

С. М. Кулік, Т. К. Бурахович

Геоелектричні аномалії та алмазонасність Українського щита

*(Представлено академіком НАН України В. І. Старостенком)**The anomalies of high electrical conductivity in the Earth's crust and the upper mantle of the Ukrainian shield are spatially correlated with the existence of diamonds. It is possible that the Kirovograd, Priazovian, Volynian, Chernivtsi-Korosten anomalies are indicators of the areas perspective as for the presence of diamonds.*

В основі використання геоелектричних методів для прогнозування перспективних на алмазонасність площ лежить передумова про те, що алмазонасні області повинні мати, по-перше, товсту літосферу, по-друге, древню літосферу та, по-третє, літосфера повинна бути з високою концентрацією вуглецю, тобто характеризуватися існуванням шарів високої електропровідності в надрах кори і мантії вище межі стійкості алмаз — графіт.

Відомі вияви кімберлітового магматизму, знахідки кристалів діамантів в Україні (рис. 1) просторово корелюють з Волинською, Коростенською, Чернівецько-Коростенською, Кіровоградською, Донбаською та Приазовською аномаліями електропровідності в земній корі [1]. Виключенням є Придніпровський блок, де відсутні аномалії високої електропровідності як в земній корі, так і в мантії.

Волинська аномалія електропровідності (глибина покрівлі провідника (H) — 3 км, потужність (h) — 3 км, питомий електричний опір (ρ) — 10 Ом·м) пов'язана з особливостями складу глибинних порід, включеннями рудних мінералів та графіту.

Аномалія електропровідності просторово збігається з областю розвитку пізно протерозойського рифейського трапового вулканізму в межах стародавнього регіонального Волино-Оршанського прогину.

На південному заході Панонсько-Волинського поперечного прогину, в Великій Угорській западині, численними електромагнітними дослідженнями угорських геофізиків виявлені корові аномалії з провідністю кілька тисяч сантиметрів. Глибина залягання провідних об'єктів становить на території Північного та Південного Баконя в середньому 7 та 13 км відповідно. В районі Середньоугорських гір глибина залягання Трансданубської аномалії електропровідності на південному заході — 6–10 км, а на північному сході — 10–25 км. Фундаментом в Панонії є докембрійські кристалічні породи. А. Адам [2] припускає, що аномалії електропровідності можуть бути пов'язані з графітами та графітизованими сланцями в основних породах, які подібні графітовим дайкам в межах докембрійського щита. Поблизу аномалій електропровідності спостерігається концентрація магматичних тіл зі значним вкладом рудних елементів, особливо в районах, де перетинаються дві або більше тектонічних зон.

Можна уявити існування серії фрагментарно розташованих аномалій електропровідності в земній корі Панонсько-Волинського поперечного прогину.

Цікаво відзначити, що район с. Кухотська Воля, що є перспективним на алмазонасність, розташовується в межах відокремленої Волинської аномалії електропровідності. Таким чином, всю площу геоелектричної аномалії можна розглядати як геофізичну ознаку алмазонасності.

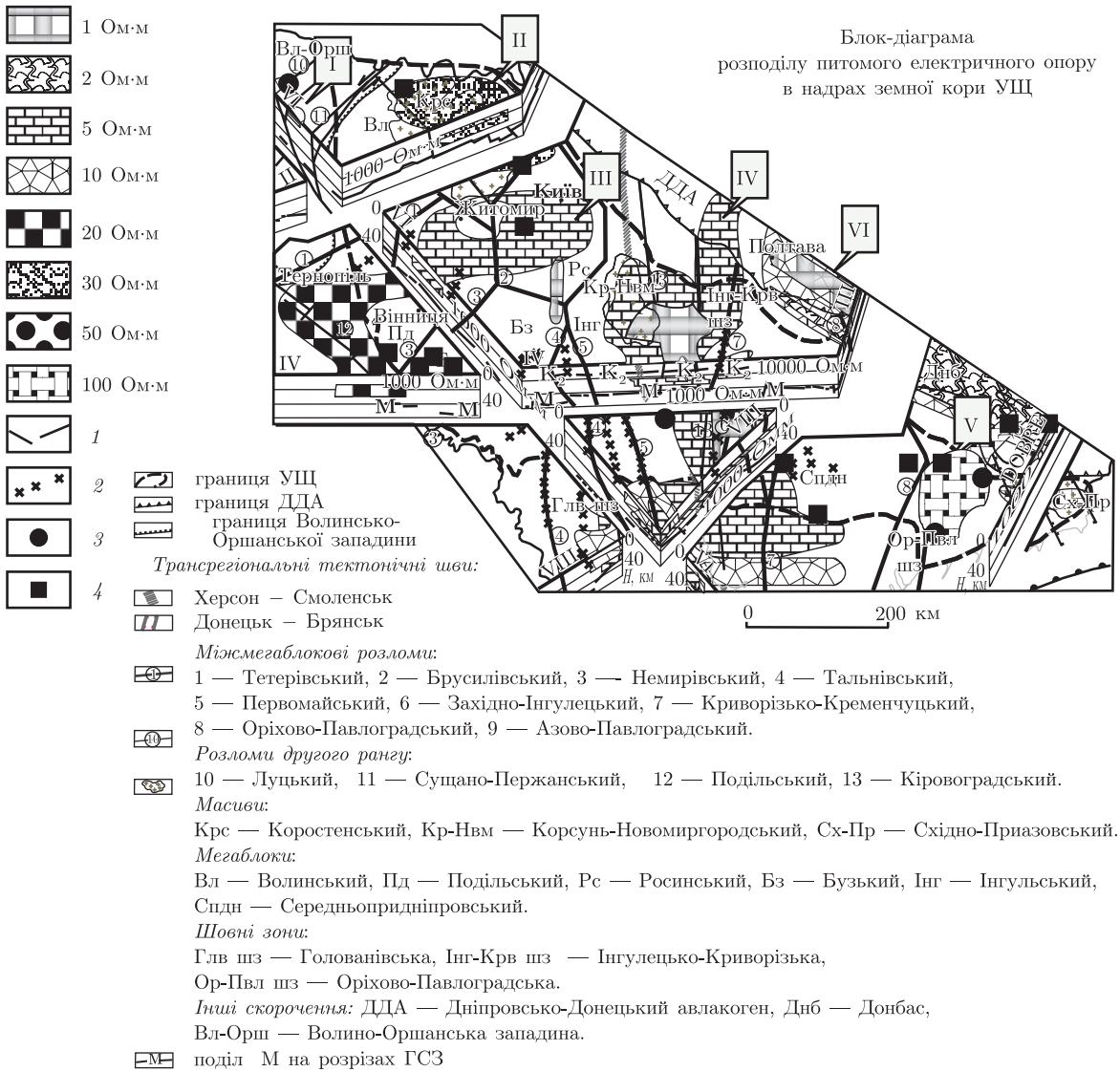


Рис. 1. Аномалії високої електропровідності в земній корі та верхній мантії України: I — Волинська; II — Коростенська; III — Чернівецько-Коростенська; IV — Кіровоградська; V — Приазовська; VI — Донбаська; 1 — блок високого електричного опору; 2 — субвертикальні зони високої електропровідності, що мають гальванічний зв'язок з поверхневими відкладами; 3 — місцезнаходження кімберлітових трубок; 4 — знахідки кристалів алмазів

З іншого боку, невелика глибина залягання провідних об'єктів (2–3 км) дозволяє припустити як підвищену роздробленість у фундаменті, так і пов'язаний з цим підвищений вміст мінералізованої води в інтервалі глибин, або дегідратацію порід, але без досягнення температури солідусу. За даними [3], природа високої провідності в районі, що розглядається, може бути пов'язана з прогрівом верхньої частини консолідованої кори зверху при виливах трапів. У цьому випадку може й могла б сформуватися зона роздробленості, у якій вміщуються мінералізовані води, що виникли при дегідратації порід фундаменту. Хоча автор [3] припускає, що в теперішній час ця зона може бути заповнена не ювенільними, а поверхневими водами.

Коростенська та Чернівецько-Коростенська аномалії. В межах УЩ на Волинському та Подільському блоках, де знайдені Коростенська ($H = 15$ км, $h = 15$ км, $\rho = 30$ Ом · м) та Коростенсько-Чернівецька ($H = 3-15$ км, $h = 15$ км, $\rho = 1-20$ Ом · м) внутрішньо корові аномалії електропровідності, розміщені Овручський рифтоген, Тетерівський палеопротин, Шепетівський трог — структури, що закладені в рифейський час, які перспективні на кімберлітовий магматизм [4].

Східна межа Чернівецько-Коростенської аномалії збігається з простяганням глибинного Подільського розлому. За геоелектричними даними виявлено провідний канал, що поєднує коровий об'єкт високої електропровідності з мантійним, і це вказує на високу проникливість зони розлому в великому інтервалі глибин. Він відрізняється значною мінералізацією та до нього тяжіють ендегенні карбонат-сфалерит-сульфідні орудніння та родовища [5].

Важливий елемент тектоніки регіону — Суцано-Пержанський розлом поділяє Волино-Подільську плиту на дві частини: на північному заході від нього розташована Волинська, що залягає близько від поверхні, а на південному сході — внутрішньо корова Чернівецько-Коростенська аномалія електропровідності.

Природа електропровідності Чернівецько-Коростенської корової аномалії залишається нез'ясованою. Цілком ймовірно, що різні частини аномалії мають не тільки різні значення питомого електричного опору, але й різну природу.

За геологічними даними, можна припустити існування на різних глибинах формацій, що вміщують графіт [6, 7]. Зазначимо, що магнітотелуричними дослідженнями в районі м. Вінниці, проміж містами Староконстантинів та Хмельник, а також в 10 км на південний захід від м. Гайсина виявлено тіла високої електропровідності, що виходять на поверхню [1].

У північній частині Волинського блока УЩ поміж Овручського прогину та Коростенським плутоном, на межі Подільського та Білоцерківського блоків УЩ, в межах Білоцерківсько-Одеського блока нами виділені анізотропні області різних типів. Природа анізотропії електричних властивостей безумовно пов'язана з структурою електропровідних каналів, що заповнені графітом, рудними та флюїдами.

Розглянемо питання про природу аномально високої провідності в верхній мантії західної частини України ($H = 70$ км, $h = 50$ км, $\rho = 20$ Ом · м).

За даними В. С. Гейко і Т. О. Цветкової [8], цей район характеризується низькими значеннями поздовжніх сейсмічних швидкостей на глибинах нижче 50 км у порівнянні з Кіровоградським та Придніпровським блоками УЩ. Але, за даними Г. Нолетта, в сейсмічній моделі поперечних хвиль тут фіксується підвищення швидкості з півночі на південь на глибині 80 км, а на глибині 300 км зменшення швидкості в тому ж напрямі [9]. Вивчення мантійних ксенолітів показало, що породи верхньої мантії характеризуються своєрідним складом, що суттєво відрізняється від складу мантійних порід на тих же глибинах в сусідніх районах УЩ та Волино-Подільської плити. На площі Подільського мегаблока кімберліти не виявлені, але часто зустрічаються їх індикаторні мінерали [10]. Серед піропів переважають різновидності лерцолітового та вебстерітового парагенезисів. Широко поширені альмандін-піропи еклогітового типу. Вивчення складу піропів показало, що вони утворилися в широкому діапазоні тиску, якій відповідає глибинам 50–160 км. У районі мантійної аномалії підвищеної електропровідності передбачається, що безпосередньо під земною корою, мантія слабо деплетована, метасоматична змінена і складена еклогітами та еклогітоподібними породами, температура плавлення яких нижче, ніж у довколишніх мантійних породах [10].

Таким чином, багато даних узгоджено свідчать про аномальність земної кори та верхньої мантії південної частини Волино-Подільської плити та заходу УЩ порівня-

но з нормальним розподілом фізичних параметрів середовища в надрах докембрійських платформ.

Як було показано вище, за даними сейсмічних досліджень [9] можна припустити наявність потужної літосфери в регіоні, що характеризується високою електропровідністю на глибинах 70 км.

Кіровоградська аномалія. Крім високих значень електропровідності в земній корі центральної частини УЩ на глибинах верхньої кромки від 10 до 25 км у різних частинах структури з $\rho = 1\text{--}10 \text{ Ом} \cdot \text{м}$, в верхній мантії існують об'єкти з питомим електричним опором до $20 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ на глибинах 50 км (частина ДДЗ) та 125 км (Причорноморська западина). Ця мантійна структура електропровідності збігається з даними сейсмотомографії [11]. Така ситуація в межах Лелеківської, Щорсівської, Криворізької та Зеленогайської ділянок корінного алмазовиявлення збігається з геоелектричною картиною та поширенням знахідок кімберлітових трубок в провінції Слейв в Канаді, де кімберліти розташовані на периферії мантійної аномалії високої електропровідності.

Донбаська аномалія. Провідник з ρ від 0,5 до $100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$, що залягає на глибині 2 км в надрах Донбасу, трудно пояснити присутністю тільки мінералізованої води, тому що подібні значення ρ не досягаються навіть при її концентрації до 1% з мінералізацією більш ніж 10 г/л. Ці труднощі знімаються, якщо припустити, що поряд з породами, що містять мінералізований флюїд, у розтині присутні провідники іншого типу напівпровідникового чи електронного. Найбільш ймовірним джерелом підвищеної провідності в цьому інтервалі глибин є вугілля.

Необхідно зауважити, що провідник на глибинах порядку 2-х км просторово збігається з максимальним значенням глибини залягання поділу Мохоровичича [12].

Провідник на глибині 10 км з $\rho = 1\text{--}100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ у рифейській частині ДДЗ і Донбасі корелює з областю, що зайнята аномаліями високих значень теплового потоку [12].

Приазовська аномалія. Східна частина УЩ — це сукупність провідної та погано провідної частин. У надрах Приазовського блока знаходиться Приазовська аномалія електропровідності ($H = 2 \text{ км}$, $h = 18 \text{ км}$, $\rho = 50\text{--}100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$), яка частково збігається з Західно-Приазовською РА [13]. В якості основного джерела підвищеної електропровідності може служити скупчення порід, що вміщують графіт- та сульфід. Середня намагніченість частин об'єктів РА, що поширені в “гранітному” шарі, становить 2,5 А/м, що відповідає 2–6% вміщення рудних мінералів у породі. Значення питомого електричного опору, що спостерігається, $50\text{--}100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ відповідають умові повної зв'язності рудних в породі та підвищеного вмісту сульфідів в склад рудних мінералів.

Східно-Приазовський субблок є виступом дорифейського фундаменту, що з усіх боків відокремлений розломами, а зона його сполучення з бортом ДДЗ є однією з важливих провінцій УЩ по проявленню ультраосновного магматизму. В Східному Приазов'ї до теперішнього часу відкрито чотири кімберлітових тіла: Петровське, Надія, Новоласпінське та Південне, а також дві дайки, що сполучені з Новоласпінським та Південним тілами.

У районі Оріхово-Павлоградської шовної зони потужна земна кора змінюється тонкою з плоским рельєфом поділу М Приазовського мегаблока [14].

Природа аномалії електропровідності Оріхово-Павлоградської шовної зони може бути пов'язана з специфічним складом порід земної кори, наявністю рудних (родовища залізистих кварцитів: Ново-Павловське, Східно Ново-Данилівське, Гуляй-Польське [15]) та графіту.

Сучасні або давні процеси, що проходили або проходять в земній корі та верхній мантії, можуть створювати електропровідні шари в літосфері. Якщо ще недавно основними

методами для виявлення областей, що перспективні на алмазоносність були геохімічні або тектонічні методи, то зараз можна передумовити, що геоелектричні методи, що ґрунтуються на аналізі природного змінного електромагнітного поля та його індукції в Землі, служать інструментом для отримання фізичної інформації в середині континентальної літосфери. А наявність вуглецевих провідників є природним та цікавим поясненням для аномалій електропровідності, які спостерігаються вище межі стійкості діамант — графіт (глибина ~ 150 км).

1. *Белявский В. В., Бурахович Т. К., Кулик С. Н., Сухой В. В.* Электромагнитные методы при изучении Украинского щита и Днепровско-Донецкой впадины. — Киев: Знання, 2001. — 227 с.
2. *Адам А.* Хорошо проводящие дайки в фундаменте Паннонского бассейна // Коровые аномалии электропроводности. — Ленинград: Наука, 1984. — С. 49–55.
3. *Гордиенко В. В.* Природа коровых и мантийных проводников // Геофиз. журн. — 2001. — **23**, № 41. — С. 29–39.
4. *Рябенко В. А., Міхницька Т. П.* Рифей України. — Київ: Ін-т геол. наук НАН України. — 2000. — 180 с.
5. *Знаменская Т. А., Чебаненко И. И.* Блоковая тектоника Вольно-Подольи. — Киев: Наук. думка, 1985. — 156 с.
6. *Рябенко В. А., Моськина О. Д., Злобенко И. Ф.* Углеродистые формации западной части Украинского щита. — Киев: Ин-т геол. наук АН УССР, 1980. — 52 с.
7. *Радзивилл А. Я.* Углеродистые формации и тектоно-магматические структуры Украины. — Киев.: Наук. Думка, 1994. — 172 с.
8. *Гейко В. С., Цветкова Т. А., Санникова Н. П. и др.* Региональная 3-D P-скоростная структура мантии северо-западной Евразии — I. Европа. 1 // Геофиз. журн. — 1998. — **20**, № 3. — С. 67–91.
9. *Nolet G., Zielhuis A.* Low S-velocities under the Tornquist-Teisseyer zone: Evidence for water injection into the transition zone by subduction // J. Geoph. Res. — 1994. — **99**, 15. — P. 813–820.
10. *Цымбал С. Н.* Состав верхней мантии под Украинским щитом (по данным изучения кимберлитов и их индикаторных минералов) // Глибинна будова літосфери та нетрадиційне використання надр Землі. — Київ: МГОН України, 1996. — С. 177–180.
11. *Гейко В. С., Цветкова Т. А., Шумлянская Л. А. и др.* Трехмерная скоростная модель верхней мантии Сарматии (юго-запад ВЕП) // Геофиз. журн. — 2005. — **27**, № 5. — С. 927–939.
12. *Кутас Р. И., Пашкевич И. К.* Геотермическая и геомагнитная модель Донбасса (тектонический анализ совместно с данными ГСЗ) // Там же. — 2000. — **22**, № 4. — С. 21–36.
13. *Пашкевич И. К., Марковский В. С., Орлюк М. И. и др.* Магнитная модель литосферы Европы. — Киев: Наук. Думка, 1990. — 168 с.
14. *Старостенко В. И., Пашкевич И. К., Кутас Р. И.* Глубинное строение Украинского щита // Геофиз. журн. — 2002. — **24**, № 6. — С. 36–48.
15. *Глевасский Е. Б.* Палеогеодинамические реконструкции в раннем докембрии юго-восточной части Украинского щита / Тектоносфера Украины: Сб. науч. тр. / Отв. ред. А. В. Чекунов. — Киев: Наук. думка, 1989. — 188 с.

*Інститут геофізики ім. С. І. Субботіна
НАН України, Київ*

Надійшло до редакції 23.08.2006