

ГЕОФІЗИКА

УДК 550.837:551.24(477)

Т. Бурахович, д-р геол. наук, А. Кушнір, мол. наук співроб.,
Г. Зайцев, мол. наук співроб.,
Інститут Геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, Київ
Б. Ширков, студ.
Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ

АНОМАЛЬНА ЕЛЕКТРОПРОВІДНІСТЬ ЗЕМНОЇ КОРИ СХІДНОЇ ЧАСТИНИ ПРИАЗОВСЬКОГО МЕГАБЛОКУ

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол. наук, проф. С.А. Вижвою)

У статті розглянуто просторові параметри аномалій високої електропровідності в надрах земної кори, а також їх природу, особливо на границях металогенічних та сейсмогенеруючих структур.

В усьому світі на територіях кристалічних щитів було зареєстровано велику кількість землетрусів. Поза всілякими сумнівами, вони викликані перерозподілом фізичних властивостей всередині земної кори стабільних регіонів. Велику кількість даних сейсмічного профілювання і сейсмотомографії, гравітаційних і геоелектромагнітних даних було використано для розуміння процесів, які відбуваються всередині Землі. Моделі, побудовані на основі експериментальних даних, дозволяють пояснити причини і механізми внутрішньоплитової сейсмічності.

Аналіз досліджень і публікацій показує, що на території Приазовського мегаблоку Українського щита (УЩ) та у його східній частині було проведено магніотелуричні та магнітоваріаційні дослідження різними авторами, розпочаті роботами 1:200000 та 1:1000000 масштабів, виконаними під керівництвом О.І. Інгерова [7, 8, 9], і продовжуються нині співробітниками УкрНДМІ [1] та Інституту геофізики НАН України (А.М. Кушнір, Г.М. Зайцев, 2009) (рис. 1а).

Вагомі результати з вивчення глибинної геоелектричної будови були розглянуті у кількох статтях та монографіях [2-6].

Перед авторами стояло завдання дослідити зони регіональних розломів Українського щита – Кальміуську та Грузько-Еланчікську – за допомогою методів глибинної геоелектрики – магніотелуричного зондування (МТЗ) та магнітоваріаційного профілювання (МВП). Ці зони є найбільш вираженими структурами другого порядку, до яких приурочені прояви рідкісних та рідкісноземельних елементів.

Відмінною рисою досліджуваних електромагнітних параметрів є те, що в діапазоні періодів від 50 с до 1000 с північна індукційна компонента вектора Візе $|W_{zy}|$ досягає достатньо високих значень – до трьох і більше відносних одиниць [2], які не можуть бути пояснені в межах двовимірних геоелектричних моделей. Область таких значень магнітоваріаційних параметрів простягається в бік Східно-Приазовського блоку. Але за даними МТЗ тут були виявлені області надвисокого опору (рис. 2а, б). Це не відповідає логічному зв'язку параметрів МТЗ та МВП в рамках двовимірних моделей, оскільки великим значенням параметрів МВП мають відповідати зони пониженого уявного опору, тобто структури, що мають підвищену електропровідність.

У східній частині Приазовського блоку є щільна мережа спостережень МТЗ і МВП (для періоду 150 с) в районі Грузько-Еланчікського глибинного розлому на всьому його простяганні.

Перший аналіз даних МВП (рис. 1) показує, що існує декілька районів з мінімальними значеннями модуля східної індукційної компоненти ($|W_{zx}|$) (північна і південна частини Грузько-Еланчікського глибинного розлому) і північної компоненти ($|W_{zy}|$) (Криворізько-Павлоградська зона розломів).

У більшій частині блоку рівень кривих МТЗ відповідає значенням сумарної поздовжньої провідності верхнього шару осадової товщі (S_{0n}), яка змінюється від 1 См (у центральній частині мегаблоку) до 100 См (на периферії).

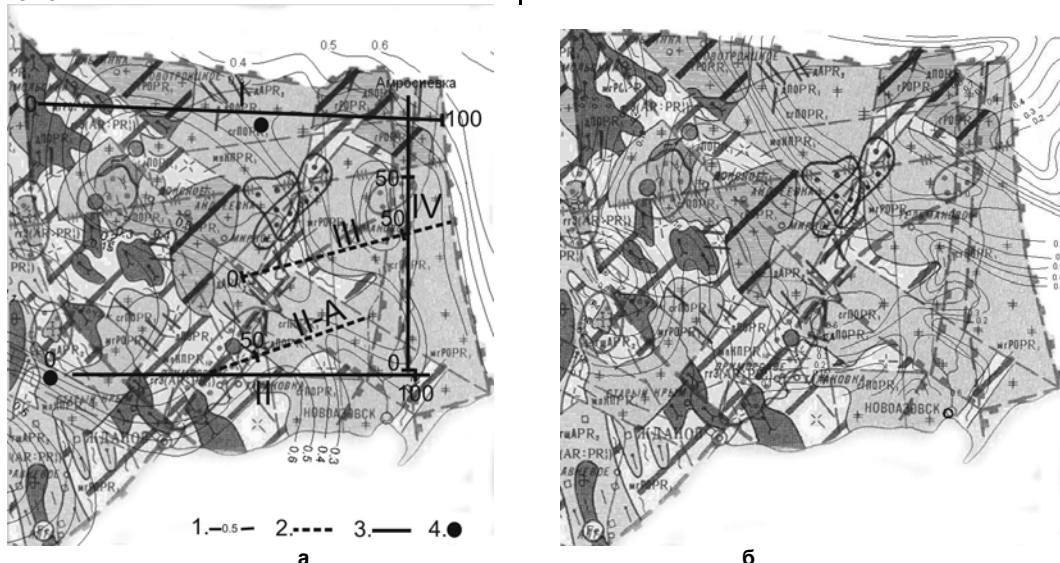


Рис. 1. Схема індукційних компонент магнітоваріаційних параметрів: 1 – ізолінії: а – $|W_{zx}|$ і б – $|W_{zy}|$; 2 – сучасні спостереження, виконані співробітниками УкрНДМІ Є.М. Шереметом, Ю.І. Ніколаєвим, І.Ю. Ніколаєвим; 3 – спостереження, зроблені під керівництвом О.І. Інгерова [7-9]; 4 – сучасні спостереження, виконані співробітниками Інституту геофізики НАН України А.М. Кушніром і Г.М. Зайцевим у 2009 р

На етапі якісної інтерпретації даних МТЗ були побудовані по профілях значення позірних питомого електричного опору для періодів поля геомагнітних варіацій $T = 10, 100$ і 1000 с (рис. 2-6), а також значення сумарного поздовжнього опору осадових відкладів ($T_{оп} = 1/S_{оп}$), визначеного з карт сумарної поздовжньої провідності $S_{оп}$. Видно, що у всьому діапазоні періодів на більшій частині території Східного Приазов'я значення ρ_y ано-

мально високі (порядку $100000 \text{ Ом}\cdot\text{м}$) та відображають малу приповерхневу сумарну поздовжню провідність. З ростом $S_{оп}$ зменшуються і значення ρ_y до рівня $100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$.

На профілі I (рис. 2) на всіх періодах спостерігається зменшення ρ_y на сході, яке, до речі, характеризується малими значеннями $S_{оп}$. Це свідчить про можливу наявність глибинної провідної структури.

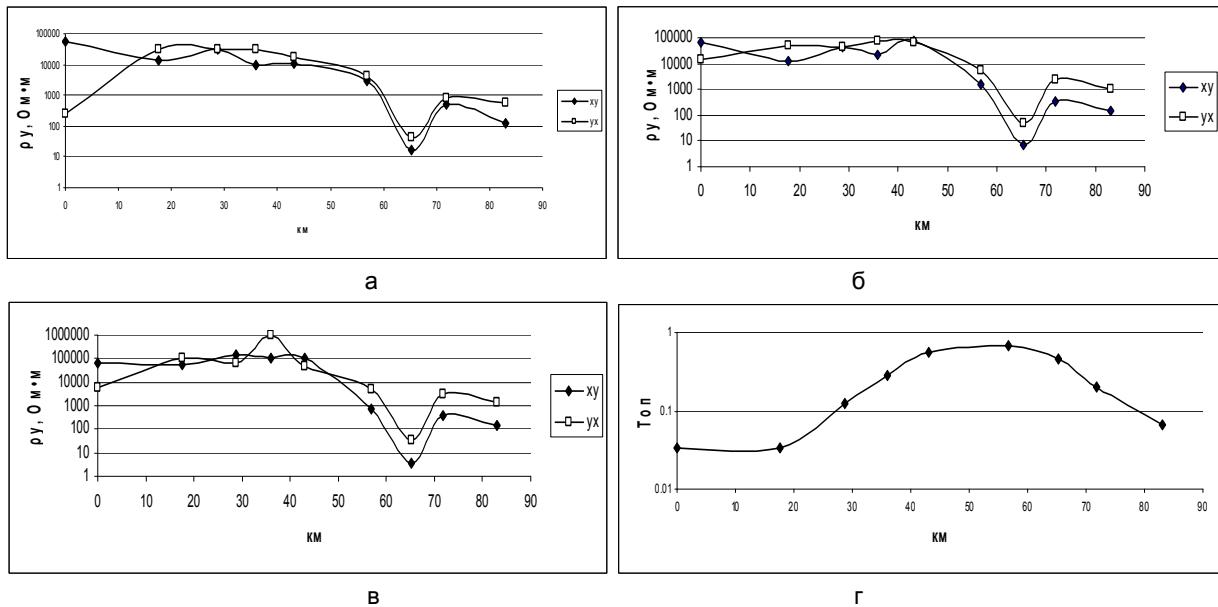


Рис. 2. Магніотелуричні параметри вдовж профілю I:

а, б, в – значення позірних питомого електричного опору для періодів поля геомагнітних варіацій $T = 10, 100$ і 1000 с відповідно; г – значення сумарного поздовжнього опору осадових відкладів

Практично на всіх амплітудних кривих МТЗ Східного Приазов'я спостерігаються мінімуми на періодах близько 100 с. Фазові криві відповідають амплітудним, на них відзначаються перегини на рівні -45° на відповідних періодах. На профілі I спостерігаються повсюдно мінімуми на періодах <100 с і тільки на сході в межах Грузько-Еланчикського глибинного розлому з'являються мінімуми на більших періодах. Це може пояснюватися тим, що на сході профілю глибина залягання провідника різко збільшується.

На профілях II, IIa та III (рис. 3-5) на всіх періодах теж спостерігається зменшення ρ_y від $100000 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ до

$100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ і менше на сході, що може пояснюватися підвищеними значеннями $S_{оп}$.

На профілі II всюди спостерігаються мінімуми на періодах 100 с та >100 с і тільки на сході в межах півдня Грузько-Еланчикського глибинного розлому вони на кривих МТЗ відсутні. Це може пояснюватися тим, що на сході профілю відсутній глибинний провідник і рівень ρ_y різко зменшується завдяки існуванню в районі високопровідних осадових приповерхневих відкладів. Але у західній частині профілю ймовірна наявність провідних шарів на значних глибинах.

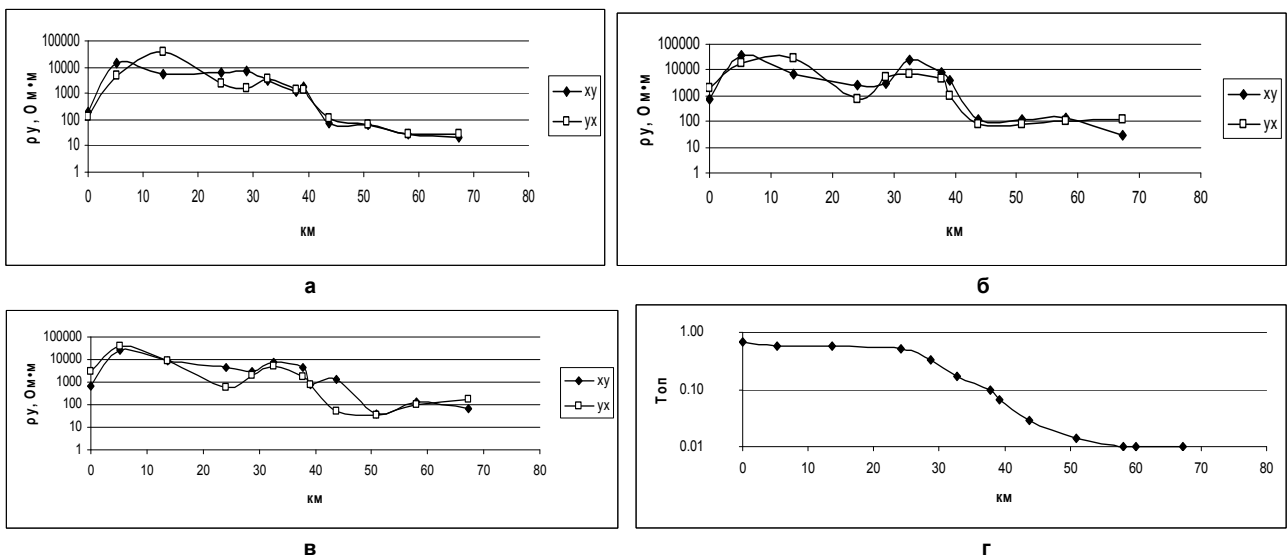


Рис. 3. Магніотелуричні параметри вдовж профілю II:

а, б, в – значення позірних питомого електричного опору для періодів поля геомагнітних варіацій $T = 10, 100$ і 1000 с відповідно; г – значення сумарного поздовжнього опору осадових відкладів

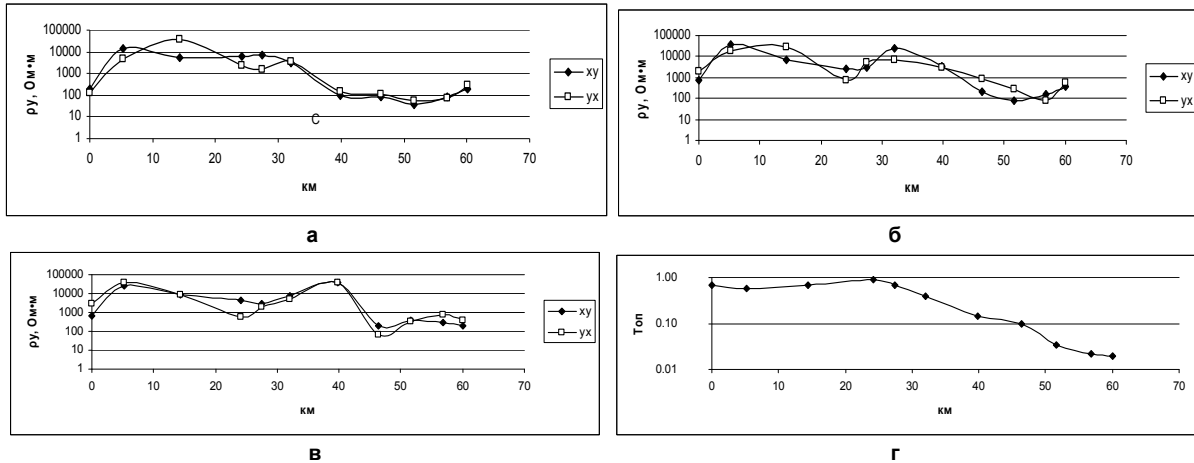


Рис. 4. Магнітотелуричні параметри вдовж профілю Ia:

а, б, в – значення позірної питомого електричного опору для періодів поля геомагнітних варіацій $T = 10, 100$ і 1000 с відповідно; г – значення сумарного поздовжнього опору осадових відкладів

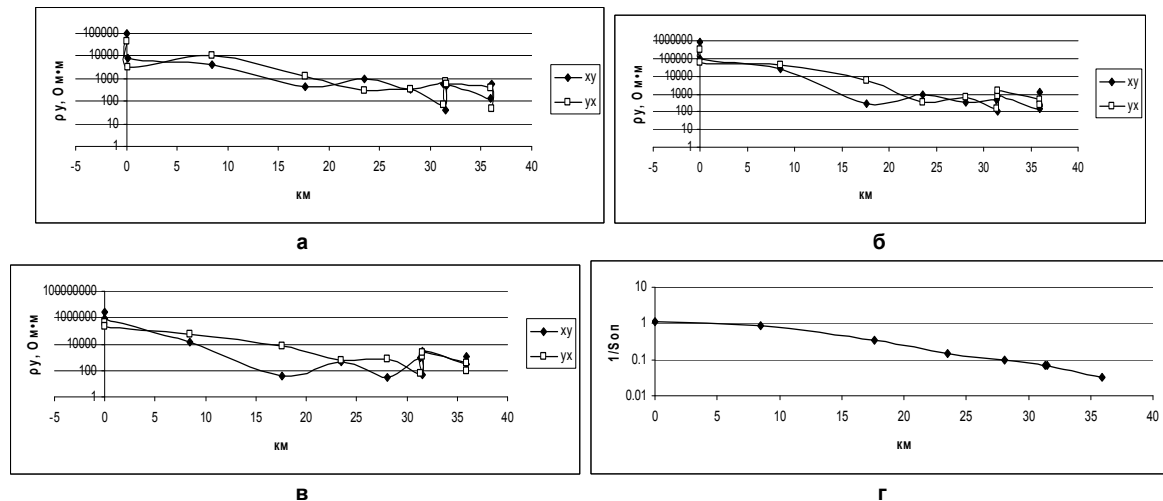


Рис. 5. Магнітотелуричні параметри вдовж профілю III:

а, б, в – значення позірної питомого електричного опору для періодів поля геомагнітних варіацій $T = 10, 100$ і 1000 с відповідно; г – значення сумарного поздовжнього опору осадових відкладів

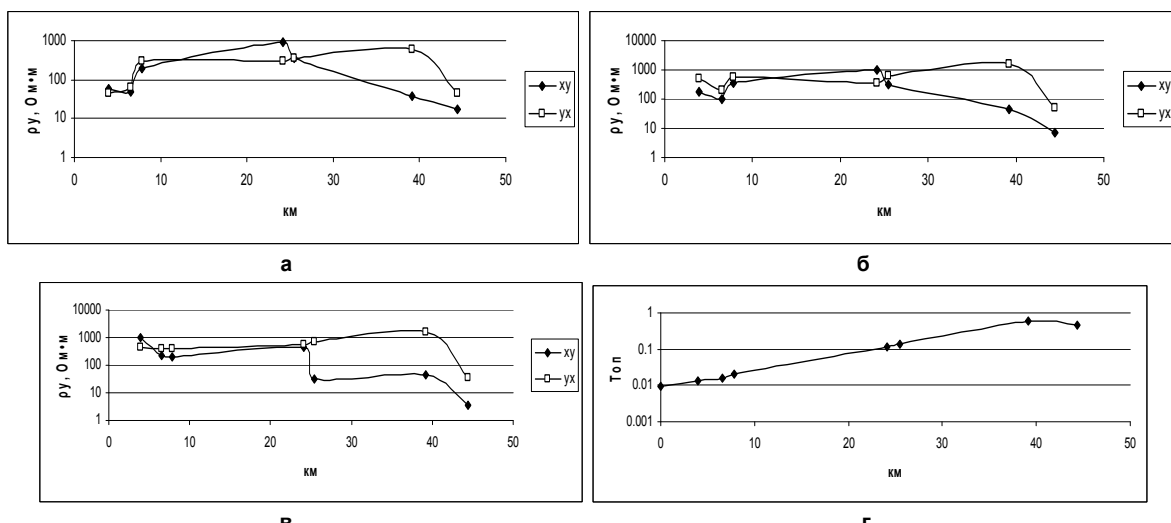


Рис. 6. Магнітотелуричні параметри вдовж профілю IV:

а, б, в – значення позірної питомого електричного опору для періодів поля геомагнітних варіацій $T = 10, 100$ і 1000 с відповідно; г – значення сумарного поздовжнього опору осадових відкладів

У межах Грузько-Еланківського глибинного розлому на кривих МТЗ на сході профілю Ia вже на деяких його пунктах з'являються мінімуми на періодах 100 с, у той час як на профілі III всі криві мають мінімуми не тільки

на цих періодах, але і на значно більших, що є свідченням появи глибинної провідної структури.

Профіль IV (рис. 6) субмеридіонально простягається вздовж Грузько-Еланківського глибинного розлому. На всіх

періодах спостерігається розходження рівня кривих МТЗ на цілий порядок для різних поляризацій електричного поля, значення ρ_y суттєво зменшені (до рівня 100-1000 Ом·м) порівняно з рівнем кривих МТЗ на всьому Східному Приазов'ї. На півночі профілю ρ_y зменшується, залежно від періоду, до рівня <100 Ом·м, яке відповідає збільшенню значень $T_{оп}$. Крім того, тут на кривих МТЗ спостерігаються мінімуми на періодах >100 с. Це може свідчити про наявність вертикальної глибинної провідної структури. У південній частині розлому криві МТЗ і значення параметрів МВП (період 150 с) суперечать один одному і вже не відображають наявності провідників у земній корі.

Обговорення результатів та висновки. Багато кривих МТЗ розташовано значно вище рівня глобальних даних, тому важко оцінити глибину залягання про-

відників. Якісна оцінка глибини залягання провідників (рис. 7а) за одновимірним поданням коливається від 10 до 50 км. Сумарна поздовжня провідність цього елемента близько 1000 См. Крім того, наявність мінімумів на кривих МТЗ на періодах більше 100 с у багатьох пунктах Східного Приазов'я може свідчити про ймовірність існування шару підвищеної провідності у верхній мантії у цьому регіоні. Слід одразу зауважити, що ці оцінки носять попередній характер і будуть використані для тривимірного моделювання.

На рис. 7б видно, що аномалії магнітоваріаційних параметрів в області найменших значень відповідають розповсюдженню лужних порід і в східній частині Приазовського масиву визначаються Грузько-Еланчикським глибинним розломом в його північній частині.

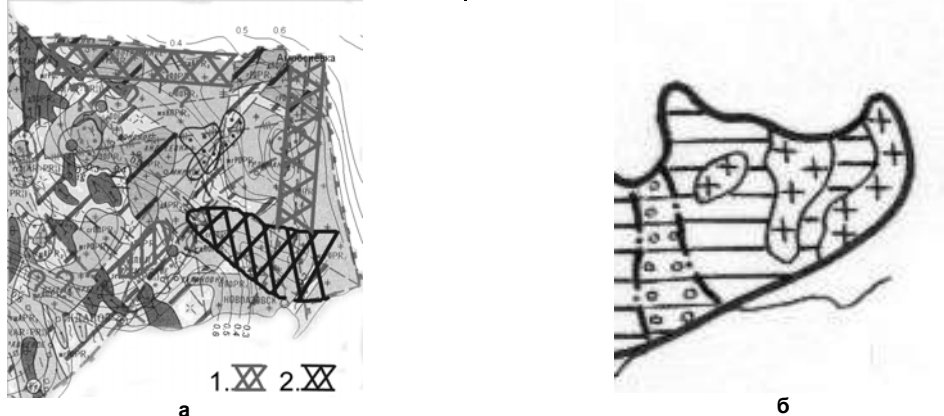


Рис. 7. Зони аномальної провідності (а) та лужні масиви [10] (б) Східної частини Приазовського мегаблоку УЩ. Кольори: сірий – провідні об'єкти у надрах земної кори, чорний – відсутність провідників

За уявленнями С.В. Нечаєва [11] позначається тенденція підсуну Приазовського масиву під орогенну систему Донбасу. На рис. 8 представлена модель глибинних провідників Приазовського мегаблоку, на якій видно, що більшість аномальних структур (включаючи і Східне Приазов'я) мають субмеридіональне простягання і розповсюджуються під Донецький басейн.

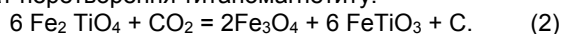
Природа глибинної електропровідності може визначатися існуванням графіту, що виник під час утворення лужних масивів. За даними огляду [12] склад флюїду, який представлено компонентами С-Н-О, залежить від фугітності кисню в мантії. Фугітність кисню вважається фактором, що визначає стан С-Н-О флюїду і форму знаходження вуглецю в мантії – у вигляді карбонатів або графіту. Однак, термодинамічний аналіз умов рівноваги флюїдів з породами верхньої мантії приводить дослідників до абсолютно різних висновків.

Існує думка, що мінерали глибинного походження сформовані при низькій активності кисню (на 2-4 логарифмічні одиниці нижче буферу кварц-фаяліт-магнетит) і стабільною фазою є графіт, що ставить питання про необхідність брати до уваги участь графіту в глибинних магматичних реакціях.

Утворення графітових плівок у континентальних кристалічних породах суттєво залежить від джерела вуглецю. Однією з можливостей утворення графіту є відкладення графіту з CO_2 :



Іншою можливістю створення плівок графіту є результат перетворення титаномагнетиту:



Цей процес починається при температурі $600^\circ - 675^\circ C$ і залежить від складу порід.

Третій механізм утворення графітових плівок, коли графіт генерується вдовж тріщин розломів у результаті реакції:

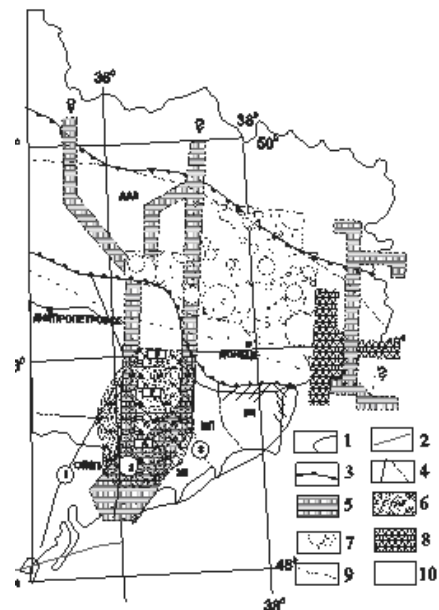
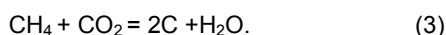


Рис. 8. Тривимірні аномалії електропровідності Приазовського мегаблоку за даними Т.К. Бурахович та С.М. Куліка:

1 – границя УЩ, 2 – границя Скіфської плити та СЄП, 3 – границя ДДЗ, 4 – глибинні розломи I та II рангу (цифри в кружках: 1 – Оріхово-Павлоградський, 2 – Азово-Павлоградський, 3 – Центрально-Приазовський); геоелектричні параметри аномалій електропровідності: 5 – глибина залягання покрівлі та підшови (h) від поверхні до 2 км, $\rho = 10$ Ом·м; 6 – h=2-10 км, $\rho=100$ Ом·м; 7 – h=2-10 км, $\rho=8$ Ом·м; 8 – h=2-10 км, $\rho=0.6$ Ом·м; 9 – h=10-30 км, $\rho=2$ Ом·м; ОПШЗ – Оріхово-Павлоградська шовна зона; блоки I порядку Приазовського мегаблоку: ЗП – Західно-Приазовський, ЦП – Центрально-Приазовський, ВП – Східно-Приазовський; блоки II порядку Західно-Приазовського блоку: В – Волчанський, Г – Гуляйпільський, А – Андріївський

Треба відмітити, що утворення графіту із газових джерел є загальним процесом, що відбувається у нижній корі.

Таким чином, у результаті аналізу геоелектричних даних, у Східному Приазов'ї виявлено провідні об'єкти у нижній корі, які корелюються зі структурами на поверхні масиву – з глибинними розломами та межею Донбасу, але ця відповідність носить складний характер.

Список використаних джерел

1. Азаров Н.Я., Анциферов А.В., Шермет Е.М., Глевасский Е.Б., Есилчук К. Е., Кулик С.Н., Сухой В.В., Николаеа Ю.И., Николаев И.Ю., Пигулевский П.И., Шпильчак В.А., Сетая Л.Д., Волкова Т.Г., Бородиня Б.В. Геолого-геоелектрическая модель Орехово-Павлоградской шовной зоны Украинского щита. – К.: Наукова Думка, 2005. – 191 с.
2. Белявский В.В., Бобров, А.Б., Гошовский С.В., Чуприна, И.С., Шумлянский В.А. Геоелектрические модели золоторудных месторождений Украинского щита и Донбасса, Киев, Логос, 2004, – 247.
3. Белявский В.В., Бурахович Т.К., Кулик С.Н., Сухой В.В. Электромагнитные методы при изучении Украинского щита и Днепровско-Донецкой впадины. – К.: Знання, 2001. – 227 с.

4. Бурахович Т.К., Кулик С.Н. Модель электропроводности земной коры Украины. // Физика Земли. – 2000а. – №10. – С.48-56.
5. Бурахович Т.К., Кулик С.Н. Модель электропроводности земной коры восточной части Украины. // Геофиз. жур. – 2000б. – №5, т.22. – С. 39-47.
6. Бурахович Т.К., Кулик С.Н. Результаты интерпретации данных естественного электромагнитного поля на территории Украинского кристаллического щита // Геофиз. жур. – 2001. – №5, т. 23. – С. 101-107.
7. Ингерев А.И. Результаты региональных исследований МТЗ вдоль геотраверса Ужгород-Ворошиловград. Отчет Центральная геофизическая экспедиция "Укргеология" №248/87, 1987.
8. Ингерев А.И. Карта магнитных параметров МТЗ и МВП Ю-В части УЩ, М-61:1000000. Укргеолфонд, № 50034, 1988 г.
9. Ингерев А.И., Рокитянский И.И. Украинский щит // Литосфера Центральной и Восточной Европы: Обобщение результатов исследований / Отв. редактор А.В.Чекунов. – Киев: Наукова думка. – 1993. – 257 с.
10. Каляев Г.И., Крутиховская З.А., Жуков Г.В. и др. Тектоника Украинского щита, Наук думка, 1972 – 300 с.
11. Нечаев С.В. Минерагеническая зональность Украинского щита с позиций мобилизма. Минералогический журнал, 1997., №2, С. 87-97.
12. Усенко О.В. Физико-химические процессы в астеносфере // Геофиз. жур. – 2007. – №2, т. 29. – С. 54-70. 13. Glover P.W.J. Graphite and electrical conductivity in Lower continental Crust: A Review, Phys. Chem. Earth. Vol.21 No 4. pp.279-287

Надійшла до редколегії 04.12.12

Т. Бурахович, д-р геол. наук, А. Кушнир, млад. науч. сотр., Г. Зайцев, млад. науч. сотр. Институт Геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, Киев
Б. Ширков, студ.
Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ

АНОМАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ЗЕМНОЙ КОРЫ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ПРИАЗОВСКОГО МЕГАБЛОКА

В статье рассмотрены пространственные параметры аномалий высокой электропроводности в недрах земной коры, а также их природа, особенно на границах металлогенических и сейсмогенерирующих структур.

T. Burahovich, Dr. Sci. (Geol.), A. Kushnir, Junior researcher, G. Zaitsev, Junior researcher, Institute of Geophysics National Academy of Science of Ukraine, Kyiv
B. Shyrkov, stud.
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv

ANOMALOUS ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF THE CRUST OF EASTEN PART OF PREASOV MEGABLOCK

The article deals the spatial parameters of high electric conductivity anomalies in the depths of the earth's crust, and their nature, especially on the boundaries of the metallogenic and seismic generating structures.

УДК 550.832.5

О. Камілова, мол. наук. співроб., В. Кулик, канд. фіз.-мат. наук, М. Бондаренко, канд. геол. наук, А. Кетов, канд. геол. наук, С. Дейнеко, канд. геол. наук, Інститут Геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, Київ

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОГЕННИХ ЗАЛІЗОВІСНИХ ПОРІД КОМПЛЕКСОМ РАДІОАКТИВНОГО КАРОТАЖУ (НА ПРИКЛАДІ ХВОСТОСХОВИЩА ПІВНІЧНОГО ГЗК)

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол. наук, проф. О.М. Карпенком)

За допомогою комплексу радіоактивного каротажу (РК) у складі нейтрон-нейтронного, гамма-гамма і гамма-каротажу виконано дослідження порід на території хвостосховища Північного гірничо-збагачувального комбінату. На основі об'єктно-адаптаційної методології РК (як сукупності відповідних методів і методик) визначено ряд петрофізичних параметрів техногенних і природних порід та оцінено вміст заліза. Показано високу ефективність та інформативність комплексу РК і його інтерпретаційно-методичного забезпечення.

Постановка задачі. Впродовж 50-ти років у Криворізькому басейні видобувають і збагачують бідні залізні руди – магнетитові кварцити [4]. Утворені при збагаченні руд відходи (хвости) складаються у спеціальні гідротехнічні споруди – хвостосховища. Вони займають великі площі (до 7,6 тис га [6]), які стають непридатними для іншої господарської діяльності людини та джерелом забруднення довкілля. Процес інфільтрації технічних вод із хвостосховищ та ставків-накопичувачів призводить до підвищення хлоридної і сульфатної мінералізації підземних вод. Крім того, щорічно навесні зі хвостосховищ скидають води в поверхневі водні об'єкти. Також відбувається забруднення повітря в результаті пілопереносу з поверхонь зневоднених площ вздовж дамб обвалування (до 2–5 т пилу за добу з 1 га поверхні) [7].

Одним зі шляхів зменшення негативного впливу на довкілля є комплексне використання відходів збагачен-

ня. Обсяг цих відходів в Кривбасі, за різними оцінками, складає від 3 до 7 млрд т і щорічно до них додається 280 млн т [4, 7]. Вони містять понад 30 цінних компонентів (у т.ч. золото і рідкісноземельні елементи) [7] і при застосуванні відповідних технологій можуть бути сировиною для подальшої переробки.

Хвостосховище Північного гірничо-збагачувального комбінату (ПГЗК, м. Кривий Ріг) є одним з найбільших в Кривбасі (площа ~1300 га, загальний обсяг ~1 млрд т [12]). Відходи збагачення, так звані "текучі хвости", надходять до хвостосховища у вигляді пульпи, яка складається з мінеральної речовини (4–6 % ваг.) і води (решта). Розмір мінеральних частинок коливається від ~0,001 мм до ~3,0 мм, середня густина сухої породи хвостів 1,6 г/см³ [12], пористість, з урахуванням мінеральної густини скелету (див. табл.), складає ~55 %. Після скидання текучих хвостів у хвостосховищі відбувається перероз-