

УДК 550.372, 373

Т. Бурахович, д-р геол. наук, ст. наук. співроб., пров. наук. співроб.
E-mail: burahovich@ukr.net;О. Ганісв, канд. фіз.-мат. наук, пров. наук. співроб.
E-mail: algan@ukr.net;Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України,
пр. акад. Палладіна, 32, м. Київ, 03680, Україна

Б. Ширков, асп.

E-mail: bog_dan90@ukr.net

Київський національний університет імені Тараса Шевченка,
ННІ "Інститут геології", вул. Васильківська, 90, м. Київ, 03022, Україна

МОДЕЛЮВАННЯ ГЛИБИННОЇ БУДОВИ ГОЛОВАНІВСЬКОЇ ШОВНОЇ ЗОНИ ЗА ДАНИМИ ГЕОЕЛЕКТРИКИ

(Рекомендовано членом редакційної колегії канд. геол. наук О.І. Меншовим та рецензентом канд. фіз.-мат. наук, доц. М.В. Рєвою)

У статті розглянуто результати попереднього тривимірного моделювання Голованівської шовної зони (ГШЗ) Українського щита (УЩ), виконаного на основі експериментальних даних магніотелуричних профілювань (МВП) та магніотелуричних зондувань (МТЗ). Ділянка ГШЗ, згідно з дослідженнями різних авторів, є низькоомною в регіональній структурі електропровідності земної кори. Вона характеризується вираженою анізотропією питомого опору у верхній частині розрізу, а також різкою його мінливістю як по латералі, так і в глибину. Глибинні зони розломів (Тальнівська, Первомайська, Врадіївська, Гвоздавська), що обмежують ГШЗ та її структурно-формаційні частини, виділяються як зони аномально високої електропровідності як у верхній частині розрізу, так і на глибинах 15-30 км. Проведена обробка сучасних магніотелуричних спостережень по пр. "Первомайський" з використанням програмного комплексу PRC_MTMV дала можливість на якісному рівні виділити аномально електропровідні області ГШЗ, локалізовані в зонах глибинних розломів (Тальнівського й Первомайського) та Ємилівського насуву. Отримані результати було використано при побудові тривимірної геоелектричної моделі ГШЗ. Методика побудови глибинних моделей електропровідності ґрунтується на багаторівневому послідовному їх розрахунку та порівнянні зі спостереженими даними, при цьому на початковому етапі моделювання використовуються дані МВП, а на завершальному (для уточнення) – дані МТЗ. Моделльні розрахунки дозволили виявити поверхневі й глибинні аномалії електропровідності субширотного та субмеридіонального простягання, які й було закладено в побудову тривимірної моделі ГШЗ. Зокрема, виявлено дві субширотно орієнтовані поверхневі зони високої електропровідності у північній частині ГШЗ та субмеридіональні аномалії електропровідності, які розташовані південніше й збігаються з частинами Ємилівської, Первомайської та Звенигородсько-Братської зон розломів. На глибинах 100-2500 м за даними моделювання виявлено систему гальванічно зв'язаних об'єктів субмеридіонального простягання, що проявилися в зоні зчленування Первомайської, Ємилівської та Звенигородсько-Братської зон розломів. Ці аномалії добре узгоджуються й просторово поєднуються з моделлю Кіровоградського рудного району [7]. Отримана модель ГШЗ в інтервалі глибин від 10-15 км до 20-30 км містить декілька областей високої електропровідності: в осовій частині ГШЗ та Первомайської розломної зони; на півдні Первомайської розломної зони; на півдні ГШЗ в зоні Тальнівського розлому; субширотна зона в Причорноморській западині.

Ключові слова: шовна зона, розломна зона, магніотелуричне зондування, магнітоваріаційне профілювання, аномалія електропровідності.

Вступ. Згідно з [4], Голованівська шовна зона (рис. 1) є західною частиною Інгупського мегаблоку та, фактично, розділяє Український щит (УЩ) на дві частини – західну та східну. Вона має найбільшу протяжність

серед усіх шовних зон УЩ та S-подібну в плані форму й поділяється на дві суттєво різні за будовою частини – Північну та Південну.

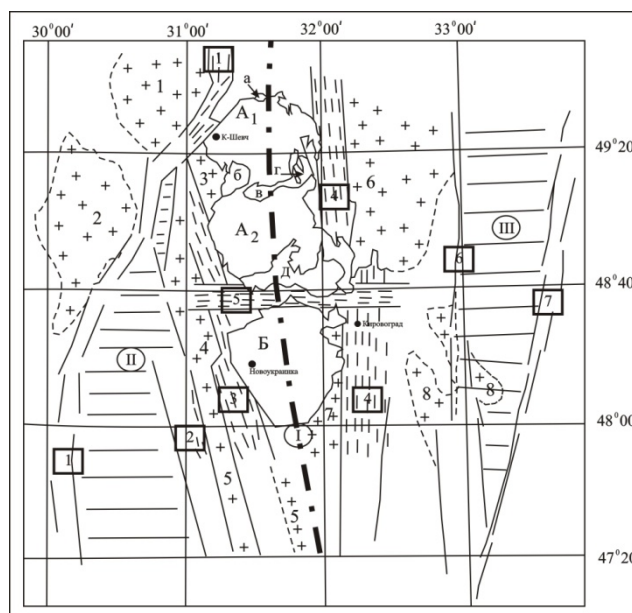


Рис. 1. Тектонічне районування центральної частини УЩ:

Найбільші регіональні структури (римські цифри в кружках): I – міжрегіональна зона розсуву Херсон – Смоленськ (осьова лінія), II – Голованівська шовна зона, III – Інгупецько-Криворізька шовна зона. Зони розломів (цифри у квадратах): 1 – Тальнівська, 2 – Первомайська, 3 – Звенигородсько-Братська, 4 – Кіровоградська, 5 – Субботсько-Мошоринська, 6 – Західноінгулецька, 7 – Криворізько-Кременчуцька, 8 – Смілянська, 9 – Бобринецька

Голованівська шовна зона (ГШЗ) займає особливе положення в регіональній структурі аномальної електропровідності в земній корі УЩ. Вона характеризується наявністю вираженої електричної анізотропії субмеридіонального простягання у верхній частині розрізу, що зумовлена присутністю Тальнівської й Первомайської зон розломів [8], наявністю різких неоднорідностей електропровідності поверхневого характеру, а також наявністю провідника в середньому та нижньому шарах кори [5].

Згідно з [1], зони високої електропровідності, розташовані на глибинах $h=0,1$ км (сумарна повздовжня провідність $S = 2000$ См), просторово корелюють з простяганням глибинних регіональних розломів УЩ: Одесько-Тальнівського, Гвоздавського, Первомайського [3]. Природа високої електропровідності цих зон, найімовірніше, пов'язана зі специфічним складом та графітизацією порід кори, до яких відносяться графітизовані гнейси. Отже, дані попередніх геоелектричних досліджень свідчать про складний і різноманітний характер розподілу електропровідності у надрах ГШЗ як у приповерхневій частині, так і в глибинних інтервалах земної кори та, можливо, мантиї.

Побудова тривимірної глибинної геоелектричної моделі ГШЗ. У разі, коли об'єктом електромагнітних досліджень є шовна зона, яка відрізняється наявністю не досить потужних, але суттєво неоднорідно розподілених осадових відкладів, близьким розташуванням регіональних приповерхневих структур високої провідності, існуванням електропровідних приповерхневих розломів, впливом регіональних аномальних областей високої електропровідності в земній корі й іншими факторами, необхідно використовувати відповідний інструмент тривимірного моделювання низькочастотних електромагнітних полів. При розрахунках електромагнітного поля нами був застосований широко відомий у світовій геоелектричній практиці пакет програмного забезпечення Mtd3fwd [11], який дає можливість отримувати 5 компонент магнітотелуричного поля для двох поляризацій. Алгоритми розрахунку та візуалізації типперів електромагнітного поля були розроблені О.З. Ганієвим у середовищі MatLab.

Методика побудови моделей глибинної електропровідності потребує виконання вимог щодо розміру комірок та їх кількості, а також урахування впливу на низькочастотне магнітотелуричне поле в локальній області не тільки параметрів глибинного "нормального" горизонтально-шарового розрізу, але й регіональних латерально-неоднорідних структур, усередині яких розташовані об'єкти дослідження.

Центральна частина ГШЗ (сама ГШЗ та західна частина Інгuleцького мегаблоку) характеризується низькими значеннями та значною мінливістю сумарної повздовжньої провідності S приповерхневого шару – від 5 до 100 См. У північній частині ГШЗ, у межах Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ), спостерігається значна товщина осадових відкладів, у зв'язку з чим значення S досягають 400 См. На південному схилі, в Причорноморській западині, максимальні значення S не перевищують 500 См. При моделюванні електромагнітного поля розподіл сумарної повздовжньої провідності першого провідного шару розглядається як апіорна інформація.

Методика 3D моделювання глибинних аномалій високої електропровідності полягала в реалізації двох етапів: на першому етапі виконувався підбір такої моделі розподілу електропровідності, для якої розраховані магнітоваріаційні параметри відповідали б експериментальним да-

ним (рис. 2), наведеним у роботі [6]; другий етап передбачав уточнення підбраної моделі за даними МТЗ.

На першому етапі моделювання було розраховано індукційні параметри для моделі М1 (рис. 3), структура якої представлена неоднорідним за розподілом питомого опору поверхневим шаром осадків, що залягає на "нормальному" (горизонтально-шаровому) розрізі, питомі опори шарів якого (ρ_i) та їх товщини (h_i) такі [2]: $\rho_1=10$ Ом·м, $h_1=2$ км; $\rho_2=2000$ Ом·м, $h_2=158$ км; $\rho_3=600$ Ом·м, $h_3=40$ км; $\rho_4=250$ Ом·м, $h_4=50$ км; $\rho_5=100$ Ом·м, $h_5=70$ км; $\rho_6=50$ Ом·м, $h_6=80$ км; $\rho_7=20$ Ом·м, $h_7=100$ км; $\rho_8=10$ Ом·м, $h_8=100$ км; $\rho_9=5$ Ом·м, $h_9=160$ км; $\rho_{10}=1$ Ом·м, $h_{10}=200$ км; $\rho_{11}=0,1$ Ом·м, $h_{11}=\infty$ км.

Отримані результати моделювання в рамках даної моделі свідчать про те, що присутність субшироко простягнутих неоднорідних провідних структур Дніпровсько-Донецької та Причорноморської западин суттєво вплинула на північну складову індукційного параметра (S_y), модульні значення якої досягають 0.3 (рис. 3б). Водночас східна складова (S_x) у кілька разів менша, її максимальне значення 0.15 спостерігається лише в межах ДДЗ (рис. 3а). Відтак результати моделювання в рамках моделі М1 засвідчили їх суттєву відмінність від спостережених даних (рис. 2), що пояснюється, очевидно, присутністю в надрах консолидованої кори локальних областей з аномально високою електропровідністю.

Наступний крок моделювання полягав у розрахунку індукційних параметрів для моделі М2 (рис. 4), створеної шляхом введення в модель М1 параметрів Кіровоградської аномалії електропровідності, отриманих за результатами тривимірного моделювання [8], з метою перевірки їх впливу на розраховані електромагнітні поля та їх відповідність спостереженням. Крім того, у моделі М2 використаний також детальний розподіл питомого електричного опору в зоні Кіровоградського рудного району (КРР), отриманий у роботі [9].

Аналіз розрахунків свідчить, що розподіл значень S_x завдяки впливу Кіровоградської аномалії електропровідності суттєво змінився. Водночас, вплив регіональної аномалії на компоненту S_y очікувано незначний. Отже, зіставлення результатів розрахунку індукційних параметрів для моделей М2 і М1 показало доречність урахування в моделі М2 Кіровоградської електропровідної структури. У той же час, відмінність розрахункових даних від експериментальних (рис. 2) залишається, що пов'язано, очевидно, з недостатнім урахуванням впливу об'єктів глибинної електропровідності субмеридіональної орієнтації. Окрім того, в розрахункових полях відсутня мозаїчність, характерна для спостережених полів ГШЗ.

У наступну модель М3 (рис. 5) було введено параметри субмеридіональної структури вздовж 30° сх. д. за даними роботи [8]. Розраховані значення індукційних параметрів стали більш близько відповідати спостереженням як за величиною, так і за характером просторової локалізації областей екстремальних значень, але повної відповідності між розрахованими індукційними параметрами й визначеними за експериментальними даними не було досягнуто (рис. 4). У подальшому, завдяки моделюванню та залученню нових експериментальних даних магнітотелуричних профілювань (МВП), північна межа згаданої субмеридіональної структури була скорегована й у наступних моделях розташована на $40^\circ 10'$ пн. ш.

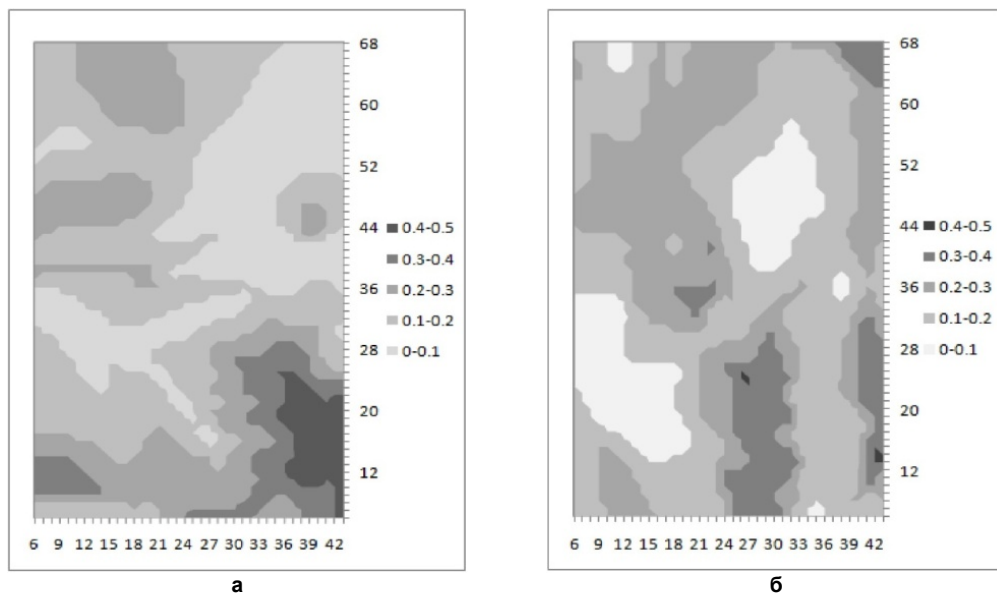


Рис. 2. Схеми розподілу модулів індукційних параметрів геомагнітних варіацій на періоді $T=150$ с за даними роботи [6]:
а – східна складова (C_x), б – північна складова (C_y)

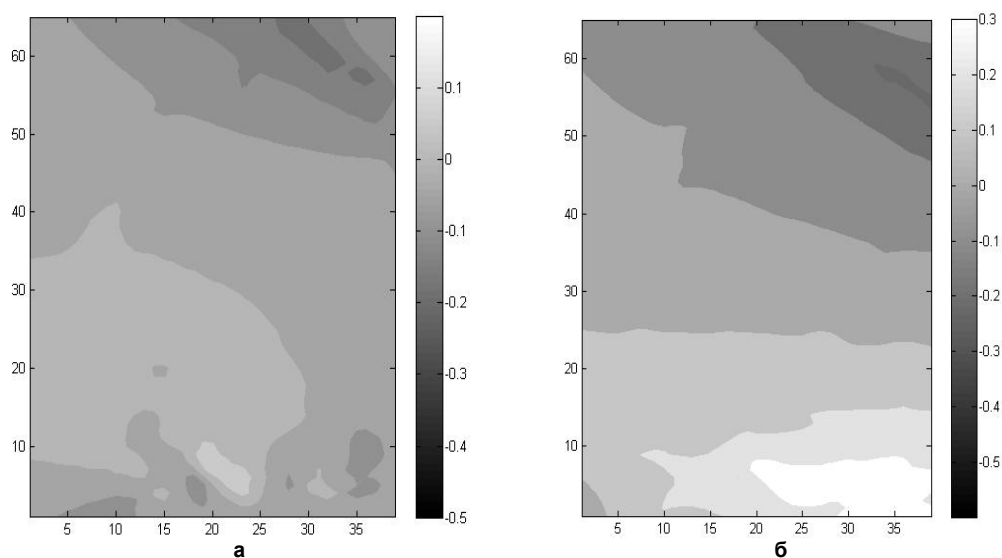


Рис. 3. Розрахункові індукційні параметри на періоді 150 с для моделі M1:
а – східна складова (C_x), б – північна складова (C_y)

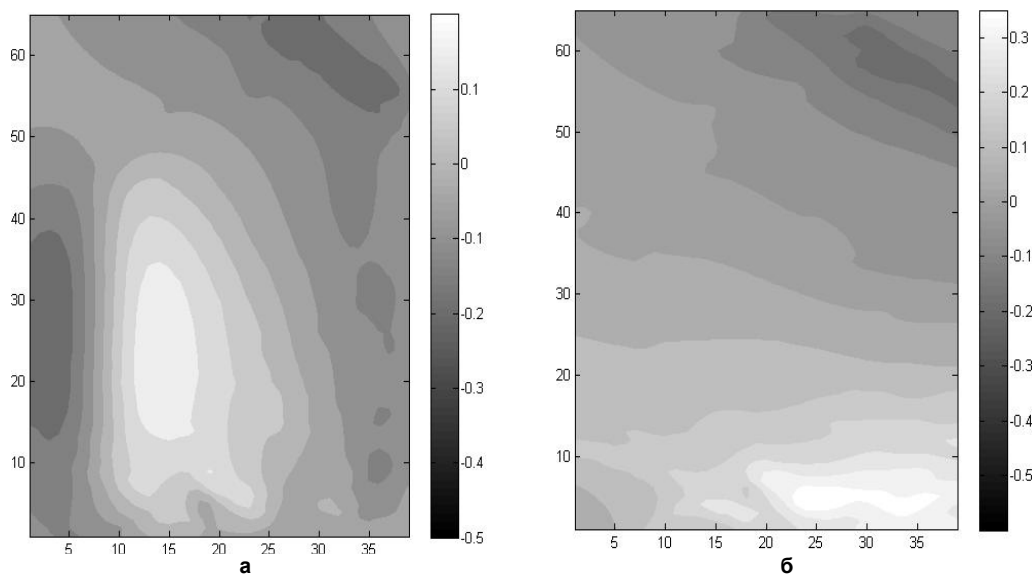


Рис. 4. Розрахункові індукційні параметри на періоді 150 с для моделі M2:
а – східна складова (C_x), б – північна складова (C_y)

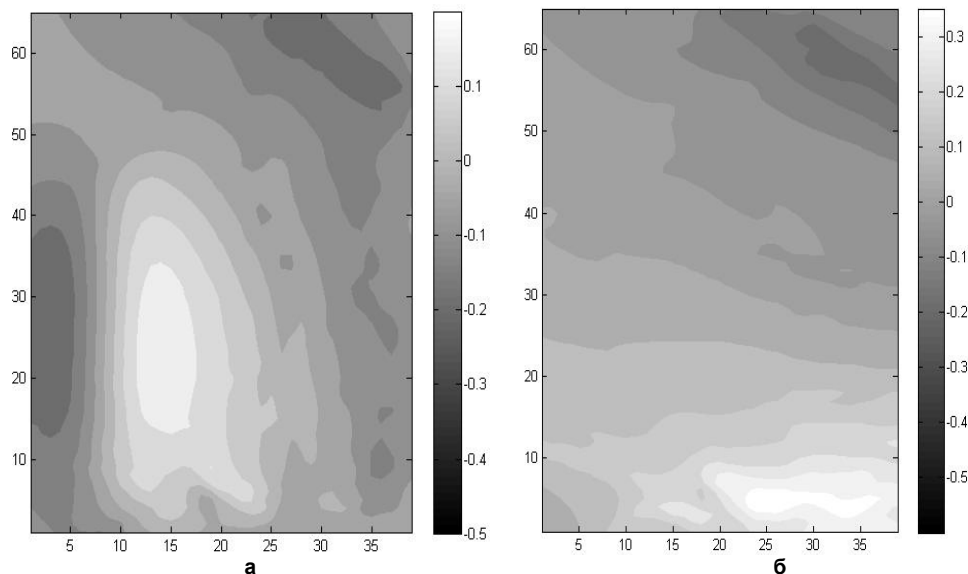


Рис. 5. Розрахункові індукційні параметри на періоді 150 с для моделі М3:
а – східна складова (C_x), б – північна складова (C_y)

Наступний крок моделювання полягав у побудові моделі М4 шляхом доповнення моделі М3 низкою провідників у західній частині планшета ГШЗ, отриманих за результатами якісної інтерпретації кривих магнітотелуричних зондувань (МТЗ) [1]. Наявність цих провідників відмічається аномаліями електропровідності, що відповідають розломним зонам – Тальнівській, Гвоздавській, Врадіївській та Первомайській. У процесі моделювання було виконано розрахунки для значної кількості моделей, що містили провідники з різними параметрами, а саме: глибина верхньої кромки провідників (h) змінювалась від 100 м до 10 км, їхня товщина (H) – від 2.5 до 10 км, ширина (d) – від 10 до 15 км, довжина (l) – від 30 до 150 км, питомий опір (ρ) – від 1 до 100 Ом·м. У результаті аналізу розрахованих компонент індукційних параметрів C_x , C_y і типперів для періоду 150 с геомагнітних варіацій було отримано дві рівнозначні моделі, що задовольняли спостереженим даним. У першій моделі

параметри зон підвищеної електропровідності, пов'язаних із більшістю розломних зон ГШЗ, за винятком Врадіївської, були такими: $h=100$ м, $H\approx 2.5$ км, $\rho=10$ Ом·м. Параметри зони підвищеної електропровідності, пов'язаної із Врадіївською розломною зоною, склали: товщина $H\approx 1$ км, питомий опір $\rho=100$ Ом·м.

Друга модель відрізнялася додатково внесеною глибинною зоною підвищеної провідності, просторово приуроченою до зони сходження Тальнівського та Первомайського розломів. Параметри цієї зони склали: $h=10$ км, $H=10$ км, $d=15$ км, l до 90 км, $\rho=10$ Ом·м. Отже, поступове ускладнення геоелектричної моделі, починаючи від моделювання впливу провідних осадків і регіональних аномальних областей на структуру МТ поля до побудови мережі провідників у верхній частині розрізу, дало можливість отримати модель, яка значною мірою задовольняє даним МВП (рис. 6).

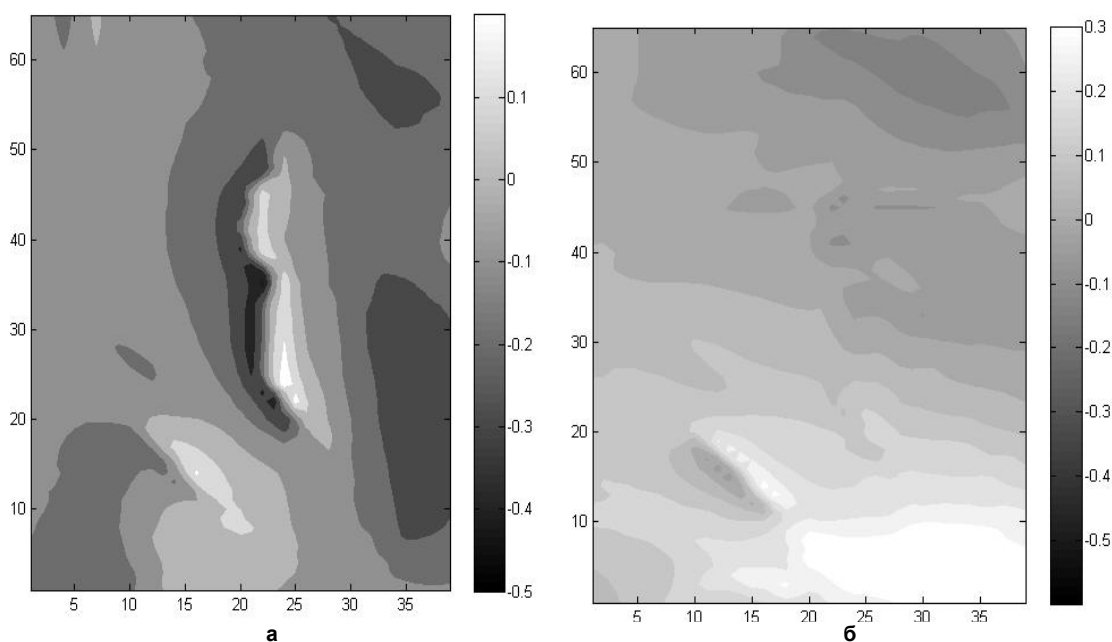


Рис. 6. Розрахункові індукційні параметри на періоді 150 с для моделі М4:
а – східна складова (C_x), б – північна складова (C_y)

Подальше моделювання проводилося з використанням даних МТЗ, наведених у роботі [7], та сучасних магнітотелуричних спостережень, виконаних А.М. Кушніром і Г.М. Зайцевим у 2007 р.

Тривимірна глибинна геоелектрична модель земної кори ГШЗ. Аналіз експериментальних кривих МТЗ свідчить про те, що рівень позірною опором ρ_t у всьому частотному діапазоні для напрямку Пд-Пн вищий за 1000 Ом·м, а для Сх-Зх – 10-100 Ом·м. Задовільного зіставлення теоретичних та експериментальних кривих МТЗ удалося досягти завдяки доповненню моделі ГШЗ у

північній її частині окремими гальванічно зв'язаними об'єктами субширотної орієнтації з питомим опором $\rho=10$ Ом·м, глибинами від поверхні меншими за 50-100 м та розмірами по довжині 20-45 км і ширині 5 км. Таких аномальних зон виявлено дві: перша – загальним розміром (5-10) км×70 км між Лисянським та Ятранським блоками ГШЗ; друга – у вигляді системи субширотних провідників загальним розміром (5-20) км×140 км, яка може бути південно-західним продовженням Субботсько-Мошоринської субширотної зони розломів (рис. 7а).

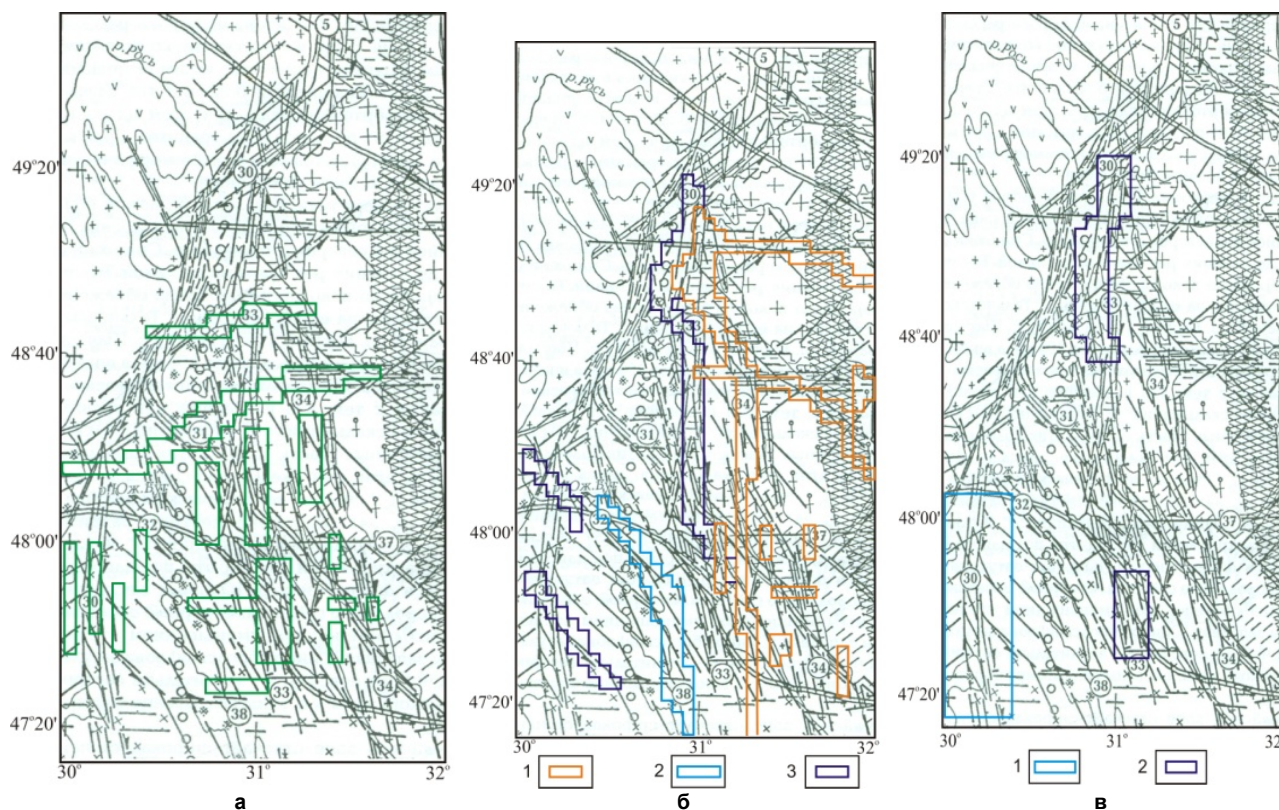


Рис. 7. Розподіл аномалій підвищеної електропровідності 3D моделі ГШЗ (на основі тектонічної схеми за даними [5]):

а – з $\rho=10$ Ом·м на глибинах до 50-100 м; б – з $\rho=50-100$ Ом·м на глибинах від 100 м до 1-2,5 км;
1 – з $\rho=50$ Ом·м 3D моделі КРР за даними [9], 2 – з $\rho=100$ Ом·м на глибинах від 100 м до 1 км, 3 – з $\rho=50$ Ом·м на глибинах від 100 м до 2,5 км; в – з $\rho=10$ Ом·м на глибинах: 1 – від 15 до 30 км, 2 – від 10 до 20 км

Південніше цієї структури (між 48°00' та 48°30' пн. ш.) змінюється поведінка кривих МТЗ, а саме – рівень позірною опором в усьому частотному діапазоні для напрямку Пд-Пн коливається в межах 50-200 Ом·м, а для Сх-Зх – 500-900 Ом·м. У цьому районі ГШЗ відповідно експериментального результату теоретичному удалося досягти завдяки введенню в модель ГШЗ системи провідників у вигляді трьох паралельних гальванічно не зв'язаних між собою об'єктів субмеридіонального простягання шириною 10 км, довжиною 30-45 км та питомим опором $\rho=10$ Ом·м, розташованими на глибинах менше 50-100 м. Просторово вони збігаються з частинами Ємилівської, Первомайської та Звенигородсько-Братської зон розломів.

У південній частині планшета (від 48°00' пн. ш.) достовірно підібрані тільки два субмеридіональні провідники: перший розташований східніше Тальнівської розломної зони й характеризується параметрами $h=0$ м, H – до 50-100 м, $d=5$ км, $l=45$ км, $\rho=10$ Ом·м; другий ($h=0$ км, H – до 50-100 м, $d=15$ км, $l=40$ км, $\rho=10$ Ом·м) збігається з частиною Первомайської зони розломів. Цілково можливо припустити, що останній гальванічно зв'язаний із провідним об'єктом, виявленим північніше вздовж Первомайської розломної зони.

Не удалося добре підібрати криві МТЗ в межах планшета від 30° до 31° сх. д. та від 48°15' до 47°20' пн. ш. Але саме тут у 2014 р було проведено нові експериментальні роботи методами МТЗ та МВГ співробітниками Інституту геофізики НАН України А.М. Кушніром, А.П. Усенком та Б.І. Ширковим. Є сподівання, що після обробки ці дані дозволять скорегувати й уточнити побудовану модель.

В інтервалі глибин від 100 м до 2,5 км у геоелектричній моделі (рис. 7б) підібрані, в основному, субмеридіональні провідники з питомим опором $\rho=50$ Ом·м, які з півночі на південь гальванічно зв'язані в один ланцюг і просторово збігаються з різними частинами розломних зон: Тальнівської, осової частини ГШЗ та Первомайської по всьому її простягання (ширина провідника $d=10$ км). І тільки на границі УЩ аномалія електропровідності з лінійної перетворюється у систему окремих аномалій, спричинених гальванічно зв'язаними об'єктами субмеридіонального простягання з розмірами $d=5$ км, $l=10-30$ км, які проявилися в зоні зчленування Первомайської, Ємилівської та Звенигородсько-Братської зон розломів. Загалом, ця аномальна зона

досить добре поєдналася з моделлю Кіровоградського рудного району (КРР) [9].

На півдні планшета декілька аномалій електропровідності мають орієнтацію з північного заходу на південний схід. Вони починаються на перетині Тальнівського із Врадівським (Н – 1 км) та Гвоздавським (Н – 2,5 км) розломами, уздовж яких і відмічається висока електропровідність. Параметри підібраних об'єктів високої провідності такі: глибина до поверхні h – 100 м, ширина d – 10-15 км, довжина l до 120 км, питомий опір ρ – 10 Ом·м. Ці параметри об'єктів високої провідності на даний час є оціночними й потребують подальшого уточнення й деталізації.

В інтервалі глибин з 10-15 км до 20-30 км за результатами моделювання ГШЗ виявлено декілька областей високої електропровідності (рис. 7в): 1) на півночі в осевій частині ГШЗ й Первомайської розломної зони; 2) у південній частині Первомайської розломної зони (розрахункова аномалія одночасно задовольняє даним МТЗ і МВП); 3) на півдні в зоні Тальнівського розлому та його найближчого обрамлення (розрахункова аномалія задовольняє лише даним МВП і потребує подальшого моделювання); 4) субширотна зона у Причорноморській западині (за межами рис. 6). В останньому випадку результати моделювання задовольняють спостереженням даним МТЗ, параметри цієї аномальної області електропровідності підтвердили розподіл питомого опору, який раніше було отримано при моделюванні Кіровоградської регіональної аномалії [2, 8].

Підсумовуючи результати моделювання ГШЗ відзначимо, що додаткове використання даних магнітолуричного зондування дозволило уточнити модель земної кори, що була побудована за даними магнітоваріаційного профілювання. Ефективність комплексного використання даних МВП і МТЗ пояснюється зв'язком різних інформаційних характеристик МТ-полів, що використовуються в цих методах, з глибиною залягання провідників. Якщо в МТЗ глибину залягання провідного шару визначають за частотною залежністю імпедансу, то в МВП – за просторовим градієнтом магнітоваріаційних параметрів. Відтак комбінація цих методів дозволяє набавати точніше та адекватніше до спостереження експериментальних даних побудувати модель розподілу питомого опору в рамках тривимірного середовища.

Висновок. За результатами геоелектричних досліджень побудовано попередню тривимірну модель ГШЗ. Виявлено дві субширотно орієнтовані поверхневі зони високої електропровідності в північній частині ГШЗ та субмеридіональні аномалії електропровідності, які розташовані південніше та збігаються з частинами Ємилівської, Первомайської та Звенигородсько-Братської зон розломів. На глибинах 100-2500 м за даними моделювання виявлено систему гальванічно зв'язаних об'єктів субмеридіонального простягання, що проявилися в зоні зчленування Первомайської, Ємилівської та Звенигородсько-Братської зон розломів. Ці аномалії добре узгоджуються й просторово поєднуються з моделлю Кіровоградського рудного району [7]. Отримана модель ГШЗ в інтервалі глибин від 10-15 км до 20-30 км містить декілька областей високої електропровідності: в осевій частині ГШЗ та Первомайської розломної зони; на півдні Первомайської розломної зони; на півдні ГШЗ в зоні Тальнівського розлому; субширотна зона в Причорноморській западині.

Аномалії електропровідності є важливою інформаційною геофізичною складовою, яка має тісний зв'язок з геодинамікою досліджуваного регіону, а відтак – із процесами формування та розміщення родовищ корисних

копалин. Родовища та рудопрояви хрому й нікелю, кобальту й платиноідів, а також невеликі масиви гіпербазитів ГШЗ приурочені до глибинних розломних зон, які виділяються у вигляді витягнутих аномалій підвищеної електропровідності. Виявлені золоторудні прояви також приурочені до областей сполучення глибинних розломів і, відповідно, до областей низькоомних аномалій. Зокрема, рудопрояви радіоактивних металів (урану й торію) та супутніх елементів зафіксовано в межах Первомайської зони глибинних розломів, яка виразно проявляється у вигляді протяжної зони підвищеної провідності.

Список використаних джерел

1. Белявский В.В., Бурахович Т.К., Кулик С.Н., Сухой В.В., (2001). Электромагнитные методы при изучении Украинского щита и Днепровско-Донецкой впадины. – К.: Знання. – 227 с.
2. Belyavskiy V.V., Burakhovich T.K., Kulik S.N., Sukhoy V.V., (2001). Elektromagnitnye metody pri izuchenii Ukrainskogo shchita i Dneprovsko-Donetskoy vpadiny. – Kyiv, Znannya. – 227 p. (In Russian).
3. Бурахович Т.К., Кулик С.Н., (2009). Трёхмерная геоэлектрическая модель земной коры и верхней мантии западной части Украинского щита и его склонов. – Геофиз. журн., 31, 1. – С. 88-99.
4. Burakhovich T.K., Kulik S.N., (2009). Trekhmernaya geoelektricheskaya model' zemnoy kory i verkhney mantii zapadnoy chasti Ukrainskogo shchita i ego sklonov. – Geofiz. zh., 31, 1. – P. 88-99. (In Russian).
5. Верем'єв П.С., Рябенко В.А., (1968). Морфологія і внутрішня будова Ємилівсько-Первомайського глибинного розлому Українського щита. – Доп. АН УРСР. Сер. Б, 10. – С. 867-871.
6. Verem'yev P.S., Ryabenko V.A., (1968). Morfolohiya i vnutrishnya budova Yemilovo-Pervomayskoho hlybinnoho rozlomu Ukrayinskoho shchitya. – Dop. AN URSR. Ser. B, 10. – P. 867-871. (In Ukrainian).
7. Геолого-геофизическая модель Голованевской шовной зоны Украинского щита / А.В. Анциферов, Е.М. Шеремет, Е.Б. Глевасский и др., (2008). – Донецк: Вебер. – 305 с.
8. Antsiferov A.V., Sheremet E.M., Glevasskiy E.B. et al., (2008). Geologo-geofizicheskaya model Golovanevskoy shovnoy zony Ukrainskogo shchita. – Donetsk: Veber. – 305 p. (In Russian).
9. Гинтов О.Б., (2005). Полевая тектонофизика и ее применение при изучении деформаций земной коры Украины. – К.: Феникс. – 572 с.
10. Gintov O.B., (2005). Polevaya tektonofizika i ee primeneniye pri izuchenii deformatsiy zemnoy kory Ukrainy. – Kyiv, Feniks. – 572 p. (In Russian).
11. Ингеров А.И., (1988). Карта магнитных параметров МТЗ и МВП Ю-В части УШ. М-6 1:1000000. – Укргеолфонд, № 50034.
12. Ingerov A.I., (1988). Karta magnitnykh parametrov MTZ i MVP Yu-V chasti UShch. M-b 1:1000000. – Ukrgeolfond, № 50034. (In Russian).
13. Ингеров А.И., Рокитянский И.И., (1993). Украинский щит. Литосфера Центральной и Восточной Европы: Обобщение результатов исследований / Отв. редактор А.В. Чекунов. – К.: Наук. думка. – 257 с.
14. Ingerov A.I., Rokityanskiy I.I., (1993). Ukrainskiy shchit. Litosfera Tsentralnoy i Vostochnoy Evropy: Obobshchenie rezul'tatov issledovaniy. Ed. A.V. Chekunov. – Kyiv, Naukova dumka. – 257 p. (In Russian).
15. Кулик С.Н., Бурахович Т.К., (2007). Трёхмерная геоэлектрическая модель земной коры Украинского щита. – Физика Земли, 4. – С. 21-27.
16. Kulik S.N., Burakhovich T.K., (2007). Trekhmernaya geoelektricheskaya model' zemnoy kory Ukrainskogo shchita. – Fizika Zemli, 4. – P. 21-27. (In Russian).
17. Николаев И.Ю., Бурахович Т.К., Шеремет Е.М., (2013). Объёмная геоэлектрическая модель Кіровоградського рудного району центральної частини Українського щита. – Геофізический журнал, 35, 4. – С. 127-139.
18. Nikolaev I.Yu., Burakhovich T.K., Sheremet E.M., (2013). Obyemnaya geoelektricheskaya model' Kirovogradskogo rudnogo rayona tsentralnoy chasti Ukrainskogo shchita. – Geofizicheskiy zhurnal, 35, 4. – P. 127-139. (In Russian).
19. Шевчук В.В., (2012). Соотношение протерозойского автохтонного гранитообразования и деформационных процессов в пределах Тальновской зоны разломов (Украинский щит). – Вісник Київського університету. Геологія, 56. – С. 5-7.
20. Shevchuk V.V., (2012). Sootnosheniye proterozoyskogo avtokhtonnoho granitoobrazovaniya i deformatsionnykh protsessov v predelakh Tainovskoy zony razlomov (Ukrainskiy shchit). – Visnik Kyivskogo universytetu. Geologiya, 56. – P. 5-7. (In Russian).
21. Mackie R.L., Smith J.T., Madden T.R., (1994). Three dimensional electromagnetic modeling using finite difference equations: the magnetotelluric example. Radio Science, 29, 923-935.

Надійшла до редколегії 28.10.14

T. Burahovich, Dr. Sci. (Geol.), Senior Researcher, Leading Research Associate
E-mail: burahovich@ukr.net;
O. Ganiev, Cand. Sci. (Phys.-Math.), Leading Research Associate
E-mail: algan@ukr.net;
Subbotin Institute of Geophysics, National Academy of Sciences of Ukraine
32 Palladin Ave., Kyiv, 03680 Ukraine,
B. Shyrkov, Postgraduate Student
E-mail: bog_dan90@ukr.net
Institute of Geology, Taras Shevchenko National University of Kyiv
90 Vasylykivska Str., Kyiv, 03022 Ukraine

DEEP STRUCTURE MODELING OF GOLOVANIVSK SUTURE ZONE ON THE BASIS OF GEOELECTRIC DATA

The article reviews the results of the preliminary three-dimensional modeling of Golovanivsk suture zone (GSZ) of the Ukrainian shield (USh) that was made on the basis of experimental magnetotelluric sounding (MTS) and magnetovariational profiling (MVP) data. According to various scientists, this part of USh is a regional structure with low conductivity of the crust. It is characterized by a pronounced anisotropy of the subsurface resistivity and its sharp variability both in lateral direction and in depth. Deep fault zones (Talnivska, Pervomayska, Vradiyivska, Gvozdevska) limiting GSZ and its structural-formational parts stand out as high conductivity zones, both at the subsurface and at depths of 15-30 km. The processing of modern magnetotelluric observations using digital equipment on the "Pervomajskiy" profile, using software system PRC_MTMV [3] made it possible to identify the anomalous conductive parts of GSZ localized in the zones of deep faults (Talnivska, Pervomayska, Yemylivska). These results were used to construct a three-dimensional geoelectric model. The method for construction of deep conductivity models is based on their multistage sequential calculation and comparison with experimental data. At the initial stage of modeling, MVP data are used while MTS data are used at the final stage. According to the simulation results, two sublatitudinally oriented superficial zones of high conductivity were revealed in the northern part of GSZ. Submeridional conductivity anomalies were found southward, which coincide with the parts of Yemylivska, Pervomayska and Zvenigorodsko-Bratska fault zones. Model calculations allowed to reveal several types of conductivity anomalies orientation: sublatitudinal and submeridional; such anomalies correspond with subsurface and deep conductivity anomalies that were used to build the three-dimensional model. At the depths of 100-2500 m, galvanically connected objects of submeridional strike were detected. Those objects manifested themselves in the junction zone of Pervomayska, Yemylivska, Zvenigorodsko-Bratska fault zones. These anomalies are in good agreement and spatially combined with the model of the Kirovograd ore region [7]. In the depth interval of 10-15 km to 20-30 km the obtained model contains several areas of high conductivity: in the axial part of GSZ and Pervomayska fault zone; in southern part of Pervomayska fault zone; in the south of GSZ, Talnivska fault zone; sublatitudinal zone in the Pre Black Sea depression.

Keywords: suture zone, fault zone, magnetotelluric sounding, magnetovariation profiling, conductive anomaly.

Т. Бурахович, д-р геол. наук, ст. науч. сотрудник, вед. науч. сотрудник,
E-mail: burahovich@ukr.net,
О. Ганиев, канд. физ.-мат. наук, вед. науч. сотрудник,
E-mail: algan@ukr.net,
Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины,
пр. Акад. Палладина, 32, г. Киев, 03680, Украина,
Б. Ширков, асп.,
Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко,
УНИ "Институт геологии", ул. Васильковская, 90, г. Киев, 03022, Украина,
E-mail: bog_dan90@ukr.net

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ ГОЛОВАНОВСКОЙ ШОВНОЙ ЗОНЫ ПО ДАННЫМ ГЕОЭЛЕКТРИКИ

В статье рассмотрены результаты трехмерного моделирования Голованевской шовной зоны (ГШЗ) Украинского щита (УЩ), выполненного на основе экспериментальных данных магнитотеллурического профилирования (МВП) и магнитотеллурического зондирования (МТЗ). Участок ГШЗ, по исследованиям различных авторов, является низкоомной зоной в региональной структуре электропроводности земной коры. Она характеризуется выраженной анизотропией удельного сопротивления в верхней части разреза, а также резкой ее изменчивостью как по латерали, так и вглубь. Глубинные зоны разломов (Тальновская, Первомайская, Вradiевская, Гвоздевская), ограничивающие ГШЗ и ее структурно-формационные части, выделяются как зоны аномально высокой электропроводности. Проведена обработка современных магнитотеллурических наблюдений по пр. "Первомайский" с использованием программного комплекса PRC_MTMV, которая позволила на качественном уровне выделить электропроводящие области ГШЗ. Методика построения глубинных моделей электропроводности основана на многоэтапном последовательном их расчете и сравнении с наблюдаемыми данными, при этом на начальном этапе моделирования используются данные МВП, а на завершающем – данные МТЗ. Модельные расчеты позволили выявить поверхностные и глубинные аномалии электропроводности субширотного и субмеридионального простирания, которые и были заложены в построение трехмерной модели ГШЗ. В частности, обнаружены две субширотно ориентированные поверхностные зоны высокой электропроводности в северной части ГШЗ и субмеридиональные аномалии электропроводности, расположенные южнее и совпадающие с частями Емиловской, Первомайской и Звенигородско-Братской зон разломов. На глубинах 100-2500 м по данным моделирования выявлена система гальванически связанных объектов субмеридионального простирания, проявившихся в зоне сочленения Первомайской, Емиловской и Звенигородско-Братской зон разломов. Эти аномалии хорошо согласуются и пространственно сочетаются с моделью Кировоградского рудного района [7]. Полученная модель ГШЗ в интервале глубин от 10-15 км до 20-30 км содержит несколько областей высокой электропроводности: в осевой части ГШЗ и Первомайской разломной зоны; на юге Первомайской разломной зоны; на юге ГШЗ в зоне Тальновского разлома; субширотная зона в Причерноморской впадине.

Ключевые слова: шовная зона, разломная зона, магнитотеллурическое зондирование, магнитовариационное профилирование, аномалия электропроводности.