

doi: <https://doi.org/10.15407/dopovidi2018.09.070>

УДК 551.24

**А.М. Кушнір, Т.К. Бурахович,
В.А. Ільєнко, В.Б. Джоашвілі**

Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, Київ
E-mail: antonn@ukr.net

Електромагнітні дослідження вздовж профілю Несено-Іржавець — Абрамівка (південний борт Дніпровсько-Донецької западини)

Представлено академіком НАН України В.І. Старостенком

У південному борту центральної частини Дніпровсько-Донецької западини вздовж профілю Несено-Іржавець—Абрамівка проведено синхронні МТ/МВ дослідження з метою вивчення глибинної структури літосфери в зв'язку з пошуком аномалій електропровідності, які можуть бути спричинені тріщинуватістю порід, в яких переміщуються флюїди та, можливо, утворюють родовища вуглеводнів. Нові сучасні експериментальні електромагнітні параметри, що описані в роботі, повинні деталізувати Кіровоградську аномалію електропровідності та стати основою для побудови тривимірної моделі в такій складній геологічній обстановці, як зчленування різновікових структур. Наведені експериментальні дані МТ/МВ спостережень підтверджують глибинні аномальні структури, знайдені в попередні роки.

Ключові слова: Кіровоградська аномалія електропровідності, Інгулецько-Криворізька шовна зона, Дніпровсько-Донецька западина, магнітотелуричне зондування, магнітоваріаційне профілювання, аномалії електропровідності.

У роботі [1] наведено результати комплексної геолого-геофізичної інтерпретації та виділено декілька перспективних площ для пошуку родовищ вуглеводнів у кристалічному фундаменті Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ), які характеризуються значним роздробленням [2], що підтверджується результатами якісної інтерпретації експериментальних даних магнітотелуричного зондування (МТЗ) та магнітоваріаційного профілювання (МВП).

Сучасний підхід до обробки експериментальних даних синхронних МТ/МВ зондувань та інтерпретація отриманих матеріалів дали можливість виділити в північно-західній частині ДДЗ аномальні області, які викликані не лише осадовими відкладами, а й провідними структурами з верхньою кромкою 3—5...8 км у консолідованій земній корі [3]. В області зчленування південного борту ДДЗ з північною частиною Голованівської (Ядлово-Трахтемирівської) шовної зони відсутні глибинні аномалії електропровідності, тоді як далі на схід

© А.М. Кушнір, Т.К. Бурахович, В.А. Ільєнко, В.Б. Джоашвілі, 2018

на межі з Інгульським мегаблоком за експериментальними даними [4] виділяється глибинна аномалія з верхньою кромкою $> 20\text{--}40$ км.

Робота присвячена дослідженню змінного низькочастотного електромагнітного поля Землі іоносферно-магнітосферного походження вздовж південного борту центральної частини ДДЗ по профілю Несено-Іржавець—Абрамівка, метою якого є вивчення глибинної структури літосфери в зв'язку з пошуком аномалій електропровідності, які можуть бути спричинені тріщинуватістю порід, в яких переміщуються флюїди та, можливо, утворюють родовища вуглеводнів.

Нові електромагнітні дослідження. В основі МТ/МВ методів [5] лежить індукційний принцип, що ґрунтується на явищі скін-ефекту — пропорційній залежності глибини проникнення електромагнітного поля від періоду коливаний T .

У методі МТЗ звичайно використовують тензор імпедансу $[Z]$, який визначається із співвідношень між горизонтальними (тангенціальними) компонентами електричного та магнітного полів:

$$\mathbf{E}_\tau = [Z] \mathbf{H}_\tau, \text{ де } [Z] = \begin{bmatrix} Z_{xx} & Z_{xy} \\ Z_{yx} & Z_{yy} \end{bmatrix}.$$

За модулем $|Z|$ розраховується ефективний (позірний) опір геоелектричного розрізу:

$$\rho_\tau = [Z]^2 / \omega \mu \approx 126,7 \cdot 10^3 [Z]^2 T,$$

де $\omega = 2\pi/T$ — кругова частота; $\mu = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Н/м — абсолютна проникність вакууму.

У методі МВП визначаються комплексні індукційні стрілки (типер), що розраховуються із співвідношення між вертикальною та тангенціальною складовими магнітного поля варіацій

$$H_z = [W] \mathbf{H}_\tau, \text{ де } [W] = [W_{zx}, W_{zy}].$$

Нові експериментальні спостереження проведені довгоперіодними цифровими станціями LEM1-417 з ферозондовими магнітометрами [6] в 11 пунктах, тривалість спостережень у польових точках становила 3–12 діб, відстань між пунктами спостережень — 15–20 км (рис. 1). Профіль Несено-Іржавець—Абрамівка перетинає південний борт (Лохвицький блок) у пунктах Несено-Іржавець (Нсн), Колодна (Клд), Хильківка (Хлк), Петрівка-Лози (Птр), Радивонівка (Рдв), Цикали (Цкл), Колотії (Клт) та осьову частину ДДЗ (Полтавський блок) у пунктах Пустовари (Пст), Сапожине (Спг), Огіївка (Огв), Абрамівка (Абр).

Обробка польового матеріалу виконана в рамках багатоточкової схеми оцінювання МТ/МВ відгуків між пунктами зондування та віддаленою референтною базою [7]. Завдяки такому підходу отримані достовірні оцінки параметрів позірної опорності (ρ_π) від 20 до 8000 с (рис. 2) та типерів для періодів геомагнітних варіацій 30–3700 с (рис. 3).

За результатами якісної інтерпретації графіків ρ_π для різних періодів та значень сумарної повздовжньої провідності верхнього шару осадових відкладів (S_{oc}) профіль можна розділити на три частини: перша (0–50 км) — пункти Нсн, Клд, Хлк, Птр — значення ρ_π для різних напрямків вимірювальних ліній (ρ_{xy} , ρ_{yx}) збігаються та знаходяться в інтервалі величин від 10 до 100 Ом·м майже в усьому частотному діапазоні; друга (50–110 км) — пункти Рдв, Цкл, Клт — значення ρ_{xy} та ρ_{yx} відрізняються на 1–1,5 порядку, ρ_{xy} (меридіональний

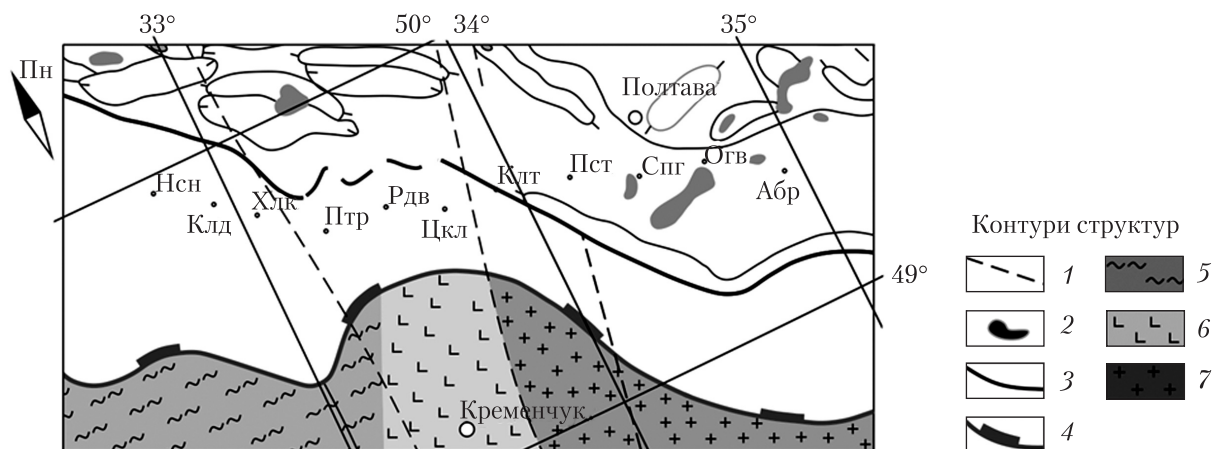


Рис. 1. Розташування пунктів спостережень МТЗ та МВП на тектонічній карті [10]. Умовні позначення: 1 – розривні порушення; 2 – соляні куполи; 3 – південний скид ДДЗ; 4 – контури платформних структур; 5 – гнейсово-сланцеві, гранітові комплекси Інгільського мегаблока; 6 – метавулканогенні утворення та амфібол-гранітові комплекси; 7 – амфібол-гранітові плутоно-метаморфічні комплекси Середньопридніпровського мегаблока. Пункти спостережень: Несено-Іржавець (Нсн), Колодна (Клд), Хильківка (Хлк), Петрівка-Лози (Птр), Радивонівка (Рдв), Цикали (Цкл), Колодії (Клт), Пустовари (Пст), Сапожине (Спг), Огіївка (Огв), Абрамівка (Абр)

напряму кривої) в середньому відповідає рівню 1–10 Ом·м, тоді як ρ_{yx} (широтний) становить 10–100 Ом·м; третя (110–190 км) – пункти Пст, Спг, Огв, Абр – значення ρ_{Π} від 1 до 50 Ом·м у всьому частотному діапазоні зростають зі збільшенням періоду, розходження між ρ_{xy} та ρ_{yx} спостерігається на періодах, більших за 100 с, і становить один порядок.

Значення S_{oc} , за даними [8], поступово зростають у східному напрямку від 450 (борт ДДЗ) до більш як 1000 См (осьова частина ДДЗ). Однак інформація про інтегральну електропровідність поверхневого шару $S_{oc_{сп}}$, яка отримана за висхідною гілкою спостережених кривих ρ_{Π} , ці дані не підтверджує (див. рис. 2). У першій частині профілю значення S_{oc} та $S_{oc_{сп}}$ майже збігаються та дорівнюють 450–600 См, далі в інтервалі від 50 до 110 км $S_{oc_{сп}}$ значення відповідають 400–500 См і майже в два рази менші за S_{oc} , які дорівнюють 900 См, а в третій частині (>110 км) значення $S_{oc_{сп}}$ удвічі більші за S_{oc} і становлять майже 2000 См.

Зіставлення сукупності даних $S_{oc_{сп}}$ та ρ_{Π} свідчить про наявність глибинної аномалії електропровідності в середній частині профілю та передбачає в східній. Результати якісної інтерпретації кривих МТЗ показали, що мінімальні глибини залягання верхньої кромки провідника змінюються від 20–30 км на південному заході в прибортовій зоні до максимальних значень 50 км в осьовій зоні ДДЗ.

Розподіл реальної складової типера вказує на те, що максимум частотної характеристики змінюється вздовж профілю від 200 до 1300 с, їх основний напрямок – від південно-західного до південного. Отже, експериментальні спостереження можуть свідчити про занурення провідника з наближенням до осьової частини ДДЗ (див. рис. 3).

Таким чином, із застосуванням методів МТЗ і МВП проведено дослідження вздовж профілю Несено-Іржавець–Абрамівка, що перетинає унікальну Кіровоградську аномалію

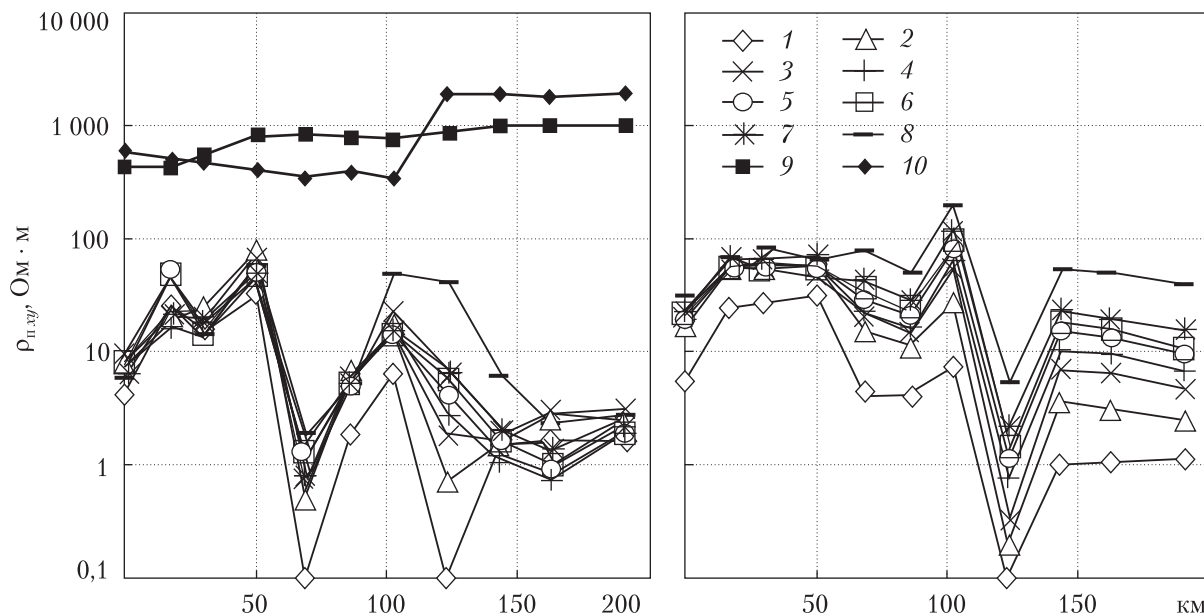


Рис. 2. Розподіл позірного питомого електричного опору $\rho_{п}$ для періодів: 1 – 16 с; 2 – 100 с; 3 – 200 с; 4 – 500 с; 5 – 1000 с; 6 – 1300 с; 7 – 2000 с; 8 – 8200 с по профілю Несено-Іржавець – Абрамівка; значення сумарної повздожньої провідності осадових відкладів ДДЗ: S_{oc} – за даними [8] (9); $S_{oc_{сп}}$ – за даними інтерпретації спостережених кривих $\rho_{п}$ (10)

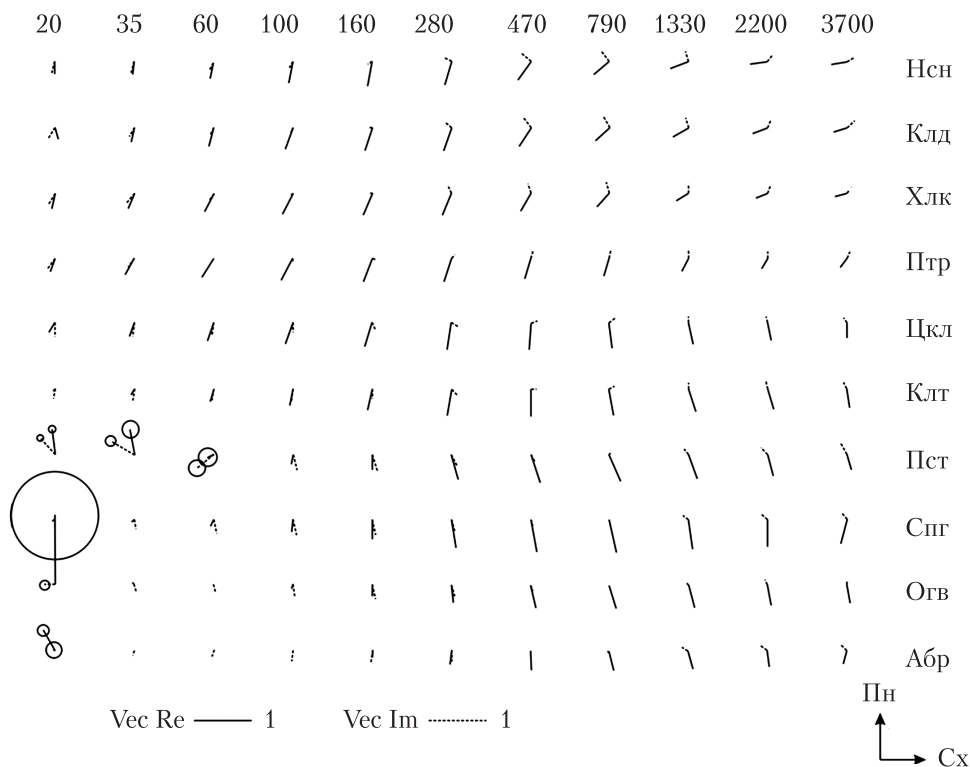


Рис. 3. Розподіл спостережених комплексних типерів у широкому діапазоні геомагнітних варіацій по профілю Несено-Іржавець–Абрамівка

електропровідності [9]. Вона являє собою витягнуту з півдня на північ — північний схід структуру завдовжки майже 600 км, яка повністю перекриває Інгулецько-Криворізьку шовну зону та східну частину Інгульського мегаблока. Вся ця глибинна структура в межах Інгулецько-Криворізької шовної зони продовжується на північний схід в бік ДДЗ і далі на північ.

За результатами тривимірного моделювання Кіровоградської аномалії електропровідності в роботі [9] район дослідження характеризується аномалією питомого електричного опору ($\rho < 30 \text{ Ом}\cdot\text{м}$) на глибинах від 10–25 км та $>10 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ в інтервалі глибин 25–30 км. Але нові сучасні експериментальні електромагнітні параметри, що описані в даній роботі, повинні деталізувати цю аномальну структуру та стати основою для побудови тривимірної моделі в такій складній геологічній обстановці, як зчленування різновікових структур.

У роботі [1] виділено прогнозні нафтогазові площі кристалічного фундаменту ДДЗ за комплексом геолого-геофізичних методів. Профіль Несено-Іржавець—Абрамівка перетинає південно-східну частину Глидинцівської площі, яка характеризується наявністю коромантійної суміші потужністю 2–5 км, що притаманно нафтовим та нафтоконденсатним родовищам. Крім того, роздробленістю та розущільненням у кристалічному фундаменті й консолідованій корі на глибинах 20–30 км, що обумовлено крупним вузлом перетину зон розломів різних систем. Згідно з результатами 3D геоелектричного моделювання, саме на цих глибинах знайдено аномальні структури, що підтверджуються новими даними експериментальних МТ/МВ спостережень.

Глибинні аномалії електропровідності можуть пояснюватися проникненням флюїдів з кори і мантії та бути важливим джерелом для всіх подальших процесів формування нафтогазових родовищ.

ЦИТОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Тектоника и углеводородный потенциал кристаллического фундамента Днепроовско-Донецкой впадины: Старостенко В.И., Русаков О.М. (ред.). Киев: Галактика, 2015. 211 с.
2. Омельченко В.Д., Кучма В.Г. Раздробленность земной коры и нефтегазоносность Днепровско-Донецкого авлакогена. *Геодинаміка*. 2013. **15**, № 2. С. 54–55.
3. Кушнір А.Н., Бурахович Т.К. Результаты электромагнитных исследований Брагинско-Лоевского выступа и Черниговского блока ДДВ. *Геофиз. журн.* 2016. **38**, № 3. С. 128–137.
4. Кушнір А.Н., Бурахович Т.К., Шишков Б.И., Джошвілі В.Б. Электромагнитные исследования северного склона центральной части Украинского щита. *Допов. Нац. акад. наук Укр.* 2017. № 10. С. 60–69. doi: <https://doi.org/10.15407/dopovidi2017.10.060>
5. Бердичевский М.Н., Дмитриев В.И. Модели и методы магнитотеллурики. Москва: Научный мир, 2009. 679 с.
6. Корепанов В.Е., Трегубенко В.И. Особенности построения и тенденции развития современной аппаратуры для магнитотеллурических и магнитовариационных зондирований. *Геофиз. журн.* 2009. **31**, № 4. С. 181–190.
7. Varentsov Iv. M. Arrays of simultaneous EM soundings: design, data processing and analysis. *EM sounding of the Earth's interior* (Methods in geochemistry and geophysics, 40). New York: Elsevier, 2007. P. 263–277.
8. Baysorovich M.M., Tregubenko V.Iv., Nasad A.G. Geoelectric heterogeneities of Ukraine's lithosphere. *Геол. журн.* 1998. **2**, № 1. С. 23–35.
9. Геолого-геофизическая модель Криворожско-Кременчугской шовной зоны Украинского щита: Анциферов А.В. (ред.). Киев: Наук. думка, 2006. 197 с.
10. Тектонічна карта України. Масштаб 1 : 1 000 000. Київ: УкрДГРІ, 2007.

Надійшло до редакції 23.03.2018

REFERENCES

1. Starostenko, V. I. & Rusakov, O. M. (Eds.) (2015). Tectonics and hydrocarbon potential of crystalline basement of the Dnieper-Donets depression. Kiev: Halaktika (in Russian).
2. Omelchenko, V. D. & Kuchma, V. G. (2013). Crust fragmentation and oil and gas potential of the Dnieper-Donets aulacogen. *Heodynamika*, 15, No. 2, pp. 54-55 (in Russian).
3. Kushnir, A. N. & Burakhovich, T. K. (2016). The results of electromagnetic studies of the Bragin-Loev ledge and the Chernihiv block of the DDD. *Geophys. J.*, 38, No. 3, pp. 128-137 (in Russian).
4. Kushnir, A. N., Burakhovich, T. K., Shyrkov, B. I. & Dzhaoshvili, V. B. (2017). Electromagnetic studies of the northern slope of the central part of the Ukrainian Shield. *Dopov. Nac. acad. nauk Ukr.*, No. 10, pp. 60-69 (in Russian). doi: <https://doi.org/10.15407/dopovidi2017.10.060>
5. Berdichevsky, M. N. & Dmitriev, V. I. (2009). Models and methods of magnetotellurics. Moscow: Nauchnyi mir (in Russian).
6. Korepanov, V. E. & Tregubenko, V. I. (2009). Special features of construction and trends of development of modern hardware for magneto-telluric and magneto-variation soundings. *Geophys. J.*, 31, No. 4, pp. 181-190 (in Russian).
7. Varentsov, Iv. M. (2007). Arrays of simultaneous EM soundings: design, data processing and analysis. EM sounding of the Earth's interior (Methods in geochemistry and geophysics, 40) (pp. 263-277). New York: Elsevier.
8. Baysorovich, M. M., Tregubenko, V. Iv. & Nasad, A. G. (1998). Geoelectric heterogeneities of Ukraine's lithosphere. *Geophys. J.*, 2, No. 1, pp. 23-35.
9. Antsiferov A.B. (Ed.). (2006). Geological and geophysical model of the Krivoy Rog-Kremenchug suture zone of the Ukrainian Shield. Kiev: Naukova Dumka (in Russian).
10. Tectonic map of Ukraine. (2006). 1 : 1 000 000. Kiev: UkrDHRI (in Ukrainian).

Received 23.03.2018

*А.Н. Кушнір, Т.К. Бурахович,
В.А. Ільєнко, В.Б. Джоашвілі*

Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, Киев
E-mail: antonn@ukr.net

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
ВДОЛЬ ПРОФИЛЯ НЕСЕНО-ИРЖАВЕЦ–АБРАМОВКА
(ЮЖНЫЙ БОРТ ДНЕПРОВСКО-ДОНЕЦКОЙ ВПАДИНЫ)

В южном борту центральной части Днепровско-Донецкой впадины вдоль профиля Несено-Иржавец–Абрамовка были проведены синхронные МТ/МВ исследования с целью изучения глубинной структуры литосферы в связи с поиском аномалий электропроводности, которые могут быть вызваны трещиноватостью пород, которыми мигрируют флюиды и, возможно, образуют месторождения углеводородов. Новые современные экспериментальные электромагнитные параметры, описанные в данной работе, должны детализировать Кировоградскую аномалию электропроводности и стать основой для построения трехмерной модели в такой сложной геологической обстановке, как сочленения разновозрастных структур. Приведенные экспериментальные данные МТ/МВ наблюдений подтверждают глубинные аномальные структуры, выявленные в предыдущие годы.

Ключевые слова: Кировоградская аномалия электропроводности, Ингульско-Криворожская шовная зона, Днепровско-Донецкая впадина, магнитотеллурическое зондирование, магнитовариационное профилирование, аномалии электропроводности.

*A.N. Kushmir, T.K. Burakhovich,
V.A. Ilyenko, V.B. Dzhaoshvili*

S.I. Subbotin Institute of Geophysics of the NAS of Ukraine, Kiev
E-mail: Antonn@ukr.net

ELECTROMAGNETIC STUDIES ALONG
THE NESENO-IRZHAVETS—ABRAMIVKA PROFILE
(SOUTHERN SLOPE OF THE DNEIPER-DONETS TROUGH)

The simultaneous MT/MV studies were carried out along the Neseno-Irzhavets—Abramivka profile to study the deep structure of the lithosphere and to search for electrical conductivity anomalies that may be caused by the fracturing of the rocks, through which the fluids migrate and possibly create hydrocarbon deposits. The described new modern experimental electromagnetic parameters should detail the Kirovograd electrical conductivity anomaly and become the basis for the three-dimensional model construction in such complex geological environment as the uneven-aged structure junction. The described experimental MT/MV observations confirm the deep anomalous structures that were investigated in the previous years.

Keywords: *Kirovograd anomaly of electrical conductivity, Ingulets—Krivoi Rog suture zone, Dnieper—Donets trough, magnetotelluric sounding, magnetovariational profiling, anomalies of electrical conductivity.*