


УДК 552.323.6:553.495:550.83

 <https://doi.org/10.31996/mru.2020.4.4-12>

Г. А. КАЛАШНИК, д-р геол. наук, професор (Льотна академія Національного авіаційного університету (ЛА НАУ)), kalashnik\_anna1@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-9581-9865>

G. KALASHNYK, Doctor of Geological Sciences (Dr. Sci. (Geol.)), Professor (Flight Academy of National Aviation University), kalashnik\_anna1@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-9581-9865>

## РЕЗУЛЬТАТИ ГЕОЛОГО-ГЕОФІЗИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ НА СУБОТСЬКІЙ СТРУКТУРІ ІНГУЛЬСЬКОГО МЕГАБЛОКА УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА

### RESULTS OF GEOLOGICAL AND GEOPHYSICAL RESEARCH ON THE SUBOTSKA STRUCTURE OF INHULSKYI MEGABLOCK OF THE UKRAINIAN SHIELD

Представлено результати геолого-геофізичних досліджень Суботської структури Інгільського мегаблока Українського щита. За результатами досліджень визначено, що Суботська структура вповнена породами кратерних, в окремих випадках і проявами жерлових фацій з ознаками прояву кімберліт-лампроїтового магматизму. За ступенем прояву комплексу пошукових критеріїв на Суботській ділянці виділено п'ять потенційних експлозивних структур. Розроблено рекомендації для проведення подальших досліджень у межах Суботської ділянки.

**Ключові слова:** експлозивні структури, мааровий вулканізм, алмазонасність, Інгільський мегаблок, Український щит.

The article presents the results of diamond prospecting studies in the Subotska structure of the Inhulskiy megablock of Ukrainian Shield. For the results, it is indicated that the Subotska structure is mimicked by crater rocks and in some cases by manifestations of the vent facies with signs of kimberlitic-lamproitic magmatism. The typical local features of manifestations of explosive structures from maar volcanism in Subotska area are determined. The article presents the results of petrographic and mineralogical study of the core material from exploratory wells on the Subotska structure, the results of study of material composition of the clay fraction, X-ray diffraction analysis of the pellet fraction. Data of the X-ray structural analysis of the pellet fraction of samples taken from the core material from exploratory wells on the Subotska structure indicates the obvious mechanical sum, the head folder of such is calciferous montmorillonite, and also saponite, nontronite, hydromica and kaolinit. The availability of the nontronite and saponite is confirmed by the results of electronic-microscopic reports. Also the article presents the results of studying the secondary lithochemical halos of Cr, Ni, Mg, Co, Ti, V, Fe, covering the geochemical spectrum inherent in alkaline-ultrabasic rocks and their weathering crust. These halos are combined with negative gravitational anomalies associated with the explosive structures in the Subotska area. The structural control of the great part of the detected geochemical anomalies, geochemical halos are determined. According to the degree of manifestation of the complex of criteria five potential diamond-prospective structures are discovered on the Subotska area. There were developed recommendations for further research on the Subotska area.

**Keywords:** explosive structures, maar volcanism, diamond bearing capacity, Inhulskiy megablock, the Ukrainian Shield.

#### Загальна постановка проблеми та зв'язок з практичними завданнями

Прагнення України подолати економічне відставання з подальшою інтеграцією у світове співтовариство зумовлює необхідність подальшого розвитку мінерально-сировинної бази нашої держави. Прояв в Інгільському мегаблочі багатостадійного лужно-ультраосновного магматизму в платформних умовах у вигляді дайкової фації в докембрії і повторно у вигляді вибухових кратерних структур з проявами лужно-ультраосновного магматизму, які фіксуються в кратерах у вигляді вулканогенних ксенотуфобрекчій, зближує цей мегаблок з алмазонасними провінціями давніх платформ і щитів. Це дало вагомий підстави вважати Інгільський мегаблок перспективним на відкриття алмазонасних докембрійських кімберлітів і лампроїтів дайкової фації та вибухових діатрем епохи мезо-кайнозойської активізації [5]. Це стосується й розв'язання проблеми пошуку й прогнозування нетрадиційних некімберлітових джерел алмазів, пов'язаних з проявами експлозивних утворень (брекчій, туфів, флюїдизитів, лампроїтів), що є сьогодні новим пріоритетним напрямом для геологічної науки й практики [1]. Усе це спонукало до розробки системи науково обґрунтованих і практично результативних методів металогенічного прогнозування алмазонасності цього перспективного

регіону Українського щита і подальшої локалізації алмазо-перспективних структур [5].

Актуальність проведених досліджень визначається передусім необхідністю вдосконалення критеріїв і методів прогнозування та пошуку алмазонасних структур для умов центральної частини Українського щита з метою підвищення ефективності проведення геологорозвідувальних робіт, спеціалізованих на алмази, і подальшого нарощування мінерально-сировинної бази України.

#### Аналіз останніх публікацій

##### і виділення нерозв'язаної частини проблеми

Як основні передумови формування алмазонасних структур на УЩ розглядаються такі [11, 5]: 1) висока зрілість літосфери, 2) потужність літосфери не менше 150 км, яка визначає в підшві літосферного сегмента наявність умов стабільного існування графіту і алмазу, 3) граніто-гнейсовий шар високої (>15 км) або підвищеної потужності (10–15 км); 4) аномально виражена радіогеохімічна калієва спеціалізація метаморфічного субстрату верхньої частини земної кори; 5) структурний чинник – наявність розломів транслітосферного проникнення.

Виконана оцінка зональності і потенційної алмазопродуктивності сегментів літосфери Українського щита дала змогу науково обґрунтувати перспективи Інгільського мегаблока на можливість формування корінних родовищ алмазів [5–8, 11].

Для Інгульського мегаблока характерна максимальна в межах УЩ потужність літосфери, що сягає за даними глибинного сейсмондування (ГСЗ) 250 і більше кілометрів [10]. Термобарометрія та окисні умови формування кімберлітів Інгульського мегаблока УЩ за даними діаграми  $P\text{TxfO}_2$  [14] для ксенокритів з кімберлітів Кіровоградської площі [6, 8, 13] (Лелеківська, Щорсівська, Грузька, Лісова, Рівненська ділянки) свідчать про те, що літосфера під Інгульським мегаблоком УЩ має потужність понад 220 км (6,5 ГПа), судячи з визначень для Ст-піропів (рис. 1) [14]. У середній частині субкратонної літосферної мантії (СКЛМ) хроміти збагачені Ті. Гіпотетичні шари і шаруватість утворені сімома горизонтами. Середній шар СКЛМ трасується Ті-хромітами та еклогітовими альмандинами (рис. 1).

Шаруватість із семи-шести пластин, визначена для Інгульського мегаблока УЩ за даними діаграми  $P\text{TxfO}_2$ , узгоджується з певною структурою для мантійних колон у центральній частині Якутії. Загалом глибина літосфери за даними  $P\text{TxfO}_2$  в центральній частині УЩ становить понад 220 км [14]. Діаграми  $P\text{TxfO}_2$  для Інгульського мегаблока УЩ (рис. 1) узгоджуються з геофізичними даними [10].

Інгульський мегаблок відповідно виділений глибинним передумовам і критеріям прогнозування алмазоносних структур, а також низці прямих ознак алмазоносності є єдиним літосферним сегментом на УЩ, який можна зарахувати до перспективних на виявлення промислово алмазоносних структур, незважаючи на палеопротерозойський вік стабілізації фундаменту [5].

Виконаний детальний аналіз особливостей будови й розвитку Інгульського мегаблока дає змогу підкреслити неодноразове формування мантійного діяпіру, що міститься в його підвалинах і неодноразове надходження в земну кору мантійних розплавів і флюїдів, зумовлених його активізацією. Загалом можна зробити такі висновки.

1. У межах Інгульського мегаблока Корсунь-Новоукраїнська двофазна інтрузія є короною частинною складного глибинного утворення, у підвалинах якого міститься мантійний діяпір, і може розглядатись як гігантська осередкова структура з резервуаром частково розплавлених порід на глибині 400–200 км [9].

2. Ця структура має тривалий переривчасто-пульсаційний розвиток, що свідчить про стабільність глибинного енергетичного (теплого) джерела, яке зумовило її виникнення.

У коровій частині, окрім Корсунь-Новомиргородського й низки невеликих інтрузивів новоукраїнського і корсунь-новомиргородського комплексів, глибинні процеси проявилися на досить широкій території у вигляді дайок, трубок вибуху та флюїдизатно-експлозивних утворень.

3. Основними магмо- і флюїдопровідними каналами були зони глибинних розломів, активність яких відновлювалася різною мірою у всі постпалеопротерозойські епохи діастрофізму.

4. Лужний магматизм проявився у вигляді невеликих масивів другої субформації габро-сієнітової формації на тлі утворень корсунь-новомиргородського і новоукраїнського комплексів. Незначний його розвиток, вірогідно, зумовлений порівняно неглибоким ерозійним зрізом глибинної зональної магматичної колони.

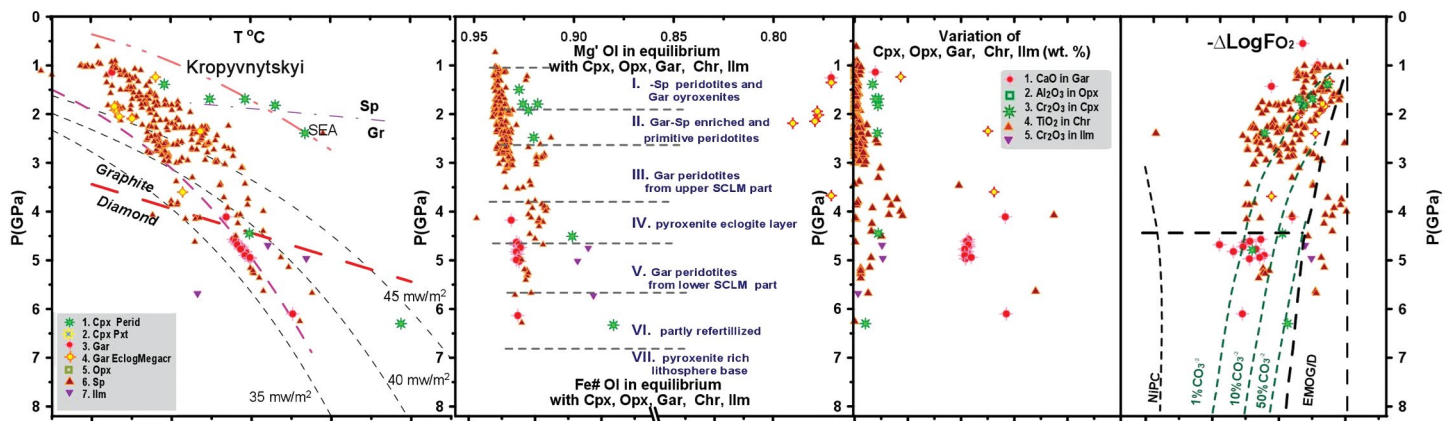
5. В Інгульському мегаблочі простежується прояв інтенсивної флюїдизатно-експлозивної діяльності в розломних структурах з формуванням тектоно-метасоматичних зон [1].

6. В Інгульському мегаблочі виявлено кімберліти з ізотопним віком 1800 і  $1770 \pm 9$  млн років [13], автолітові брекчії кімберлітів нижньопалеогенового віку – у трубках вибуху в райгородській товщі.

7. Дайки лампроїтів зафіксовано в межах Русько-Полянського масиву гранітів, а на південній околиці м. Черкаси – туфоподібні породи флюїдизатно-експлозивного походження з ізотопним віком 1370 млн років [13].

Кіровоградський урановорудний район Інгульського мегаблока однозначно визначився так само як кімберлітовий район [3, 4]. Однак зарахування цього району в розряд алмазоносного мінерагенічного потребує впевненого підтвердження алмазоносності виявлених кімберлітів та автолітових брекчій кімберлітів. Обсяг виконаного на цей час опробування недостатній для оцінювання рангу алмазоносності. Але загалом Інгульський мегаблок може оцінюватися як перспективний на виявлення корінних родовищ алмазів у кімберлітах і лампроїтах.

На сьогодні в північно-східній частині Інгульського мегаблока послідовно проведені спеціалізовані на алмази регіональні прогнозні роботи масштабу 1:200000, пошукові роботи на алмази масштабу 1:50000 на Лелеківському та Щорсівському кімберлітопровах, на дев'яти з 27 виділених алмазоперспективних експлозивних структурах. Це дозволило отримати позитивні геологічні результати [4–8].



**Рис. 1.** Діаграма  $P\text{TxfO}_2$  для мінералів з концентратів, що демонструє будову мантії і шаруватість субкратонної літосферної мантії під Інгульським мегаблоком УЩ (для ксенокритів з кімберлітів Кіровоградської площі) [14]  
 Символи: 1. Клінопіроксени:  $T$  °C [19] –  $P$  (ГПа) [15]. 2. Те саме для безхромітих клінопіроксенів. 3. Гранати:  $T$  °C [18] –  $P$  (ГПа) [16]. 4. Гранати з еклогітів [11, 15]. 5. Ортопіроксени:  $T$  °C –  $P$  (ГПа) [17]. 6. Хроміти:  $T$  °C [18] –  $P$  (ГПа) [17]. 7. Льменіти:  $T$  °C [19] –  $P$  (ГПа) [17]

Характеристики окремих алмазоперспективних структур у межах Зеленогайської, Кіровоградської та Суботської ділянок Інгульського мегаблока УЩ свідчать про великий прояв кімберліт-лампроїтового вулканізму в районі досліджень. Прояв в Інгульському мегаблоці багатостадійного лужно-ультраосновного магматизму в платформних умовах у вигляді дайкової фації в докембрії і повторно у вигляді вибухових кратерних структур з проявами лужно-ультраосновного магматизму, які фіксуються в кратерах у вигляді вулканогенних ксенотуфобрекчій, зближує цей мегаблок з алмазонасними провінціями давніх платформ і щитів.

До прямих пошукових ознак алмазонасності в межах Інгульського мегаблока належить виявлення природних алмазів у дайках кімберлітів палеопротерозойського віку на ділянці Лелеківська та у ксенотуфобрекчіях райгородської товщі нижнього палеогену на ділянках Грузька, Лісова, Північно-Оситнязька [5–8].

До пошукових критеріїв алмазонасності в Інгульському мегаблоці ми зарахували [5, 6, 8]:

1) прояви могутнього дайкового комплексу порід, представленого серією субвулканічних (діабази, трахити) і гіпабісальних (від сублужних габроїдів до сієнітів) різновидів, які розвинені вздовж глибинних розломів північно-західного й північно-східного простягання і січуть усі відомі породи кристалічного фундаменту Інгульського мегаблока. Крайнім меланократовим членом сублужних габроїдів є сублужні пікритіоди калієвій гілки, слюдяні залізисті кімберліти, лампроїти, для яких характерна виразна порфірна структура і брекчієподібна текстура;

2) наявність ореолів тектонічних і вулканогенно-осадових брекчійованих порід райгородської товщі нижнього палеогену, яка представлена грубобрекчійованими породами кристалічного фундаменту на глинисто-карбонатному цементі в межах північно-східної частини Інгульського мегаблока УЩ. Ці ореоли тяжіють до південного, східного й північно-східного облямування Корсунь-Новомиргородського плутону габро-рапаківі, інтерпретуються як продукт “маарового” вулканізму;

3) поширення всередині райгородської товщі серед порід раннього палеогену локальніших ореолів уламкових порід – ксенотуфобрекчій буро-червоного кольору, що інтерпретуються як окиснені туфи “кілець викиду” вулканічних кратерів, завдяки наявності в них мінералів-індикаторів алмазу – хромшпінелей, хромдіопсидів і реліктів сапоніту в глинистій фракції цементу брекчій;

4) поєднання негативних гравіметричних аномалій близької до ізометричної форми (діаметром 0,5 км і більше) з ореолами туфобрекчій. Зазначені групи аномалій зумовлені зонами розущільнення кристалічних порід унаслідок їхнього брекчування, яке виникло в результаті експлозивних процесів.

Результати проведених за безпосередньої участі автора геолого-прогнозних і геолого-пошукових робіт на алмази впродовж багаторічної роботи в геологорозвідувальній експедиції № 37 КП “Кіровгеологія” дають змогу порушувати питання щодо необхідності продовження пошукових робіт на корінну алмазонасність у межах низки структур Інгульського мегаблока УЩ. Це зумовлено наявністю низки конкретних фактів існування сприятливих глибинних передумов, а також регіональних і локальних геолого-структурних умов з проявом основних критеріїв і прямих пошукових ознак алмазонасності.

**Мета досліджень.** Виявлення нових закономірностей просторового розміщення алмазоперспективних експлозивних структур на території центральної частини Українського щита та особливостей їхнього відображення в геолого-геофізичних матеріалах на прикладі Суботської структури.

**Методи досліджень.** Для досягнення поставленої мети ми використовували комплекс геологічних, мінералого-геохімічних, ізотопно-геохімічних, петрологічних і структурно-геологічних методів досліджень.

#### Результати геолого-геофізичних досліджень

##### Суботської структури Інгульського мегаблока УЩ

Суботська ділянка локалізована в складному тектонічному вузлі перетину Мар’ївського регіонального розлому північно-східного простягання, Інгуло-Кам’янського розлому меридіонального простягання із субширотною Суботсько-Мошоринського зоною розломів (рис. 2). Зазначений вузол уміщує Знам’янський і Дмитрівський уран-торієві рудопрояви, що мають чималі концентрації ітрію, рідкісних земель і фіксуються аномальними геохімічними ореолами цих елементів (рис. 2).

На Суботській ділянці, розміщеній поблизу с. Суботці Знам’янського району Кіровоградської області, у зоні поширення райгородської товщі за геофізичними даними (гравірозвідка, магніторозвідка) ми виділили п’ять потенційних експлозивних структур (рис. 3).



**Рис. 2. Геолого-структурна схема розміщення Суботської ділянки (з використанням геолого-формаційної основи Є. М. Лазька та ін., 1991):** палеопротерозойські утворення (PR<sub>1</sub>): 1 – метаморфізовані осадові й вулканогенно-осадові формації (інгуло-інгулецька серія (PR<sub>1(ii)</sub>)); новоукраїнський комплекс (PR<sub>1(nu)</sub>): 2 – формація чарнокітоїдів, трахітоїдних гранітів; кіровоградський комплекс (PR<sub>1(kg)</sub>): 3 – формація прогресивних ультраметаморфічних автохтонних і параавтохтонних гранітів; мезопротерозой (PR<sub>2</sub>): формація анортозит-рапаківі-гранітна (корсунь-новомиргородський комплекс (PR<sub>2(nu)</sub>)); 4 – габро-анортозити, 5 – граніти рапаківі та рапаківіподібні; неопротерозойські утворення (PR<sub>3</sub>): 6 – дайки діабазу, габро-діабазу та камптоніту; великі рудопрояви урану, що мають чималі концентрації ітрію, рідкісних земель і фіксуються аномальними геохімічними ореолами цих елементів; 7 – Знам’янський рудопрояв урану у фосфорно-рідкісноземельно-торій-ураноносних метасоматитах; 8 – Дмитрівський рудопрояв урану рідкісноземельно-торій-уранової формації в пегматоїдних гранітах; 9 – осьові лінії розломів: а – провідних (цифри в кружечках): 1 – Кіровоградський, 2 – Мар’ївський, 3 – Суботсько-Мошоринський, 4 – Інгуло-Кам’янський; б – другорядних, 10 – контур Суботської ділянки

За результатами гравімагнітних зйомок масштабу 1:10000 спочатку була виділена комплексна гравімагнітна аномалія трубкового типу – Суботська структура. Після проведення детальної гравімагнітної зйомки масштабу 1:5000 було уточнене положення епіцентрів гравітаційної й магнітної аномалій.

Суботська структура фіксується близькою до ізометричної форми негативною гравіаномалією інтенсивністю – 0,5 мГл (рис. 4) і ізометричною в плані позитивною магнітною аномалією інтенсивністю 113 нТл зі зсувом епіцентру в північно-західному напрямку (азимут Пн Зх 350°) на 400 м відносно епіцентру гравіаномалії (рис. 5). Просторово з ними асоціюють контрастні лінійно-вузькі гравімагнітні аномалії переривчасто-поясної будови, що позначають дайки луж-

ноультраосновних (до 15–35 нТл) або/та основних помірно лужних порід з магнітною сприйнятливістю (до 80–170 нТл) завдовжки до десятків кілометрів.

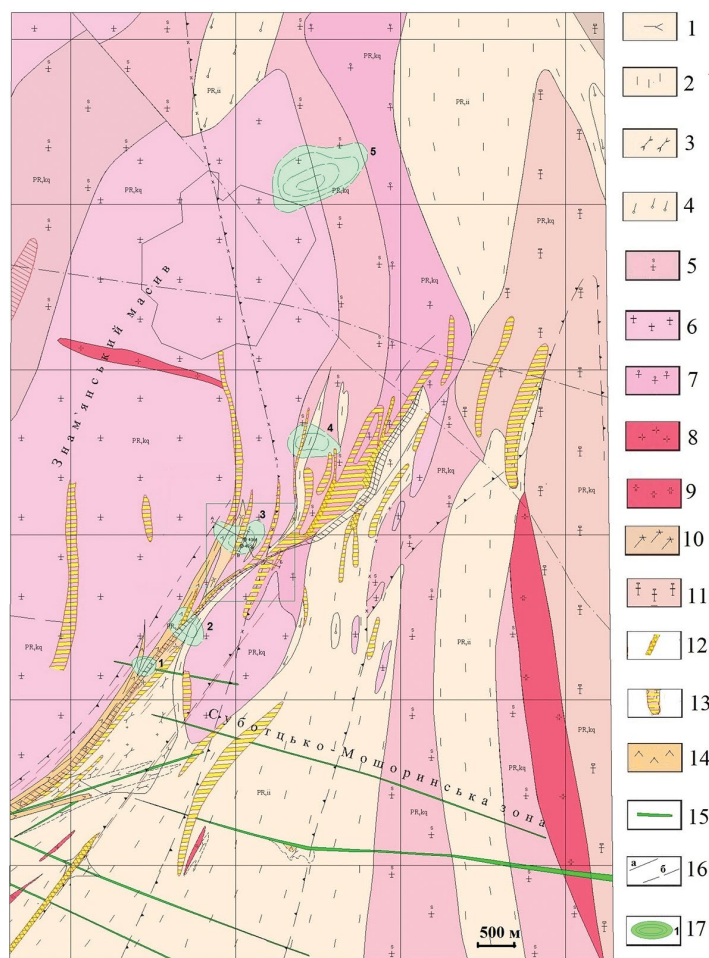
Дайки чітко диференційовані за щільнісними й магнітними властивостями на тлі вмисних гранітів і гнейсів (рис. 3).

Розпочате буріння п'яти картувальних свердловин 1995 року (95-368, 95-369, 95-371, 95-372, 95-373) для з'ясування природи аномалій Суботської структури (рис. 6) і деталізації розрізу дало змогу підтвердити наявність на глибині 40–45 м могутньої товщі звалової брекчії на глинистому цементі (рис. 7).

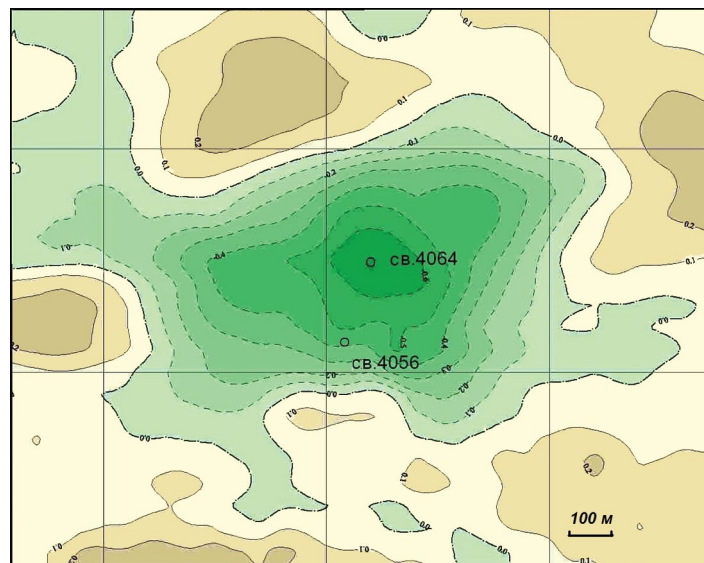
Обсяг цементу становить у середньому до 80 %. В уламках – гранітоїди різного складу. Траплялися так само вивітрилі уламки дайок брудно-зеленого кольору, місцями інтенсивно отальковані й озалізнені, карбонатизовані.

Під час буріння картувальних свердловин 1999 року на глибинах понад 100 м (106,8–107,1 м; сверд. 99-95) натрапили на щільну туфобрекчію на спеченому цементі. Схожі породи виявили і у сверд. 99-94, 99-93, 99-92.

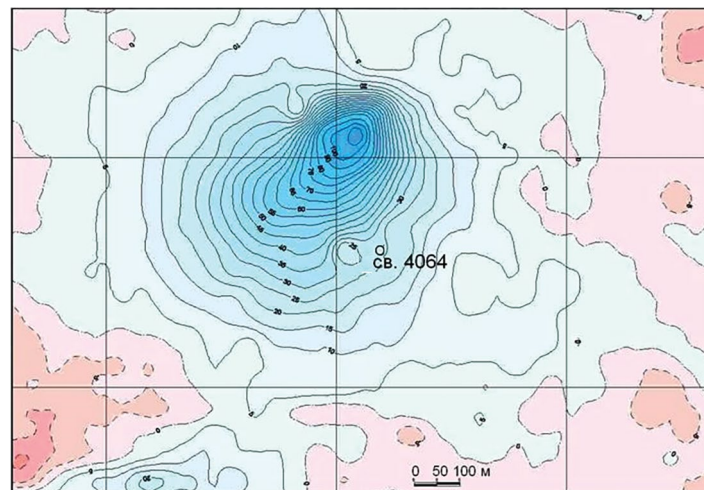
Аналіз мінералів важкої фракції відібраних проб, які були сформовані здебільшого з брекчійованої сірувато-зеленої слюдоподібної породи та вивітрілої слюдоподібної породи, показали наявність гранату (альмандину) у вигляді округлих зерен і уламків, сульфідів (переважає пірит) і видовжених довгопризматичних кристалів чорного рутилу. До того ж з-поміж



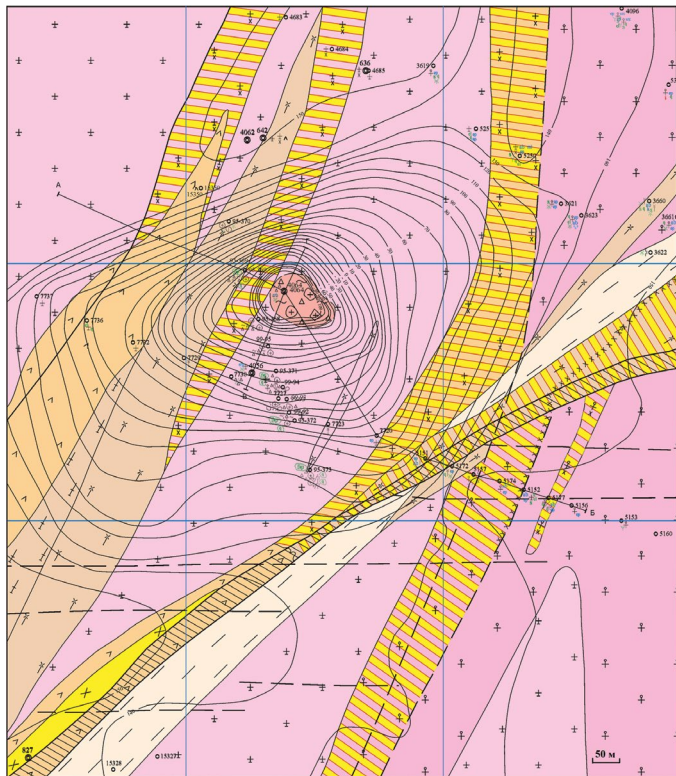
**Рис. 3. Геолого-структурна карта Суботської ділянки:** палеопротерозойські утворення (PR<sub>i</sub>): інгуло-інгулецька серія (PR<sub>ii</sub>): 1 – гнейси хлоритові; 2 – гнейси біотит-плагіоклазові; 3 – гнейси піроксенові; 4 – гнейси біотитові з гранатом; кіровоградський комплекс (PR<sub>ikg</sub>): 5 – мігматити смугасті; 6 – граніти біотитові рівномірнотзернисті; 7 – граніти біотитові порфіробластичні; 8 – пегматити й пегматоїдні граніти; 9 – граніти апліт-пегматоїдні; 10 – гнейсотоналіти біотитові рівномірнотзернисті; 11 – гранітогнейси біотитові порфіробластичні; гідротермально-метасоматичні утворення (PR<sub>2</sub>): 12 – альбіти й апороди (з умістом новоутвореного альбіту 15–70 %); 13 – альбітизовані породи (новоутвореного альбіту до 15 %); 14 – мікроклін-альбітові породи; неопротерозойські утворення (PR<sub>3</sub>): 15 – дайки діабазу, габро-діабазу та камптоніту; 16 – розломи: а – встановлені; б – передбачувані; 17 – контури від'ємних гравіаномалій трубкового типу, що контролюють потенційні експлуативні структури: 1 – Казарська, 2 – Новороманівська; 3 – Суботська, 4 – Знам'янська-Південна; 5 – Знам'янська-Північна



**Рис. 4. Прояв Суботської структури в полі сили тяжіння**



**Рис. 5. Прояв Суботської структури в геомагнітному полі**



**Рис. 6. Геологічна схема Суботської структури:** палеопротерозойські утворення ( $PR_1$ ): інгуло-інгулецька серія ( $PR_{1ii}$ ): 1 – гнейси біотитові нерозчленовані; 2 – гнейсотоналіти біотитові рівномірнзернисті; 3 – гнейсогранодіорити біотитові рівномірнзернисті; кіровоградський комплекс ( $PR_{1kg}$ ): 4 – граніти біотитові рівномірнзернисті; 5 – граніти біотитові порфіробластичні; гідротермально-метасоматичні утворення ( $PR_2$ ): 6 – альбітити нерозчленовані; 7 – мікроклін-альбітові породи; 8 – альбітизовані породи (новоутвореного альбіту до 15 %); породи осадового чохла, райгородські відкладення ( $P_{1rg}$ ): 9 – грубоуламкова брекчія (звал) по породах фундаменту на глинистому цементі; 10 – лінія побудови геологічного розрізу; 11 – розломи: а – встановлені; б – передбачувані; 12 – ізогіпси рельєфу фундаменту Суботської структури; 13 – свердловини глибокі (ГРЕ № 37, КП “Кіровогеологія”); 14 – свердловини картувальні (ГРЕ № 37, КП “Кіровогеологія”); 15 – свердловини картувальні (ГРП № 39, КП “Кіровогеологія”); 16 – свердловини глибокі (ГРП № 39, КП “Кіровогеологія”)

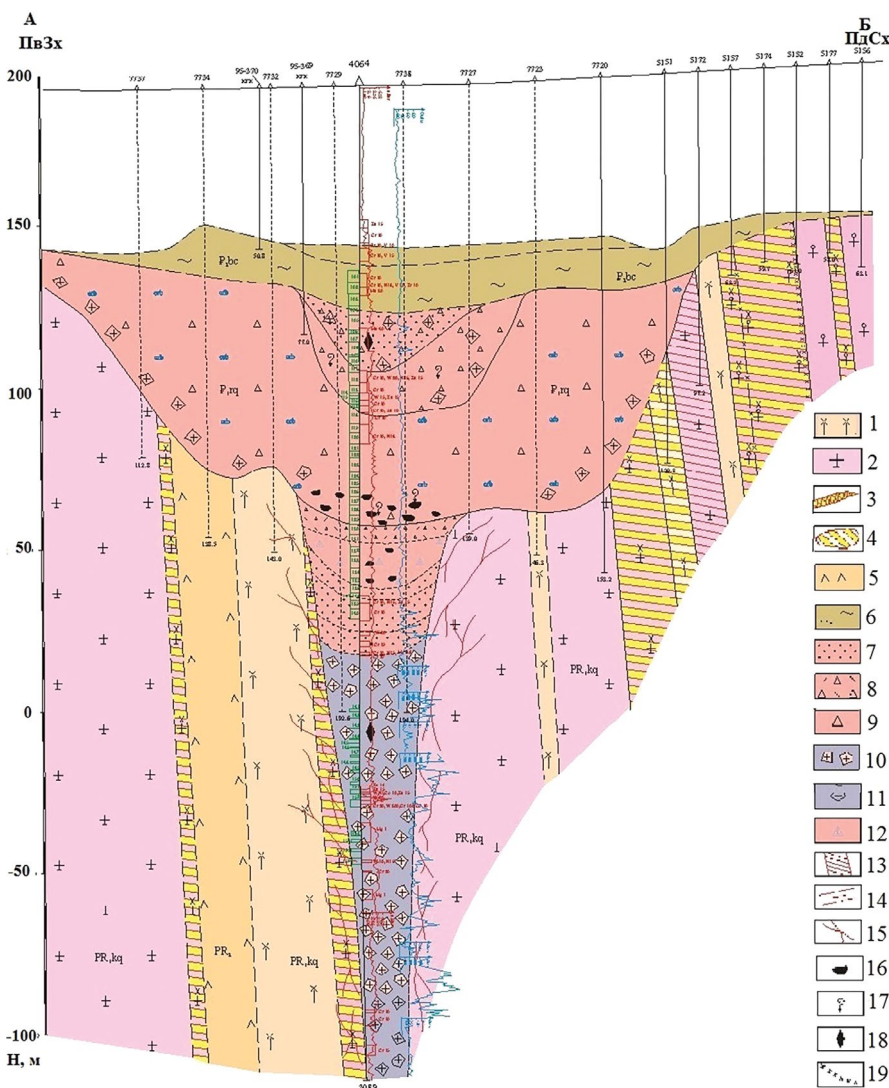
мінералів важкої фракції виділяються октаедри і кубооктаедри піриту, округлі агрегати і кубооктаедри піриту, округлі агрегати піриту і марказиту.

Дані рентгеноструктурного аналізу пелітової фракції свідчать про наявну механічну суміш, головним складником якої є кальцевий монтморилоніт, а також сапоніт, нонтроніт, гідрослюда та каолініт. Наявність нонтроніту й сапоніту підтверджується результа-

татами електронно-мікроскопічних досліджень. Водночас на мікрофотографії були ідентифіковані поодинокі, голчасті утворення галуазиту.

Результати вивчення речовинного складу глинистої фракції кори вивітрювання Суботської структури представлено в таблиці.

Визначені основні петрогенні окисли повною мірою відповідають Ca-Mg монтморилоніту. Аналіз мікроелементного складу глини засвідчує досить високий уміст Co та V за малої концентрації Cr, Ni, Pb. Відсутність чималого вмісту хрому й нікелю в корах вивітрювання можна пояснити або малою



**Рис. 7. Геологічний розріз по лінії А-Б (Суботська структура)**

Палеопротерозойські утворення ( $PR_1$ ): інгуло-інгулецька серія ( $PR_{1ii}$ ): 1 – гнейсотоналіти біотитові рівномірнзернисті; кіровоградський комплекс ( $PR_{1kg}$ ): 2 – граніти біотитові рівномірнзернисті; гідротермально-метасоматичні утворення ( $PR_2$ ): 3 – альбітити й апороди (з умістом новоутвореного альбіту 15–70 %); 4 – альбітизовані породи (новоутвореного альбіту до 15 %); 5 – мікроклін-альбітові породи; породи осадового чохла: бучацькі відкладення ( $P_{2bc}$ ): 6 – глина; райгородські відкладення ( $P_{1rg}$ ): 7 – пісок грубозернистий; 8 – жорстково-щербенистий матеріал; 9 – дрібноуламкова брекчія; 10 – грубоуламкова брекчія; 11 – валуни корінних порід; 12 – уламки ультраужних порід; тектоніка: 13 – зона мілінітизації, катаклазу та брекчування; 14 – розломи: а – встановлені; б – передбачувані; 15 – зона тектонічних порушень, проявлена смугою інтенсивного багатофазного дроблення порід; 16 – укралення кремєню; 17 – укралення детриту; знахідки в мінералогічних пробах: 18 – зерен хромшпінелідів; 19 – зони розвитку уранового зруденіння

**Таблиця. Результати хімічного та спектрального аналізів глинистої фракції кори вивітрювання Суботської структури**

№ з/п	Номер свердловини	Глибина відбору	Хімічний			Спектральний							
			SiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Ti	Ni	Cr	Mn	Co	Ca	V	Y
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	99-95	59,5	47,12	0,56	1,21	2900	47	27	110	59	21	64	16
2	99-95	66,3	47,4	1,81	3,11	2500	22	22	95	38	9,5	58	39
Спектральний													
			15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
			Yb	La	Sc	Cu	Ag	Ba	Sr	Be	Pb	Mo	Zr
3	99-95	59,5	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
4	99-95	66,3	17	8,5	25	9,6	1,6	510	320	1,0	9,8	7,4	94

*Примітки.* Аналізи виконано в хімічній лабораторії ІПГК НАН України. Аналітик В. І. Крижевич. Уміст окислів подано у відсотках, уміст елементів у грамах на тонну.

кількістю мінералів-концентраторів цих елементів у породах ультраосновного складу, або їхнім інтенсивним спрямованим винесенням і концентрацією в інших частинах продуктів вивітрювання.

Сверд. 4056 була закладена в межах епіцентру гравітаційної аномалії Суботської структури. З глибини 40 м свердловина увійшла в ксенотуфобрекчії потужністю 189,0 м (рис. 6).

Нижче дається стислий петрографічний опис зразків керна сверд. 4056 з окремих інтервалів. Породи цих інтервалів містять продукти вторинних змін вулканічного матеріалу або майже повністю складені цими продуктами. Водночас окремі ознаки, які виявлені в шліфах дають підстави вважати, що первинний матеріал відкладався внаслідок вулканічних проявів кімберлітового або ж лампроїтового типу [12].

Особливості вивчених порід по окремих інтервалах у межах Суботської ділянки полягають у наступному (дослідження Ю. І. Федоришина, ЛНУ).

У сверд. 4056 в інтервалі 139,1–139,25 м було ідентифіковано “піщано-гравійний” туф кімберліту (лампроїту) (рис. 8) з окремими фрагментами, схожими на релікти вулканічних порід (автоліто- та лапілієподібні утворення). Рентгенографічне вивчення глинистої фракції засвідчило, що вона складена монтморилонітом, вермикулітом, гідрослюдою, хлоритом і серпентином і невеликою кількістю сапоніту (дослідження Ю. І. Федоришина [12]). З-поміж мінералів важкої фракції виявлено ільменіт, циркон, гранат і мінерали заліза.

Майже аналогічні породи траплялися у сверд. 4056 на глибині 142,9–143,05 м (рис. 9). Рентгенографічне вивчення глинистої фракції показало, що глиниста фракція зазнала глибоких змін, унаслідок чого виявляє слабку окристалізованість, про що свідчать невиразність і слабка інтенсивність рефлексів. З-поміж мінералів важкої фракції визначено ільменіт, циркон і гранат (дослідження Ю. І. Федоришина [12]).

На глибині 157,0–157,1 м у сверд. 4056 так само було відібрано проби “піщано-гравійних” туфів. Рентгенографічне вивчення глинистої фракції цієї проби показало, що вона представлена монтморилонітом, вермикулітом, гідрослюдою, хлоритом і серпентином (дослідження Ю. І. Федоришина [12]). З-поміж мінералів важкої фракції виявлено пірит, циркон і гранат.

На глибині 157,8–157,95 м у сверд. 4056 так само було відібрано проби, які належать до “піщано-гравійних” туфів (рис. 10). Рентгенографічне вивчення глинистої фракції показало, що вона зазнала глибоких змін, унаслідок чого виявляє слабку окристалізованість, про що свідчать невиразність і слабка інтенсивність рефлексів. Ситуація аналогічна інтервалу 157,0–157,1 м. З-поміж мінералів важкої фракції виявлено ільменіт, циркон, гранат, турмалін та епідот [12].

На глибині 159,9 м відібрано проби, які показують, що вони також належать до утворень вулканогенного походження. Рентгенографічне вивчення глинистої фракції показало, що вона представлена мінералами, аналогічними інтервалу 157,1 м (монтморилонітом, вермикулітом, гідрослюдою,



**Рис. 8.** Загальний вигляд “піщано-гравійного” туфу кімберліту (лампроїту) із Суботської структури (сверд. 4056, гл. 139,1–139,15 м). Ділянка Суботська, східна частина Інгульського мегаблока УЩ



**Рис. 9.** Загальний вигляд “піщано-гравійного” туфу кімберліту (лампроїту) із Суботської структури (сверд. 4056, гл. 142,9–143,05 м). Ділянка Суботська, східна частина Інгульського мегаблока УЩ



**Рис. 10.** Загальний вигляд “піщано-гравійного” туфу із Суботської структури (сверд. 4056, гл. 157,8–157,95 м). Ділянка Суботська, східна частина Інгульського мегаблока УЩ

хлоритом і серпентином) [12]. Рентгенографічне вивчення глинистої фракції показало, що глиниста фракція зазнала глибоких змін, внаслідок чого виявляє слабку окристалізованість, про що свідчать невиразність і слабка інтенсивність рефлексів [12]. Ситуація аналогічна попередньому інтервалу. З-поміж мінералів важкої фракції визначено ільменіт, циркон, гранат, турмалін та епідот.

Сверд. 4064 була закладена в епіцентрі гравіаномалії, з глибини 40 м увійшла в ксенотуфобрекчії, подібні до розкритих у сверд. 4056, але більш карбонатизованих, з численними уламками ультраосновних порід брудно-зеленого кольору, місцями інтенсивно оталькованих, з украленнями карбонатів типу магнезиту (рис. 6). Цемент сірувато-зелений, слидоподібний, обсяг цементу в ксенотуфобрекчії до 80 %, в уламках – гранітоїди різного складу, дрібнозернисте амфіболове габро і вкрупнення ультраосновних порід. Сверд. 4064 була пробурена до глибини 308,2 м. Зупинена в зоні інтенсивного дроблення, катаклазу і тріщинуватості по біотитових гранітах.

Рентгенографічне вивчення глинистої фракції “піщано-гравійних” туфів у сверд. 4064 (міститься в 100 м від устя сверд. 4056) з глибин 139,1, 157,1, 159,9 м показало, що вона складена монтморилонітом, вермикулітом, гідролюдою, хлоритом, серпентином і невеликою кількістю сапоніту. Дані рентгеноструктурного аналізу пелітової фракції свідчили про наявну механічну суміш, головним складником якої є кальцієвий монтморилоніт, а також сапоніт, нонтроніт, гідролюда та каолініт. Наявність нонтроніту й сапоніту була підтверджена результатами електронно-мікроскопічних досліджень [12]. З-поміж мінералів важкої фракції визначено ільменіт, циркон, гранат і мінерали заліза [12].

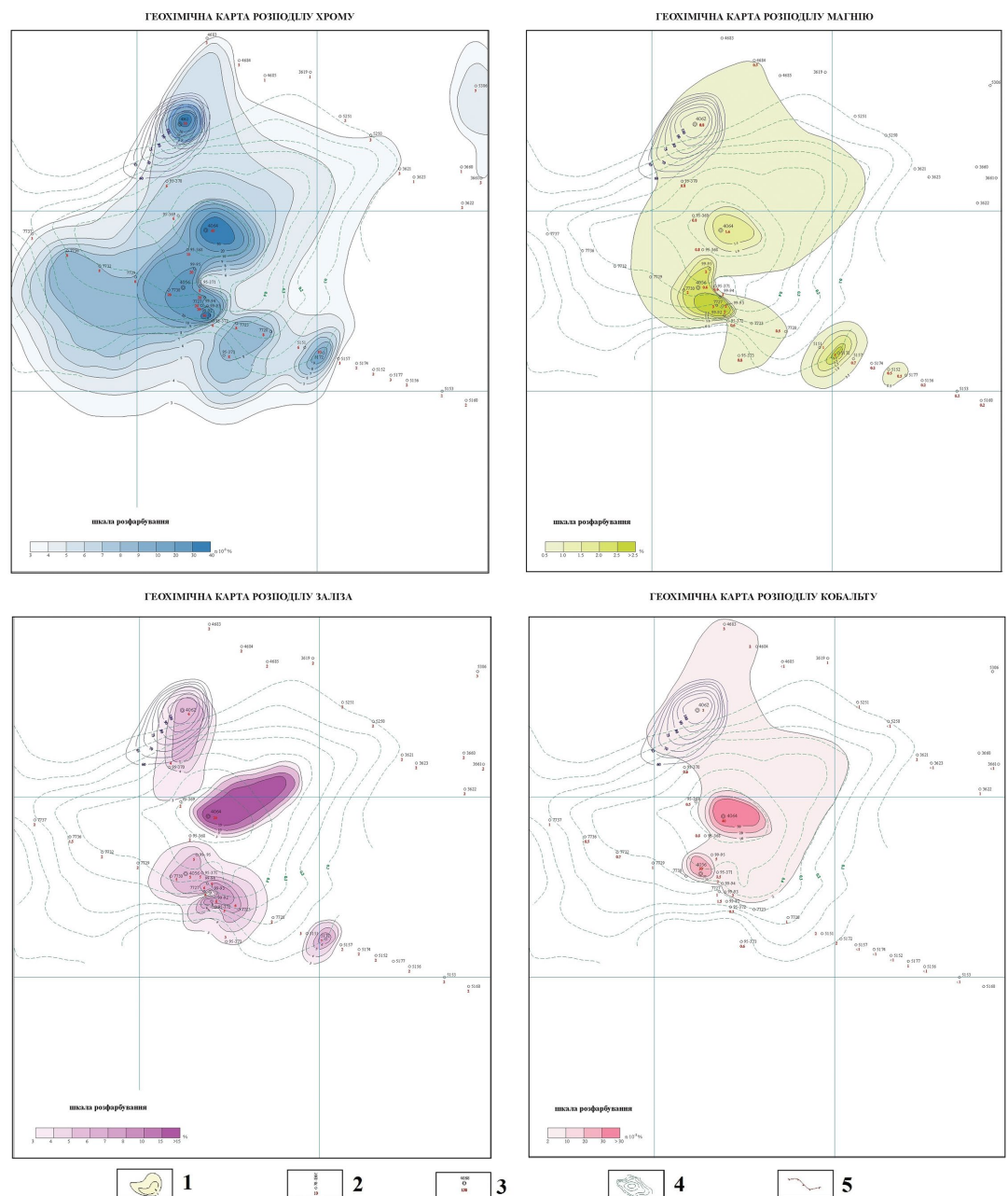
У немагнітній фракції концентратів проб сверд. 4056 класу величини -02 мм у пробах з глибин 142,3–147,4 м, 155,5–176,0 м встановлені хромшпінеліди, діагностовані методом фотодіагностики як хромпікотити. У пробі № 81 (гл. 151,4 м) виявлено олівін, представлений форстеритом.

У сверд. 4064 у пробах № 108 (77,6–81,2 м), № 144 (203,1–204,1 м) діагностовано кристали хромшпінелідів

класу величини -02 мм. Майже у всіх мінералогічних пробах сверд. 4064 виявлено рутилі.

Отже, за результатами петрографо-мінералогічного вивчення керна матеріалу пошукових свердловин на Суботській структурі було визначено ознаки наявності вулканічного матеріалу, який зазнав інтенсивних змін. Найпоширенішими є породи типу “піщаних” і “піщано-гравійних” туфів. Зазначені різновиди є характерними для кратерної фації та можуть належати до позакратерних викидів.

На Суботській ділянці головні індикатори ультраосновних лужних порід – нікель, магній і хром формують над Суботською структурою ореоли підвищених умістів з формою, близькою до форми гравіаномалії, що має пошуковий інтерес з епіцентром у районі передбачуваного жерла експлозивного апарату (рис. 11).



**Рис. 11.** Геохімічна карта розподілу хрому (Cr,  $n \cdot 10^{-3}\%$ ), магнію (Mg,  $n\%$ ), заліза (Fe,  $n\%$ ), кобальту (Co,  $n \cdot 10^{-3}\%$ ) на Суботській структурі

1 – ізолінії вмісту елемента; 2 – свердловини картувальні, у знаменнику – уміст елемента; 3 – свердловини глибокі, у знаменнику – уміст елемента; 4 – контури від’ємних гравіаномалій трубкового типу, що контролюють експлозивні структури; 5 – ділянка поширення ксенотуфобрекчій

Розподіл і вміст міді, що характеризуються високими значеннями в кімберлітах і їхніх екзоконтактах, так само дають змогу оконтурити епіцентр передбачуваного жерла. Але найбільше контрастно передбачуване жерло фіксується ореолом мультиплікативного показника  $Cr \times Mg \times Fe$  (рис. 12).

Контрастність геохімічних аномалій основних елементів-індикаторів (Cr, Ni, Mg, Fe), особливо їхнього мультиплікативного показника  $Cr \times Mg \times Fe$  (рис. 11), є притаманною для кімберлітів і лампроїтів Інгульського мегаблока УЩ і не є властивою для вміщувальних гранітогнейсів.

**Висновки та основні напрями подальших досліджень**

Розроблення критеріїв виділення алмазоперспективних структур на ґрунті аналізу фізичних полів, супроводжува-

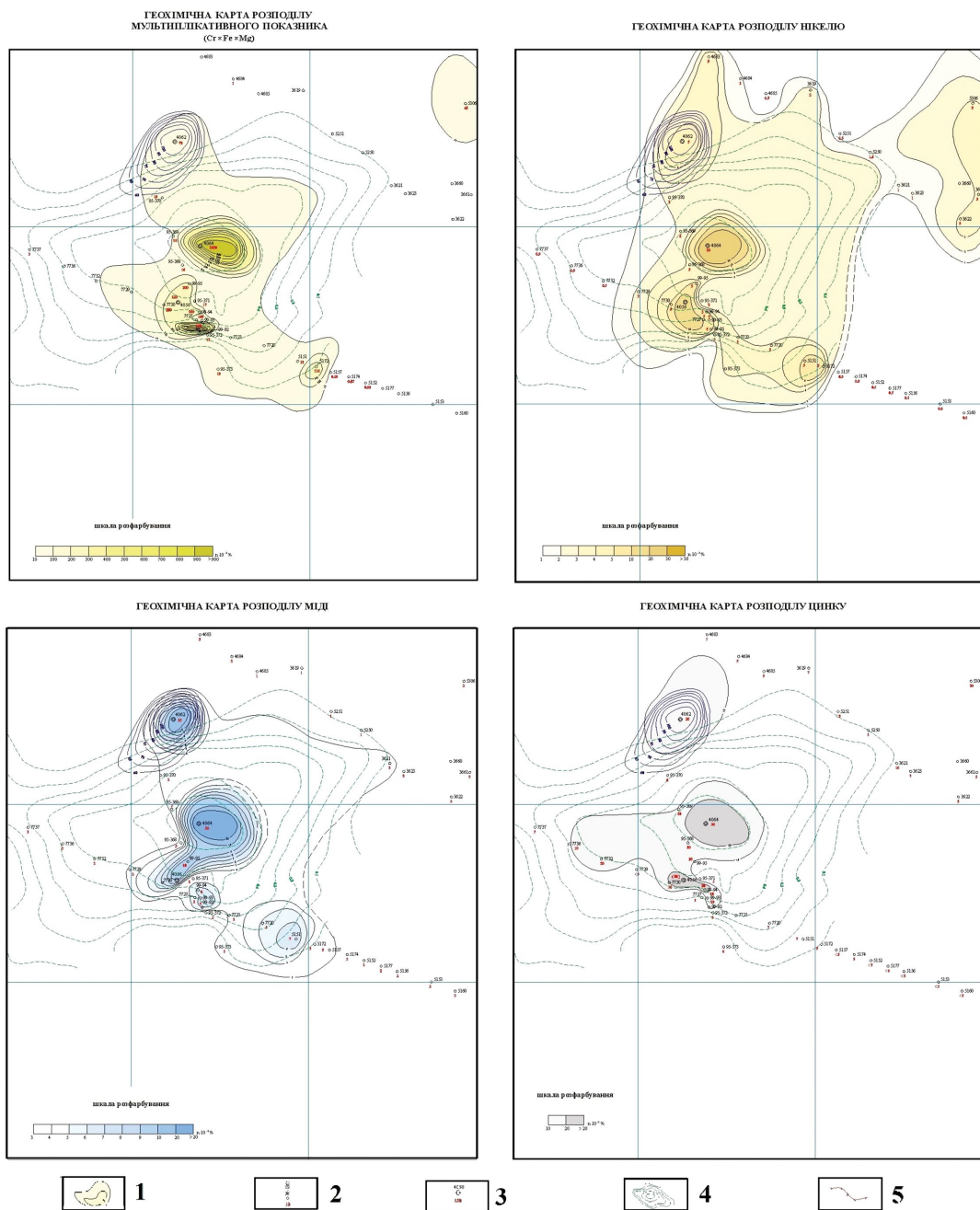
на аналізом прямих ознак і критеріїв алмазозносності, дала змогу визначити п'ять потенційних локальних експлозивних структур мезо-кайнозойського етапу активізації глибинних розломів: Казарську, Новороманівську, Суботську, Знам'янську-Південну, Знам'янську-Північну. Нині тільки одна з них – Суботська вивчена бурінням. За результатами петрографо-мінералогічного вивчення кернового матеріалу свердловин, пробурених на Суботській структурі, було встановлено ознаки наявності вулканічного матеріалу, який зазнав інтенсивних змін, але з великою ймовірністю належить кімберлітам, а можливо і лампроїтам. Найпоширенішими в керновому матеріалі є породи типу “піщаних” і “піщано-гравійних” туфів. Зазначені різновиди є характерними для кратерної фації та можуть належати до позакратерних викидів.

З від'ємними гравітаційними аномаліями, пов'язаними з експлозивними структурами Суботської ділянки, суміщені вторинні літохімічні ореоли розсіювання Cr, Ni, Mg, Co, Ti, V, Fe, що охоплюють геохімічний спектр, властивий лужноультраосновним породам та їхній корі вивітрювання. Морфологія ізоліній розподілу цих металів у залишкових ореолах чітко корельована із зоною поширення кратерних брекчій експлозивних структур ділянки Суботська.

Суботська ділянка потребує подальшого дослідження алмазоперспективності глибоким бурінням у межах усіх п'яти виділених в її межах локальних експлозивних структур.

**ЛІТЕРАТУРА**

1. Алмазозносные формации и структуры юго-западной окраины Восточно-Европейской платформы (Опыт минерогенеза алмаза)/Под ред. Г. М. Яценко, Д. С. Гурского. – Киев: УкрГГРИ, 2002. – 331 с.
2. Геохронология раннего докембрия Украинского щита. Протерозой/Н. П. Щербак, Г. В. Артеменко, И. М. Лесная, А. Н. Пономаренко – Київ: Наукова думка, 2008. – 240 с.
3. Калашиник А. А. Закономерности формирования урановорудных метасоматитов в связи с особенностями глубинного строения литосферы Украинского щита/А. А. Калашиник// Вісник Київського нац. університету. Сер. Геологія. – 2016. – № 3. – Т. 74. – С. 51–57.
4. Калашиник Г. А. Основні результати геолого-геофізичних



**Рис. 12. Геохімічна карта розподілу мультиплікативного показника ( $Cr \times Mg \times Fe$ ,  $n \cdot 10^{-1} \%$ ), нікелю (Ni,  $n \cdot 10^{-1} \%$ ), міді (Cu,  $n \cdot 10^{-1} \%$ ), цинку (Zn,  $n \cdot 10^{-1} \%$ ) на Суботській структурі**  
 1 – ізолінії вмісту елемента; 2 – свердловини картувальні, у знаменнику – вміст елемента; 3 – свердловини глибокі, у знаменнику – вміст елемента; 4 – контури від'ємних гравіааномалій трубкового типу, що контролюють експлозивні структури; 5 – ділянка поширення ксенотуфобрекчій



досліджень на Зеленогайській структурі Інгульського мегаблока Українського щита/Г. А. Калашник//Мінеральні ресурси України. – 2017. – № 3. – С. 3–11.

5. *Калашник А. А.* Предпосылки формирования и критерии прогнозирования алмазоносных структур на Украинском щите/А. А. Калашник, Ю. И. Федоришин, А. В. Кузьмин, Н. Н. Кирьянов//Научный вестник НГУ. – 2016. – № 6. – С. 22–40.

6. *Калашник Г. А.* Перспективи Кіровоградського блока УЩ на виявлення алмазоносних кимберлітів та лампроїтів/Г. А. Калашник, О. Ф. Маківчук, О. Ю. Палкіна, О. Я. Хренов//Мінеральні ресурси України. – 2010. – № 1. – С. 18–23.

7. *Калашник А. А.* Алмазоперспективные структуры Ингульского мегаблока Украинского щита/А. А. Калашник, Н. Н. Кирьянов, Е. Ю. Палкина//Научные работы УкрНДМИ НАН Украины. – 2013. – Т. 10. – Ч. II. – С. 39–48.

8. *Калашник А. А.* Результаты поисковых работ по выявлению алмазоносных объектов в северо-восточной части Кировоградского блока УЩ/А. А. Калашник, Е. Ю. Палкина, О. Ф. Маківчук, Н. Н. Кирьянов, А. Я. Хренов//Зб. наукових праць УкрДГРІ. – 2010. – № 3–4. – С. 44–60.

9. *Орловецкий Ю. П.* Горячие пояса Земли: Монография//Ю. П. Орловецкий, В. П. Кобелев.; НАН Украины. Ин-т геофизики им. С. И. Субботина. – Київ: Наукова думка, 2006. – 312 с.

10. *Соллогуб В. Б.* Литосфера Украины/Соллогуб В. Б. – К.: Наукова думка, 1986. – 184 с.

11. *Федоришин Ю. И.* Модель прогнозу та пошуків джерел корінної алмазоносності і її реалізація на території Українського щита: дис. д-ра геол. наук: 04.00.01/Юрій Іванович Федоришин. – К., 2007. – 408 с.

12. *Федоришин Ю. И.* Проведення морфоструктурного аналізу поверхні кристалічного фундаменту ділянки Грузька та результати петрографо-мінералогічних досліджень ядра свердловин 4051, 4052, 4053, 4054, 4055, 4056, 4064, 4061, 4067. Звіт про виконану роботу з наукового супроводження. – К.: Дослідницький центр МОНУ, 2007. – 58 с.

13. *Цымбал С. Н.* Ксенолиты глубинных пород из кимберлитов Кировоградского геоблока (Украинский щит)/С. Н. Цымбал, С. Г. Кривдик//Мінерал. журн. – 1999. – Т. 21, № 2–3. – С. 97–111.

14. *Ashchepkov I. V., Downes H., Khmelnikova O. S.* Incompatible element-enriched mantle lithosphere beneath kimberlitic pipes in Priazovie, Ukrainian shield: volatile-enriched focused melt flow and connection to mature crust?//International Geology Review. – Vol. 62. – 10 June 2020. – P. 1–22.

15. *Ashchepkov I. V., Ntaffos T., Logvinova A. M., Spetsius Z. V., Downes H., Vladykin N. V.* 2017. Monomineral universal clinopyroxene and garnet barometers for peridotitic, eclogitic and basaltic systems. *Geoscience Frontiers*, 8, pp. 775–795.

16. *Ashchepkov I. V., Logvinova A. M., Ntaffos T., Vladykin N. V., Kostrovitsky S. I., Spetsius Z., Mityukhin S. I., Prokopyev S. A., Medvedev N. S., Downes H.* 2017. Alakit and Daldyn kimberlite fields, Siberia, Russia: two types of mantle sub-terrane beneath central Yakutia? *Geoscience Frontiers*, 8, pp. 671–692.

17. *Ashchepkov I. V., Pokhilenko N. P., Vladykin N. V., Logvinova A. M., Kostrovitsky S. I., Afanasiev V. P., Pokhilenko L. N., Kuligin S. S., Malygina L. V., Alymova N. V., Khmelnikova O. S., Palessky S. V., Nikolaeva I. V., Karpenko M. A., Stagnitsky Y. B.* 2010. Structure and evolution of the lithospheric mantle beneath Siberian craton, thermobarometric study. *Tectonophysics* 485, pp. 17–41.

18. *O'Neill H. St. C., Wood B. J.* 1979. An experimental study of Fe-Mg-partitioning between garnet and olivine and its calibration as a geothermometer. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 70, pp. 59–70.

19. *Taylor W. R., Kammerman M., Hamilton R.* 1998. New thermometer and oxygen fugacity sensor calibrations for ilmenite and chromium spinel-bearing peridotitic assemblages. 7th International Kimberlite Conference. Extended abstracts. Cape Town, 891–901.

## REFERENCES

1. Diamond-bearing formations and structures of the southwestern margin of the East European platform (Experience of diamond mining)/Ed. G. M. Yacenko, D. S. Gurskij. – Kiev: UkrDHRI, 2002. – 331 p. (In Russian).

2. Geochronology of Early Precambrian of the Ukrainian Shield. Proterozoic/N. P. Shherbak, G. V. Artemenko, I. M. Lesnaja, A. N. Ponomarenko. – Kyiv: Naukova dumka, 2008. – 240 p. (In Russian).

3. *Kalashnik A. A.* Patterns of uranium ore metasomatites localization in association with features of the Ukrainian Shield lithosphere's deep structure//Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu. Seriya. Heolohia. – 2016. – № 3. – V. 74. – P. 51–57. (In Russian).

4. *Kalashnyk G. A.* The main results of geological and geophysical research on the Zelenogayska structure of the Ingulsky megablock of Ukrainian Shield//Mineralni resursy Ukrainy. – 2017. – № 3. – P. 3–11. (In Ukrainian).

5. *Kalashnik A. A., Fedorishin Yu. I., Kuzmin A. V., Kiryanov N. N.* Preconditions of formation and criteria for prognostications of diamondiferous structures on the Ukrainian Shield//Naukovyi visnyk Natsionalnoho hirnychoho universytetu. – 2016. – № 6. – P. 22–40. (In Russian).

6. *Kalashnyk G. A., Makivchuk O. F., Palkina O. Yu., Khrenov O. Ya.* Perspectives of diamond productivity of the territory of Kirovograd megablock of Ukrainian Shield on results of works by SI "Kirovgeology"//Mineralni resursy Ukrainy. – 2010. – № 1. – P. 18–23. (In Ukrainian).

7. *Kalashnik A. A., Kiryanov N. N., Palkina E. Yu.* Diamondiferous structures of the Ingulsky megablock of the Ukrainian Shield//Naukovi pratsi UkrNDMI NAN Ukrainy. – 2013. – V. 10. – P. II. – P. 39–48. (In Russian).

8. *Kalashnik A. A., Palkina E. Ju., Makivchuk O. F., Kiryanov N. N., Hrenov A. Ja.* The results of prospecting of diamond-bearing structures within the north-east part of the Kirovograd block of Ukrainian Shield//Zbirnyk naukovykh prats UkrDHRI. – 2010. – № 3–4. – P. 44–60. (In Russian).

9. *Oroveckiy Yu. P., Kobolev V. P.* Hot belts of the Earth: Monograph. NAS of Ukraine. Institute of Geophysics named S. I. Subbotin. – Kyiv: Naukova dumka, 2006. – 312 p. (In Russian).

10. *Sollogub V. B.* Lithosphere of the Ukraine. – Kyiv: Naukova dumka, 1986. – 184 p. (In Russian).

11. *Fedorishyn Yu. I.* Model of forecast and prospecting of primary diamond-ferrous sources and its realization in the Ukrainian Shield: dys. doktora heol. nauk: 04.00.01 – Kyiv, 2007. – 408 p. (In Ukrainian).

12. *Fedorishyn Yu. I.* The results of morphostructural analysis of the surface of the crystalline basement of the Gruzka site and the results of petrographic and mineralogical studies of the well core 4051, 4052, 4053, 4054, 4055, 4056, 4064, 4061, 4067. Report on research work. – Kyiv: Doslidnytskyi tsentr MONU, 2007. – 58 p. (In Ukrainian).

13. *Cymbal S. N., Krivdik S. G.* Xenoliths of deep rocks from kimberlites of the Kirovograd geoblock (Ukrainian shield)//Mineral. zhurnal. – 1999. – V. 21. – № 2–3. – P. 97–111. (In Russian).

14. *Ashchepkov I. V., Vladykin N. V., Kalashnyk H. A., Medvedev N. S., Saprykin A. I., Downes H., Khmelnikova O. S.* Incompatible element-enriched mantle lithosphere beneath kimberlitic pipes in Priazovie, Ukrainian shield: volatile-enriched focused melt flow and connection to mature crust?//International Geology Review. – Vol. 62. – 10 June 2020. – P. 1–22.

15. *Ashchepkov I. V., Ntaffos T., Logvinova A. M., Spetsius Z. V., Downes H., Vladykin N. V.* 2017. Monomineral universal clinopyroxene and garnet barometers for peridotitic, eclogitic and basaltic systems. *Geoscience Frontiers*, 8, pp. 775–795.

16. *Ashchepkov I. V., Logvinova A. M., Ntaffos T., Vladykin N. V., Kostrovitsky S. I., Spetsius Z., Mityukhin S. I., Prokopyev S. A., Medvedev N. S., Downes H.* 2017. Alakit and Daldyn kimberlite fields, Siberia, Russia: two types of mantle sub-terrane beneath central Yakutia? *Geoscience Frontiers*, 8, pp. 671–692.

17. *Ashchepkov I. V., Pokhilenko N. P., Vladykin N. V., Logvinova A. M., Kostrovitsky S. I., Afanasiev V. P., Pokhilenko L. N., Kuligin S. S., Malygina L. V., Alymova N. V., Khmelnikova O. S., Palessky S. V., Nikolaeva I. V., Karpenko M. A., Stagnitsky Y. B.* 2010. Structure and evolution of the lithospheric mantle beneath Siberian craton, thermobarometric study. *Tectonophysics* 485, 17–41.

18. *O'Neill H. St. C., Wood B. J.* 1979. An experimental study of Fe-Mg-partitioning between garnet and olivine and its calibration as a geothermometer. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 70, 59–70.

19. *Taylor W. R., Kammerman M., Hamilton R.* 1998. New thermometer and oxygen fugacity sensor calibrations for ilmenite and chromium spinel-bearing peridotitic assemblages. 7th International Kimberlite Conference. Extended abstracts. Cape Town, 891–901.

Рукопис отримано 9.09.2020.