі об’єкти виражені на денній поверхні окремими відрізками спрямлених елементів ерозійно-денудаційного або акумулятивного рельєфу, а подекуди малоконтрастними різницями спектральних характеристик зображення, зумовлених гідрогеологічними, ґрунтовими, геоботанічними особливостями відтворення ландшафтів на космічних знімках. З геологічного погляду це специфічний клас диз’юнктивних структур, які відображають найзагальніший план тріщинуватості земної кори, мають глибинне походження і за віком є, мабуть, допалезойськими. Часто магматизм у цих зонах представлений окремими лужно-ультраосновними дайками, а можливо й трубками вибуху, хоча, звичайно, є й інші варіанти.

Субрегіональні лінеamenti в межах Анастасівсько-Болярської й Губківської площ мають два напрямки: північно-західний і північно-східний. Субрегіональні лінеamenti цієї системи фрагментарно збігаються із простяганнями відомих раніше регіональних та інших розломів, виділених на основі інтерпретації геолого-геофізичних даних.

З цього погляду, важливим є збіг напрямків деяких лінеamenti з розломами мантійного закладення Суцано-Пержанської зони – Майдансько-Тепеницьким та ін., що може слугувати непрямим підтвердженням глибинного генезису інших субрегіональних лінеamenti.

Загалом значення субрегіональних лінеamenti для виявлення проявів кімберлітового магматизму варто розглядати з позицій як найактивніших зон тектонічних переміщень блокових структур глибинного закладення, а місця їхнього перетину – як ділянок (площ), у межах яких відбуваються процеси найінтенсивнішого розкриття магмопровідних каналів і проявів магматизму.

Регіональні лінеamenti. Це лінійні, часто з невеликими переривами чіткі лінійні об’єкти дистанційного зображення завширшки від десяти до перших сотень метрів. Завдовжки вони можуть сягати і сотень кілометрів. У напрямку свого простягання ці лінеamenti об’єднують локальні тектонічні розриви, зокрема й лінійні зони тріщинуватості гірських порід. Регіональні лінеamenti як контактні зони різних блокових структур частіше вирізняються неабиякою динамічністю (активністю), вони можуть зумовлювати не тільки магматичну діяльність, але утворювати їхні осередки, особливо в місцях перетину регіональних і субрегіональних лінеamenti різного простягання.

У межах дослідженої території регіональні лінеamenti створюють досить щільну мережу чотирьох домінуючих на-

прямків: північно-західного, субмеридіонального, субширотного й північно-східного.

Переважно всі регіональні лінеamenti цілком або фрагментарно збігаються з імовірними розломами, виявленими за даними геолого-геофізичної інтерпретації результатів попередніх досліджень.

Локальні лінеamenti. Локальні лінеamenti дешифрують на матеріалах космічного знімання з високою просторовою роздільною здатністю (1–5 м на місцевості). Загалом ці локальні лінійні об’єкти є здебільшого елементами структур вищих порядків, насамперед регіональних, а також доповнюють за простяганням регіональні лінеamenti, відбиваючи, очевидно, їхню продовження як прояв зон тріщинуватості.

Кільцеві структури. За матеріалами дистанційних зйомок Анастасівсько-Болярської й Губківської площ виділяють велику кількість різних за розмірами кільцевих утворень (структур). Перевагу під час їхнього картування надавали кільцевим утворенням діаметром від декількох десятків до перших сотень метрів, а також від одного до перших десятків кілометрів. Такі “дрібні” кільцеві утворення виявляють зазвичай на матеріалах дистанційної зйомки з високою просторовою роздільною здатністю (від 1 до 15 м, щонайбільше до 30 метрів). У межах дослідженої території кільцеві структури поділено умовно на два ранги, залежно від їхнього діаметра: 2,5–10,0 і 1,0–2,5 км.

Структури першого рангу (2,5–15,0 км). Кільцевих утворень цього рангу в межах регіону досліджень виявлено 3 шт. (як найупевненіше віддешифрованих). Найчіткішою є структура розміром 5,8×4,8 км, яка розміщується в північно-західній частині Губківської площі, обмеженої субрегіональними лінеаментами. По периферії цієї структури (на заході та сході) виявлено три сателітні кільцеві структури діаметром до 2 км. У межах кільцевого утворення – п’ять менших за розмірами (0,7–1,0 км) структур. Цю структуру перетинають регіональні лінеamenti північно-західного, північно-східного, субширотного й субмеридіального напрямків, обмежуючи її з усіх боків і водночас поділяючи на окремі сектори (блоки). Відповідно до такої будови цього кільцевого утворення, наявності довкола мережі різнопорядкових лінійних структур та з огляду на дані морфоструктурного аналізу можна вважати цей об’єкт збереженою давньою структурою земної кори (кальдерового типу) і за інших рівних умов розглядати її як площу для подальших досліджень щодо найімовірнішого виявлення кімберлітового магматизму.

Структури другого рангу (1,0–2,5 км). Кільцеві утворення другого рангу дешифрували переважно за матеріалами аерофотозйомки та даних супутника WorldView-1 і тільки в межах Анастасівсько-Болярської площі. Діаметр цих структур 1,0–2,5 км. Питання щодо їхнього генезису є найскладнішим і потребує обов’язкових наземних польових досліджень.

Стосовно проведених досліджень теплового поля земної поверхні дистанційними методами на основі супутникової інформації акцентуємо, що цей підхід на сьогодні є експериментальним і під час геологічних досліджень цього спрямування в межах України його використовують уперше. Теоретичні основи застосування дистанційної теплової (геотермічної) зйомки під час пошуків корисних копалин закладено ще в 70–80 рр. XX століття. Унаслідок робіт на алмазоносних територіях в Архангельській та Вологодській областях (Зимнобережний комплекс) було зроблено висновки [11], що польова геотермозйомка як один з пошуково-геофізичних методів дає змогу вирішувати такі завдання: а) оконтурювати

тіла, які за теплофізичними властивостями відрізняються від умісних порід (породи кімберлітових трубок мають теплопровідність нижчу, ніж породи, які їх містять), що є підставою за вимірюванням температур у приповерхневому шарі виділити та оконтурити вкорінене тіло; б) чітко фіксувати тектонічні порушення різного рангу й визначити їхню “провідність”.

Отже, по-перше, через нижчу теплопровідність кімберлітових порід і, можливо, вищу їхню теплову інерцію, з’являється змога картувати подібні утворення за допомогою аномалій температур земної поверхні. Для того, щоб уникнути великої кількості швидко змінних чинників, пов’язаних з метео- і кліматичними умовами, автори, ґрунтуючись на досвіді використання космічного знімання в тепловому діапазоні, запропонували для геолого-пошукових цілей використовувати тільки постійні в часі й просторі температурні аномалії, які виявлено внаслідок аналізу часових рядів космічних даних з теплових сканерів супутників серії Landsat. Водночас, що більший часовий інтервал охоплює космічне знімання, то достовірнішими є результати.

По-друге, температурні аномалії можуть свідчити про підвищений тепловий потік з надр, пов’язаний, як з “розкритістю” глибинних розломів, так і з їхньою сучасною активізацією.

Інтерпретація температурних аномалій полягає у виявленні таких територій, на температуру яких найімовірніше впливають ендегенні чинники. Оскільки аномалії можуть відображати як зони аномально низьких, так і аномально високих температур, а також різницю їхнього коливання, то варто виділити підвищено/понижено прогріті ділянки в межах аномалій і визначити вплив на них ендегенних чинників. Для цього потрібно проаналізувати річні показники температур на аномальних ділянках. Через те, що різні породи мають різну теплоємність і тепловіддання, вони по-різному прогриваються в різні пори року і про вплив ендегенного чинника можуть свідчити сталі температурні відхилення в сезонному прогріванні.

Під час інтерпретації виявлено, що поверхня ділянки поблизу села Болярки впродовж 33 років як у зимові, так і в літні місяці має постійно вищу температуру, ніж навколишні території. Спільний аналіз результатів геолого-геофізичних та аерокосмогеологічних досліджень цього району, який виконав об’єднаний колектив представників ЦАКДЗ і ДП “УГК”, дав змогу намітити першочерговий пошуковий об’єкт.

Крім того, виявлено низку сталих у часі та просторі аномалій температури земної поверхні, що не мають очевидних зв’язків з екзогенними чинниками. Особливо цікавою є ділянка на північний схід від селища Соснового, де високі сталі значення температури збігаються з лінійними й кільцевими структурами, виявленими як за геолого-геофізичними, так і за аерокосмогеологічними даними. Зауважимо, що для достовірної інтерпретації виявлених температурних аномалій потрібно провести польові дослідження як візуальні, так і інструментальні, щоб визначити літологічний склад приповерхневих відкладів і звирити температурні аномалії за допомогою термометричних досліджень підґрунтя. Загалом під час застосування методу супутникової геотермії та інтерпретації отриманих даних особливо важливим є детальне визначення літологічного складу покривних порід площі досліджень і метеокліматичних характеристик території на момент зйомки.

Зіставлення результатів проведених дистанційних досліджень з наявною геолого-геофізичною інформацією. Насамперед треба підкреслити, що більша частина виявлених сталих у просторі й часі аномалій температури земної

поверхні в межах Губківської та Анастасівсько-Болярської площ збігається із найперспективнішими ділянками, які виділено внаслідок геолого-геофізичних досліджень. Так у межах ділянки Болярської (4 км², Анастасівсько-Болярська площа), де виявлено дайку лужно-ультраосновних порід гіпабісальної фації, які містять ксенокристи піропу, хромдіопсиду, енстатиту й хроміту, зокрема й алмазної асоціації, встановлено, що поверхня південно-східного кута ділянки (приблизно 0,4 км² у 1,2–1,5 км на схід від дайки) упродовж усього періоду досліджень як у зимові, так і в літні місяці має набагато вищу температуру, ніж навколишні території. Тому отримавши результати досліджень температурного поля земної поверхні, ми провели наземні геофізичні дослідження методами магніторозвідки та гравірозвідки з мережею 20×10 м та 40×40 м відповідно в межах аномалії теплового поля (0,4 км², ділянка Б-1).

Результати наземної магніторозвідки представлено картою ізодинам ΔT_a масштабу 1:2500 з перетином ізодинам 2,5 нТл (рис. 1). Загалом магнітне поле ділянки Б-1 можна розділити на дві частини: північну, що має дещо підвищений фоновий рівень на 10 нТл, і південну. Їхня межа чітко кон-

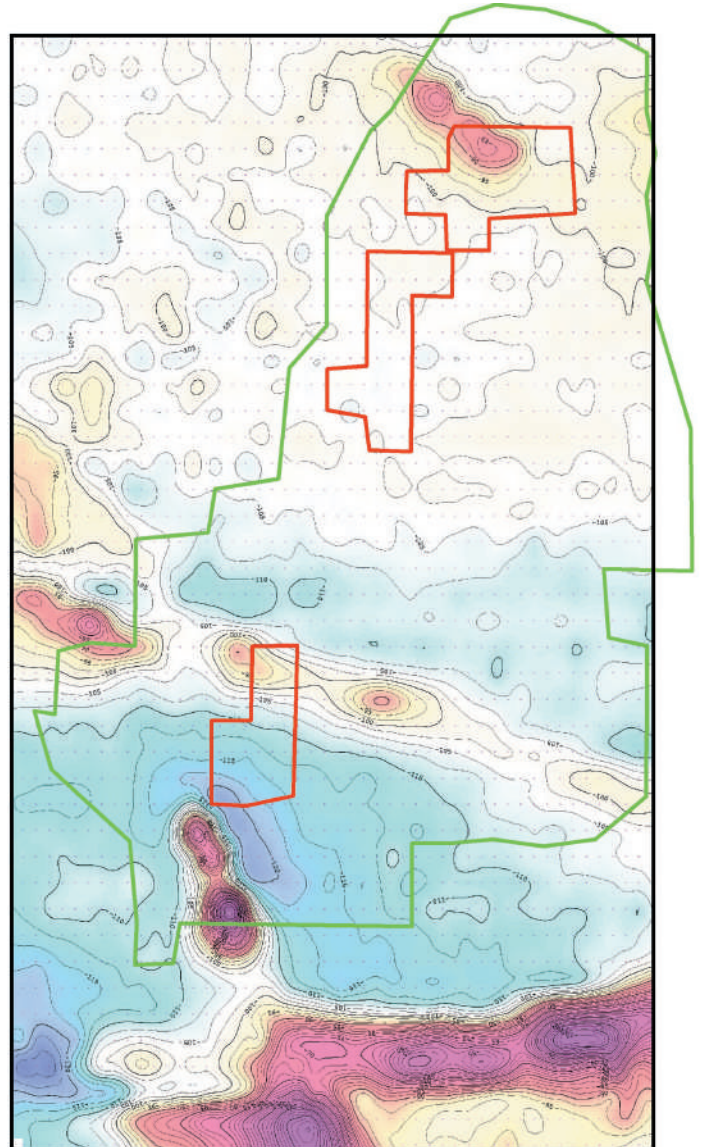


Рис. 1. Карта ізодинам ΔT_a ділянки Б-1. Масштаб 1:2 500

Контурами показано постійні в просторі й часі аномалії температури земної поверхні за інтенсивністю: зеленим – середні, червоним – максималні

тролюється безперервною смугою (Аз. 290°) магнітних максимумів ΔТа, амплітуда яких закономірно зростає в напрямку з південного сходу на північний захід від 10 до 30 нТл. За всіма ознаками ця смуга лінійних максимумів ΔТа загальною протяжністю 500 м зумовлена слабomagнітними дайками невеликої потужності (10–15 м), які виходять на зріз кристалічного фундаменту і також розбиті системою січних порушень (Аз. ~ 345°) на чотири блоки. Найскладніший характер магнітного поля спостережено вздовж південної межі ділянки Б-1, план-малюнок якої сформовано декількома позитивними аномаліями субширотного простягання амплітудою до 100 нТл. Потрібно зауважити, що ця аномальна зона магнітного поля супроводжується витягнутою депресією денної поверхні амплітудою до 2 м, що, ймовірно, може свідчити про наявність тіла ультраосновних порід.

Поле аномалій сили тяжіння також має неоднорідний характер. Його північно-західна частина вирізняється помітно вищим рівнем напруженості поля сили тяжіння, на тлі якого спостерігаються два максимуми. Південно-східна частина ділянки вирізняється складнішою структурою поля сили тяжіння, яка сформована тут фрагментами локальних мінімумів. Зіставлення карти локальних аномалій сили тяжіння з картою магнітного поля вказує на те, що зафіксовані на ділянці Б-1 магнітні аномалії дайкового типу різним чином проявляються в аномальному полі сили тяжіння. Тож вельми неоднорідний диференційований характер магнітного й гравітаційного полів ділянки Б-1, особливо з огляду на її невеликі розміри, свідчить про неабияку складність її структурно-тектонічної будови, що зумовлена, найімовірніше, наявністю зони підвищеної проникності земної кори, з якою пов'язані аномальні значення теплового поля та дайки й тіла порід імовірно ультраосновного (кімберлітового?) складу, але це потребує підтвердження бурінням усіх виявлених аномальних об'єктів.

Майже всі ділянки, перспективні на пошуки кімберлітових тіл, які виділено внаслідок аерокосмогеологічних досліджень, тією чи іншою мірою збігаються з кільцевими структурами III–IV рангу розміром 5–10 км в діаметрі, виявленими здебільшого за характером регіонального складника аномального магнітного поля. Ці кільцеві структури розміщені в межах невеликих блоків фундаменту, обмежених лінійними структурами різних напрямків, де встановлено більшість відомих проявів лужно-ультраосновного магматизму.

Так, ділянка Болярська й тепла аномалія Б-1 розміщені в південній частині Медведівської кільцевої структури діаметром приблизно 5 км, а в північній її частині за даними дистанційних досліджень виділено як ділянку для подальших геолого-геофізичних досліджень кільцеве утворення діаметром приблизно три кілометри зі своїми кільцевими сателітами, яке розміщене на перетині субрегіональних лінеаментів.

Зважаючи на багаторічну стійку аномалію температури земної поверхні (Б-1) та результати структурного дешифрування, тут виділено дві території, перспективні для пошуків кімберлітів, загальною площею приблизно 30 км², що охоплюють майже всю Медведівську структуру та виходять за її межі (рис. 2).

У межах Плумчанської кільцевої структури III рангу діаметром приблизно 8 км, де відомі декілька дайок і тіл лужно-ультраосновних порід, знахідки алмазів у четвертинних та неогенових відкладах, за даними морфоструктурного аналізу виявлено низку кільцевих структур діаметром 0,5–1,0 км,

а саме: у межах ділянки Малоглумчанської, де планують проводити подальші пошукові роботи, встановлено багаторічну стійку аномалію температури земної поверхні та за даними дистанційних досліджень виділено перспективну площу (8 км²) для пошуків кімберлітів (рис. 2).

Ще одну багаторічну стійку аномалію температури земної поверхні виявлено в західній частині зони субрегіонального лінеаменту, на західній межі Анастасівсько-Болярської площі, у зоні перетину трьох систем дайкових утворень, поблизу південного краю Забаро-Давидівської кільцевої структури діаметром приблизно 6 км. Тут також за даними дистанційних досліджень виділено перспективну площу розміром 4,6 км² (рис. 2).

Але цікавіший збіг різних способів прогнозування перспективних структур і ділянок для виявлення проявів кімберлітового магматизму зафіксовано в межах Губківської площі. Загалом за результатами дистанційних досліджень аномальним є блок, що обмежується субрегіональними розломами, де надзвичайно щільно поєднуються різного напрямку регіональні лінеаменти і розривні порушення, виділені за геолого-

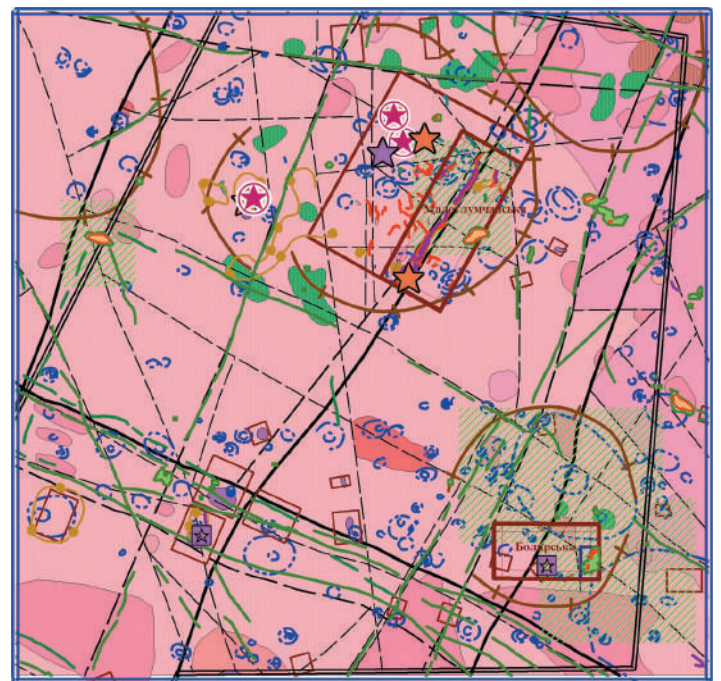


Рис. 2. Схематична геологічна карта північної частини Анастасівсько-Болярської площі з елементами прогнозування

геофізичними даними, утворюючи перехресний структурний план (рис. 3).

Поруч з виявленими тут лінійними структурами, за матеріалами космічних та аерознімків, чітко проявляється низка кільцевих утворень малих діаметрів, від перших десятків метрів до 5,0–5,6 км. Кільцеві структури є як в центральній частині, так і на периферії великого кільцевого утворення і мають характер сателітного типу. Аналіз морфоструктурних особливостей цього району свідчить, що ділянка кільцевого утворення діаметром 5,0–5,6 км має найнижчі гіпсометричні показники, що можна інтерпретувати як відображення найопущенішого блока фундаменту (а можливо, й утворення кальдерного типу).

У західній частині великої кільцевої структури виявлено температурну аномалію розміром 200×800 м, що загалом дає підставу вважати цей терен Губківської площі і, зокрема, кільцеві утворення діаметром від 500 до 1500 м разом з ділянкою температурної аномалії високоперспективними для подальших досліджень для виявлення тіл кімберлітового вулканізму.

Потрібно акцентувати, що зазначена територія майже цілком збігається із Мочулянською кільцевою структурою III рангу діаметром приблизно 7,5 км та з однойменною ділянкою, де пошуки корінних джерел алмазів виконували в різні роки. Умови проведення пошуків тут дуже складні, ділянка розміщується в межах заболоченої й залісної місцевості. На цій ділянці площею 55 км² було виявлено ореоли індикаторних мінералів кімберлітів у базальних горизонтах четвертинних відкладів, поширених на вододілі та в алювії річок Видринка й Вілья; а також у западинах кристалічного фундаменту, вивічених сарматськими відкладами. Ділянка складена гранітоїдами шереметівського, житомирського й осницького комплексів, проривається дайками переважно основного складу, які групуються в декілька зон, та дрібними тілами діоритів і габроїдів осницького комплексу (рис. 3). За даними мінералогічного й мікрозондового аналізу в базальних горизонтах четвертинних і неогенових відкладів виявлено високобаричні мінерали, зокрема й алмази, які не властиві відомим у межах ділянки породам фундаменту. Особливості складу цих мінералів засвідчують наявність тут кімберлітів, зокрема алмаз-піропової фації глибинності.

У межах Мочулянської ділянки магніторозвідкою з мережею спостереження 20×10 м відновлено й продеталізовано 14 окремих невеликих кільцевих, овальних аеромагнітних аномалій, а також вузлів їхнього перетину. Виявлені внаслідок буріння об'єкти, що підтверджують аномалії, представлені дайками діабазів, тілами сублужних діоритів і монзонітів осницького комплексу. Однак більшість аномалій ще потребує подальшого вивчення.

На відстані 4,25 км на південь від Мочулянської ділянки виділено Маринінську ділянку (площею 7 км²), де за результатами наземної деталізації аеромагнітної ізометричної аномалії низької інтенсивності виокремлено дві субпаралельні, лінійно видовжені в північно-східному напрямку позитивні аномалії амплітудою 50–150 нТл та завдовжки 800 м, що розміщені на відстані 400 м одна від одної. Ці аномалії приурочено до зони глибинних розломів з азимутом простягання 45°, пов'язаної із зонами цього ж напрямку в межах Мочулянської ділянки (рис. 2). Похила (75°) свердловина розкрила три дайкоподібні тіла лужних ульт-

трабазитів (так звані Губківські дайки). Уміщувальними породами для них є діорити осницького комплексу, з якими дайки мають чіткі, рівні контакти. Представлені меліліт-олівіновими й олівін-мелілітовими меланефелінітами (мельтейгіт-порфірами). Потужність дайок становить 1,1; 1,67; 1 м. З олівіновими меланефелінітами в межах деяких алмазоносних провінцій часто асоціюють лужні пікрити, олівінові мелілітити, карбонатити і кімберліти. У них відомі знахідки ксенолітів піропових перидотитів. Є вагомий підстави очікувати на виявлення названих порід і в межах Маринінської ділянки.

Високу перспективність Маринінської ділянки на виявлення тіл кімберлітів (лампроїтів) засвідчує наявність низької аномалії температури земної поверхні розміром від 100 до 1500 м переважно середньої інтенсивності, три з яких мають епіцентри з максимальною інтенсивністю. Одна з таких, що має епіцентр максимальної інтенсивності, збігається з кільцевою структурою на заході Маринінської ділянки. Усі названі об'єкти внаслідок дистанційних досліджень можна об'єднати в перспективну площу розміром 8 км² (рис. 3).

Отже, можна вважати, що класичні методи геолого-геофізичних досліджень, які широко використовують у процесі пошуків корінних джерел алмазоносності, отримали ще один додатковий методичний інструмент у вигляді вивчення теплового поля земної поверхні та структурних особливостей земної кори на підставі сучасних матеріалів космічних знімків для виявлення можливих чинників контролю прояву кімберлітових тіл.

Саме внаслідок дешифрування космічних знімків та великомасштабних аерофотознімків було відкрито в Якутській алмазоносній провінції такі кімберлітові трубки, як "Аэрогеологическая", "Крошка", "Подснежная", "Немагнитная", "Львиная Лапа", "Дайковая", "Аэрофотосъемочная", "Академическая", "Сибирская", "Полуночная" та ін. [5]

Сподіватимемося, що послідовне, крок за кроком, виконання польових досліджень у межах ділянок, які є перспективними за комплексом отриманих ознак, обов'язково сприятиме відкриттю кімберлітових (лампроїтових) тіл.

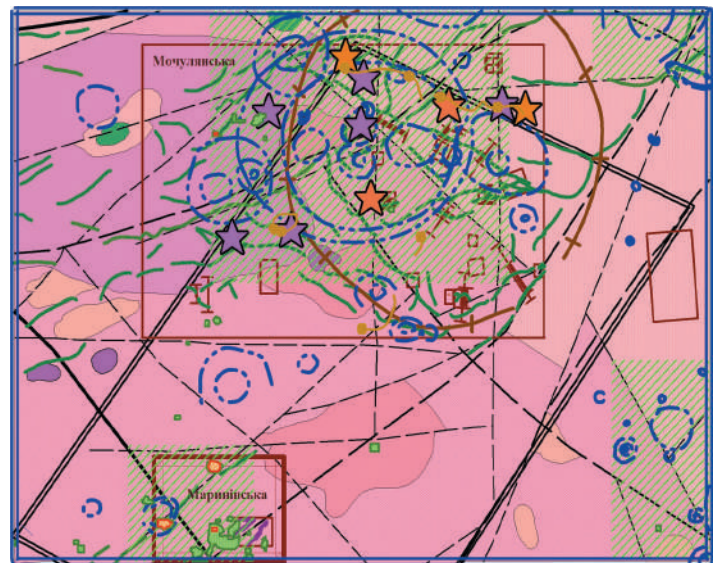


Рис. 3. Схематична геологічна карта Губківської площі з елементами прогнозування.

Див. умовні позначення до рис. 2

ЛІТЕРАТУРА

1. Гейко Ю. В., Гурский Д. С., Лыков Л. И., Металиди В. С., Павлюк В. Н., Приходько В. Л., Цымбал С. Н., Шимкив Л. М. Перспективы коренной алмазоносности Украины. – Киев-Львов: Изд-во “Центр Европы”; 2006. – 223 с.

2. Гейко Ю. В., Металиди В. С., Приходько В. Л. Перспективы алмазоносности северо-западной части Украинского щита//Мінер. ресурси України. – 1999. – № 3. – С. 13–15.

3. Гейко Ю. В., Приходько В. Л., Цымбал С. М., Баран А. М. Лужно-ультраосновні породи Новоград-Волинської площі та їх ймовірний зв'язок з кимберлітовим магматизмом//Коренные и россыпные месторождения алмазов и важнейших металлов: Тез. докл. междунар. научно-практической конференции, Симферополь–Судак, 15–21 сентября 2008 г. – Симферополь: Изд-во “ПоліПРЕСС”; 2008. – С. 13–15.

4. Зубарев Б. М. Дайковый тип алмазных месторождений. – М.: Недра, 1989. – 183 с.

5. Ишмухаметова В. Т. Прогнозирование коренных месторождений алмазов на севере Сибирской платформы на основе дешифрирования материалов космической съемки: Автореф. дис. на соискание научн. степени канд. геол. наук. – Москва, 2016. – 28 с.

6. Квасница В. Н. Типоморфизм алмаза и его генетические типы//Материалы научно-практической конференции “Геология, закономерности размещения, методы прогнозирования и поисков месторождений алмазов” – Мирный, 1998. – С. 174–176.

7. Квасница В. Н., Коптиль В. И., Зинчук Н. Н. Проблема мелких алмазов из кимберлитов, региональные и локальные особенности их распределения//Материалы научно-практической конференции “Геология, закономерности размещения, методы прогнозирования и поисков месторождений алмазов” – Мирный, 1998. – С. 176–177.

8. Кривдик С. Г., Цымбал С. Н., Гейко Ю. В. Протерозойский щелочно-ультраосновной магматизм северо-западной части Украинского щита как индикатор кимберлитообразования//Минералогический журнал. – 2004. – Т. 26. – № 1.

9. Металіди В. С., Гейко Ю. В., Дроздецький В. В. Мінералогічні й геофізичні критерії алмазоносності Новоград-Волинської площі Українського щита//Мінеральні ресурси України. – 2002. – № 1. – С. 13–16.

10. Метелкина М. П., Прокопчук Б. И., Суходольская О. В., Францессон Е. В. Поисковые критерии месторождений, связанных с алмазоносными формациями докембрия//Проблемы металлогении докембрия. – Л.: Наука, 1978. – С. 223–228.

11. Приходько О., Грицик І., Бареев І., Третяченко В., Філіпович В. Використання методу польової геотермічної зйомки для пошуків кимберлітових тіл//Тези доповідей Міжнародної наукової конференції “Геологія горючих копалин України” ІПГГК НАН України. – Львів, 2001. – С. 223–224.

12. Цымбал С. Н., Гейко Ю. В., Кривдик С. Г., Баран А. Н., Цымбал Ю. С. Болярковская интрузия щелочно-ультраосновных пород (северо-запад Украинского щита)//Актуальные проблемы Беларуси и смежных территорий: Труды междунар. науч. конференции, Минск, 8–9 декабря 2008 г. – Минск, 2008. – С. 35–40.

13. Цымбал С. Н., Шербаков И. Б., Кривдик С. Г., Лабунный В. Ф. Щелочно-ультраосновные породы Городницкой интрузии (северо-запад Украинского щита)//Минералогический журнал. – 1997. – Т. 19. – № 3. – С. 61–80.

14. Цымбал С. Н., Гейко Ю. В., Шумлянський Л. В., Цымбал Ю. С. Состав и возраст щелочно-ультраосновных пород Губковского проявления на северо-западе Украинского щита//Тр. 31-й Междунар. конф. “Рудный потенциал щелочного, кимберлитового и карбонатитового магматизма”, посв. памяти акад. Ф. П. Митрофанова (Москва, 7 окт. 2014 г.). – М., 2014. – С. 84–86.

15. Цымбал С. М., Цымбал Ю. С., Соболев В. Б. Ксенокристи мантіїних мінералів з лужно-ультраосновних порід Болярківської інтрузії (Волинський мегаблок Українського щита)//Мінералогічний журнал. – 2015. – Т. 37. – С. 5–19.

16. Цымбал С. М. Мінерали-супутники алмазу конгломератів і пісковиків білокоровицької світи нижнього протерозою Українського щита//Записки Українського мінералогічного товариства. – 2015. – Т. 12. – С. 54–75.

REFERENCES

1. Heiko Yu. V., Gurskij D. S., Lykov L. I., Metalidi V. S., Pavlyuk V. N., Prykhodko V. L., Tsymbal S. N., Shimkiv L. M. Perspectives for availability diamond deposits in Ukraine. – 2006. – Kiev-Lvov: Centr Evropy. – P. 223. (In Russian).

2. Heiko Yu. V., Metalidi V. S., Prykhodko V. L. Perspectives for availability diamond deposits in the northwestern part of the Ukrainian shield// Mineralni resursy Ukrainy. – 1999. – № 3. – P. 13–15. (In Russian).

3. Heiko Yu. V., Prykhodko V. L., Tsymbal S. M., Baran A. N. Alkaline-ultrabasic rocks of the Novograd-Volynsky area and their possible connection with kimberlitic magmatism//Korennye i rossypnye mestorozhdeniyaalmazov i vazhnejshyh metallov: Tez. dokl. mezhdunar. nauchno-prakticheskoy konferencii, Simferopol–Sudak, 15–21 Sentyabrya, 2008. – Simferopol: Publishing house “PoliPRESS”; 2008. – P. 13–15. (In Ukrainian).

4. Zubarev B. M. Dike type of diamond deposits. – Moskva: Nedra, 1989. – 183 p. (In Russian).

5. Ishmuhametova V. T. Forecasting of the indigenous diamond deposits on the north of the Siberian platform based on the interpretation of space survey: Avtoref. dis. na soiskanie nauchnoj stepeni kand. geol. nauk. – Moskva, 2016. – 28 p. (In Russian).

6. Kvasnica V. N. The nature of the diamond and its genetic types// Materialy nauchno-prakticheskoy konferencii “Geologiya, zakonomenosti razmeshheniya, metody prognozirovaniya i poiskov mestorozhdenijalmazov” – Mirnyj, 1998. – P. 174–176. (In Russian).

7. Kvasnica V. N., Koptil V. I., Zinchuk N. N. The problem of small diamonds from kimberlites, regional and local peculiar properties of their distribution//Materialy nauchno-prakticheskoy konferencii “Geologiya, zakonomenosti razmeshheniya, metody prognozirovaniya i poiskov mestorozhdenijalmazov” – Mirnyj, 1998. – P. 176–177. (In Russian).

8. Krivdik S. G., Tsymbal S. N., Heiko Yu. V. Proterozoic alkaline-ultrabasic magmatism of the northwestern part of the Ukrainian shield as an indicator of kimberlite formation//Mineralogicheskij zhurnal. – 2004. – Vol. 26. – № 1. (In Russian).

9. Metalidi V. S., Heiko Yu. V., Drozdetskiy V. V. Mineralogical and geophysical criteria of diamond deposits of the Novograd-Volynsky area of the Ukrainian shield//Mineralni resursy Ukrainy. – 2002. – № 1. – P. 13–16. (In Ukrainian).

10. Metelkina M. P., Prokopchuk B. I., Suhodolskaya O. V., Francesson E. V. Search criteria for deposits associated with diamondiferous formations of the Precambrian//Problemy metallogenii dokembriya. – Leningrad: Nauka, 1978. – P. 223–228. (In Russian).

11. Prykhodko O., Hrytsyk I., Bareiev I., Tretiachenko V., Filipovych V. Using the method of field geothermal surveys for the search of kimberlite bodies//Tezy dopovidei Mizhnarodnoi naukovoi konferentsii “Heolohiia horiuchykh kopalyn Ukrainy”; IHHHK NAN Ukrainy. – Lviv, 2001. – P. 223–224. (In Ukrainian).

12. Tsymbal S. N., Hejko Yu. V., Krivdik S. G., Baran A. N., Tsymbal Yu. S. Bolyarkovskaya intrusion of alkaline-ultrabasic rocks (northwest of the Ukrainian Shield)//Aktualnye problemy Belarusi i smezhnyh territorij: Trudy mezhdunar. nauch. konf., Minsk, 8–9 Dekabrya, 2008. – Minsk, 2008. – P. 35–40. (In Russian).

13. Tsymbal S. N., Shherbakov I. B., Krivdik S. G., Labuznyj V. F. Alkaline-ultrabasic rocks of Gorodnitskaya intrusion (northwest of the Ukrainian shield)//Mineralogicheskij zhurnal. – 1997. – Vol. 19. – № 3. – P. 61–80. (In Russian).

14. Tsymbal S. N., Hejko Yu. V., Shumlyanskiy L. V., Tsymbal Yu. S. Composition and age of alkaline-ultrabasic rocks of the Gubkov intrusions in the north-west of the Ukrainian shield//Tr. 31j Mezhdunar. konf. “Rudnyj potencial shhelochnogo, kimberlitovogo i karbonatitovogo magmatizma”, posv. pamyati akad. F. P. Mitrofanova (Moskva, 7 Oktyabrya, 2014). – Moskva, 2014. – P. 84–86. (In Russian).

15. Tsymbal S. M., Tsymbal Yu. S., Sobolev V. B. Xenocrists of mantle minerals from alkaline-ultrabasic rocks of the Bolyarka intrusions (Volyn Megablock of the Ukrainian shield)//Mineralohichniy zhurnal. – 2015. – Vol. 37. – P. 5–19. (In Ukrainian).

16. Tsymbal S. M. Minerals are satellites of diamonds of conglomerates and sandstones of the Belokorovitskaya series by the lower Proterozoic of the Ukrainian Shield//Zapysky Ukrainskoho mineralohichnoho tovarystva. – 2015. – V. 12. – P. 54–75. (In Ukrainian).

Рукопис отримано 12.02.2018.