

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

ШИРКОВ БОГДАН ІВАНОВИЧ



УДК 550.372/373+551.24.055

**ТРИВИМІРНА ГЕОЕЛЕКТРИЧНА МОДЕЛЬ
ГОЛОВАНІВСЬКОЇ ШОВНОЇ ЗОНИ
УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА**

04.00.22 — геофізика

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата геологічних наук

Київ — 2016

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Київському національному університеті імені Тараса Шевченка та Інституті геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України.

Науковий керівник: доктор геологічних наук,
Бурахович Тетяна Костянтинівна
Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України,
провідний науковий співробітник

Офіційні опоненти: доктор геологічних наук,
Красножон Михайло Дмитрович
Український державний геологорозвідувальний інститут,
заступник директора з наукових питань

кандидат геологічних наук,
Слободянюк Сергій Олександрович
Державне геофізичне підприємство «Укргеофізика»,
заступник начальника виробничого відділу

Захист відбудеться 29 грудня 2016 р. о 13⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.001.42 при Київському національному університеті імені Тараса Шевченка за адресою: 03022, м. Київ, вул. Васильківська, 90, к.104.

З дисертацією можна ознайомитись у Науковій бібліотеці ім. М. Максимовича Київського національного університету імені Тараса Шевченка за адресою: 01033, м. Київ, вул. Володимирська, 58, к.12.

Автореферат розіслано 28 листопада 2016 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради Д 26.001.42,
кандидат фізико-математичних наук



І.В. Тішаєв

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Практично усі родовища та рудопрояви, зокрема крупні та унікальні, локалізуються у зонах глибинних розломів, в межах їх пересічень чи поблизу них, а також у шовних зонах. Визначення рудної спеціалізації шовних зон Українського щита (УЩ) та їх співставлення за аналогією з відомими аналогами (Східнокарельською, Центральнокарельською та Ладозько-Ботнічною на Балтійському щиті; Саяно-Таймирською, Котуйканською, Білляхською на Аданському; поясів Кейп-Сміт, Томпсон та Гренвіл на Канадському), які характеризуються поліформаційним характером металогенії при тісному просторовому суміщенні найрізноманітніших рудноформаційних типів, є дуже перспективним напрямком. В шовних зонах, як правило, локалізуються родовища чорних (залізо, титан, хром), кольорових (мідь, нікель, кобальт, свинець, цинк), рідкісних (цирконій, тантал, ніобій, літій, рубідій, рідкісноземельні елементи) та благородних (золото, срібло, платина) металів за превалюючої ролі сульфідного мідно-нікелевого, титано-магнетитового, хромітового та рідкісноземельного зруденіння та ін..

У більшості випадків, електричні параметри гірських порід, що складають верхню частину розрізу, дозволяють виявляти рудопрояви завдяки метасоматичним змінам навколорудних порід – графітизації, сульфідизації, озалізненню і окварцюванню. У зв'язку з цим, стає зрозумілим інтерес геологів до виділення зон підвищеної електропровідності в корі і мантії. Перспективи і приклади використання електророзвідувальних робіт із застосуванням магнітотелуричних і магнітоваріаційних методів при пошуках і розвідці рудних родовищ відзначається в роботах В.В. Белявського, А.G. Jones, Т.D. Khoza, І.М. Варенцова, Р. Wannamaker, В.М. Груздева та ін..

Сучасні експериментальні роботи з вивчення природного низькочастотного електромагнітного поля Землі із застосуванням новітньої апаратури, обробка їх результатів на основі універсальних пакетів програм, інтерпретація за допомогою широковідомого у світі програмного комплексу тривимірною геоелектричного моделювання можуть забезпечити виявлення аномалій електропровідності та вивчення глибинної структури земної кори і мантії УЩ, його тектонічних особливостей, а також зон прояву геодинамічних процесів, що мають бути досліджені з точки зору формування та розміщення родовищ та рудопровів корисних копалин.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційну роботу виконано під час навчання в аспірантурі кафедри геофізики ННІ «Інститут геології» Київського національного університету імені Тараса Шевченка та на базі Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України у відділі глибинних процесів Землі і гравіметрії. Результати отримані при виконанні держбюджетних тем Інституту геофізики, а саме: «Комплексне геолого-геофізичне вивчення глибинної будови південно-західної окраїни Східноєвропейської

платформи з метою розширення мінерально-сировинної бази України» (2006-2010 рр., 0106U000911)», «Глибинна будова та геодинамічний розвиток Інгульського мегаблоку Українського щита у зв'язку з пошуками стратегічних видів корисних копалин» (2012-2015 рр., державний реєстраційний номер 0113U002502), а також «Комплексне геофізичне дослідження літосфери України (від моделей до процесів формування родовищ корисних копалин)» (2016-2020 рр., 0116U000131).

Мета і задачі дослідження. Мета дослідження полягає у створенні тривимірної глибинної моделі Голованівської шовної зони (ГШЗ) УЩ за даними експериментальних електромагнітних досліджень і вивченні зв'язків між електропровідністю та геодинамічним розвитком регіону, його металогенічними і структурними особливостями.

Для досягнення цієї мети були вирішені такі задачі:

- 1) збір, систематизація та узагальнення наявних даних геологічних, геофізичних та електромагнітних досліджень регіону;
- 2) збір та систематизація польових геоелектричних даних, проведення досліджень методами магніотелуричного зондування (МТЗ) та магнітоваріаційного профілювання (МВП), обробка отриманих матеріалів за допомогою сучасних програмних комплексів;
- 3) інтерпретація результатів експериментальних електромагнітних досліджень;
- 4) побудова та аналіз тривимірної геоелектричної моделі ГШЗ;
- 5) встановлення зв'язку аномалій високої електропровідності ГШЗ із структурними особливостями регіону, його геодинамічними обстановками, родовищами та рудопроявами корисних копалин.

Об'єкт дослідження. Земна кора та верхня мантія ГШЗ УЩ і прилеглої до неї території.

Предмет дослідження. Аномалії електропровідності ГШЗ та їх зв'язок з геодинамічним розвитком і рудопроявами корисних копалин регіону.

Методи дослідження включають загальні підходи до збору, аналізу, систематизації та обробки даних, аналіз та узагальнення наявної геолого-геофізичної інформації про будову ГШЗ, геофізичний експеримент у вигляді досліджень природного низькочастотного електромагнітного поля Землі за допомогою сучасної цифрової апаратури, методи обробки на основі Фур'є-аналізу і робастних способах лінійного оцінювання у частотній області як одноточково, так і багатоточково (для синхронних записів) за допомогою сучасних програмних комплексів, тривимірне геоелектричне моделювання геологічного середовища шляхом кінцево-різницевого вирішення системи рівнянь Максвелла в інтегральній формі за допомогою програми Mtd3fwd R.L. Mackie.

Наукова новизна одержаних результатів:

- Уперше отримано нові експериментальні дані методами МТЗ і МВП у межах ГШЗ та прилеглої території. Проведено їх обробку та розраховано інваріантні параметри передавальних операторів функцій відгуку електромагнітного поля Землі в кожній точці, які були інтерпольовані і побудовані у вигляді псевдорозрізів.
- Уперше для ГШЗ та прилеглої території (47°-50° пн.ш. × 29°-32° сх.д.) побудовано детальну тривимірну геоелектричну модель земної кори та верхньої мантії.
- Уперше виділено аномалії електропровідності в земній корі, які просторово співпадають з глибинними зонами розломів (ЗР), які до 2,5 км представлені субвертикальними структурами, а глибше (3-30 км) – переважно субгоризонтальними шарами, що відповідають в основному південній частині ГШЗ; підтверджено, що поза її межами спостерігається як неоднорідні земна кора, так і верхня мантія у вигляді регіональних Чернівецько-Коростенської та Кіровоградської аномалій електропровідності; вперше показано, що області аномально високого опору частково відповідають масивам кристалічних порід (Уманського, Корсунь-Новомиргородського, Новоукраїнського) в земній корі та верхній мантії.
- Набули подальшого розвитку уявлення про комплексну природу аномалій електропровідності, що може бути обумовлена графітизацією та сульфідизацією зон метасоматозу вздовж протяжних ЗР на сході ГШЗ і до областей поширення графітизованих гнейсів і сланців у західній частині шовної зони; в межах їх проекцій на денну поверхню розташовуються більшість залізрудних родовищ переважно карбонатно-залізисто-кремнисто-метабазитової і залізисто-кремнистої формацій, що містять прояви рудної мінералізації.

Наукове та практичне значення одержаних результатів. Отриманий розподіл електропровідності в земній корі та верхній мантії ГШЗ може використовуватися при побудові глибинних геологічних і геотектонічних моделей, а також для пояснення геодинамічних процесів регіону.

Висновки про просторовий зв'язок між метасоматично зміненими гірськими породами (з утворенням рудної мінералізації і сульфідів), а також графітизованих гнейсів та сланців і аномаліями підвищеної електропровідності необхідно використовувати при побудові прогностичних металогенічних карт і схем УЩ.

Отримані дані про аномалії підвищеної електропровідності на глибинах до 30 км дають можливість розробити критерії виділення перспективних площ на виявлення нових рудопроявів корисних копалин.

Окремі розділи дисертаційної роботи використовуються в учбовому процесі ННІ «Інститут геології» Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Науково-практичні розробки дисертанта застосовуються в дослідженнях Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України.

Особистий внесок. Дисертаційна робота є самостійним науковим дослідженням автора. Наукові положення і висновки дисертації, що виносяться на захист, отримані автором особисто та ґрунтуються на його особистих дослідженнях.

В роботах, що опубліковані у співавторстві, особистий внесок здобувача полягає в наступному:

- [1, 11, 13] – збір та систематизація польових геоелектричних даних;
- [2, 4, 19, 20] – постановка задачі, збір та систематизація польових геоелектричних даних, побудова моделі в районі ГШЗ, висновки;
- [3 5, 12] – постановка задачі, збір та систематизація польових геоелектричних даних, обробка та аналіз результатів експериментальних досліджень і висновки;
- [6, 10, 15, 16, 17] – постановка задачі, проведення польових геоелектричних досліджень, обробка та аналіз результатів експериментальних досліджень і висновки;
- [7, 8, 14] – обробка польових геоелектричних даних, інтерпретація результатів експериментальних електромагнітних досліджень, побудова та аналіз тривимірної геоелектричної моделі, висновки;
- [9] – проведення польових геоелектричних досліджень.

Фактичний матеріал. При виконанні роботи було використано матеріали експериментальних геоелектричних досліджень як у точковому вигляді (залежність позірною електричного опору від періоду геомагнітних варіацій) так і у вигляді карт магнітоваріаційних параметрів для періоду 150 с, отримані геофізичними організаціями геологічних служб України (виконавці О.Й. Інгерів, В.І. Трегубенко), карти сумарної поздовжньої провідності приповерхневих осадових відкладів (масштаб 1:1000000, виконавець О.Й. Інгерів). Сучасні авторські електромагнітні дослідження вздовж трьох субширотних профілів (Уманський, Первомайський, Довжанка-Бузьке) загалом 37 пунктів в широкому діапазоні періодів. Також вихідними даними слугували матеріали попередніх дослідників стосовно геофізичних характеристик, геологічної будови, історії розвитку регіону та геодинамічних реконструкцій, які були опубліковані в монографіях і періодичних фахових виданнях та відображені у звітах за науково-дослідними темами.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертації апробувалися на Міжнародних конференціях «Геоінформатика: теоретичні та прикладні аспекти» (Київ, 2012, 2014, 2015, 2016), 10th International Conference “PROBLEMS OF GEOCOSMOS” (St.Petersburg, Petrodvorets, 2014), Міжнародній науковій конференції «Геофізичні технології прогнозування та моніторингу геологічного середовища» (Львів, 2016), 42-й сесии Международного семинара им. Д.Г. Успенского, (Пермь, 2015), IV Міжнародній науково-технічній конференції «Гірнична геологія, геомеханіка і маркшейдерія» (Донецьк, 2013) VII Всероссийской школе-семинаре по электромагнитным зондированиям Земли имени

М.Н. Бердичевского и Л.Л. Ваньяна (Иркутск, 2015), Второй международной конференции «Актуальные проблемы электромагнитных зондирующих систем (Киев, 2012). У повному обсязі робота доповідалась на розширених засіданнях кафедри геофізики ННІ «Інститут геології» Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

Публікації. Основні наукові положення дисертації та результати досліджень опубліковано у 20 наукових публікаціях, з них: 9 статей у вітчизняних фахових виданнях, одна в іноземному науковому виданні та 10 тез доповідей і матеріалів конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів і висновків (113 сторінок основного тексту), 29 рисунків, списку використаних джерел із 131 найменування на 15 сторінках. Загальний обсяг дисертаційної роботи складає 130 сторінок.

Подяки. Автор висловлює глибоку подяку науковому керівнику, співавтору і наставнику Т.К. Бурахович за постійну увагу та допомогу і поради при виконанні даного дослідження. Автор щиро вдячний А.М. Кушніру за спільну роботу при проведенні експериментальних досліджень та дружню підтримку.

Дисертант вдячний завідувачу кафедрою геофізики ННІ «Інститут геології» Київського національного університету імені Тараса Шевченка, доктору геол. наук С.А. Вижві за підтримку під час навчання в аспірантурі та допомогу у вирішенні організаційних питань.

Автор висловлює подяку академіку НАН України В.І. Старостенку за надану можливість проведення своїх наукових досліджень на базі Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України та підтримку в їх організації і проведенні.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовується актуальність теми, формулюються мета та завдання дослідження, наводяться наукова новизна отриманих результатів і їх практичне значення, особистий внесок здобувача, вказуються дані про апробацію, структуру та обсяг роботи.

У першому розділі «Загальна характеристика шовних зон» розглядаються основні особливості шовних зон як унікальних геологічних структур в межах докембрійських платформ.

За даними досліджень В.Є. Хаїна, Л.С. Галецького, Є.Б. Глеваського, О.Б. Гінтова, Н.П. Щербака, Є.М. Шеремета, І.Б. Щербакова з формуванням шовних зон пов'язані основні етапи розвитку древніх платформ. Вони є лінійними структурами переважно субмеридіанального простягання, що відокремлюють суміжні мегаблоки щитів і відрізняються від них будовою, складом і віком формацій, якими вони складені. Зазвичай шовні зони молодше обмежуваних ними

мегаблоків або, при багатоетапному формуванні, містять формації, які відповідають кільком етапам розвитку земної кори мегаблоків.

Аналіз попередніх досліджень таких структур більшості кристалічних щитів показує, що вони виділяються як граничні зони із різкими перепадами величин різних геофізичних характеристик: швидкостей поширення пружних хвиль, густини, намагніченості, теплового потоку, електропровідності. Шовним зонам притаманна особлива будова структурних поверхів, прояви активних геодинамічних процесів та наявність багатого набору корисних копалин.

В надрах континентальної земної кори древніх платформ, за оглядом С.М. Куліка, виявлена значна кількість аномалій високої електропровідності, які визначаються характерними рисами – довжиною простягання (сотні та тисячі км), глибиною залягання покрівлі (10-15 км). Аномальні структури тяжіють до зон сучасної тектонічної діяльності, областей субдукції літосферних плит, а також до шовних зон між блоками кристалічних щитів.

Геоелектричні дослідження УЩ виявили численні локальні і регіональні аномалії електропровідності, присутність низькоомних глибинних аномалій уздовж протяжних зон розломів, в шовних зонах, приурочених до зон метасоматозу, спряженість низькоомних аномалій з металогенічними рудними вузлами і геохімічними аномаліями. Зони високої електропровідності часто супроводжуються родовищами цинку, свинцю, золота та міді (Австралія, Нова Зеландія), алмазів (Африка, Пн. Америка) та ін..

Шовні зони є областями прояву геодинамічних процесів, що знаходить своє відображення у розподілі електропровідності у надрах Землі, і тому повинні бути досліджені з точки зору формування та розміщення родовищ корисних копалин.

У другому розділі «Геоелектричні дослідження ГШЗ» розглянуто результати глибинних електромагнітних досліджень регіону, отримані автором особисто і такі, що наведені у роботах С.М. Куліка, І.І. Рокитянського, І.М. Логвінова, О.Й. Інгерова, В.І. Трегубенко та ін.. Наводяться геолого-геофізична характеристика ГШЗ, загальні теоретичні основи, методика та апаратура експериментальних досліджень методами МТЗ та МВП, підходи до обробки магніотелуричних даних.

Обробка експериментальних даних була виконана за допомогою програмного комплексу PRC_MTMV. Методика заснована на отриманні часткових оцінок для окремих відрізків записів і їх відбракуванні за когерентнісними критеріями з подальшим багаторівневим робастним оцінюванням.

Узагальнивши і проаналізувавши сучасні експериментальні дані ГШЗ, необхідно зробити наступні висновки:

1) при побудові 3D геоелектричної моделі ГШЗ потрібно перевіряти на високу електропровідність зони:

а) поверхневі, які просторово збігаються з простяганням глибинних регіональних розломів УЩ: Тальнівського, Гвоздавського, Врадіївського, Первомайського та ін.;

б) глибинні:

- корові – регіональна Кіровоградська аномалія, особливо та її частина, яка простежується у Причорноморській западині та в середній і нижній корі під зонами глибинних розломів,

- мантийні – локальні провідні неоднорідності на території УЩ та регіональні кордони астеносфери під Тальнівською ЗР та Причорноморською западиною;

2) тільки комбінація методів МВП та МТЗ дозволить достатньо точно і відповідно до спостережених експериментальних даних побудувати модель розподілу питомого опору в рамках тривимірного середовища. Це пояснюється різними залежностями розподілу імпедансів (МТЗ) та індукційних параметрів (МВП) від глибини залягання провідників. Якщо в МТЗ глибина залягання провідного шару визначається затуханням електромагнітного поля залежно від періоду, то в МВП – просторовим градієнтом магнітоваріаційних параметрів.

У **третьому розділі «Тривимірна геоелектрична модель ГШЗ»** розглянута методика побудови 3D моделі з використанням програми моделювання Mtd3fwd R.L. Maskie, основні етапи побудови моделі, порівняння розрахунків з експериментальними даними, зроблено аналіз виявлених аномалій електропровідності ГШЗ, представлених у вигляді як горизонтальних зрізів на різних глибинах, так і вертикальних перерізів, та їх зв'язок із структурними елементами тектоніки регіону.

Побудова 3D моделі ГШЗ була здійснена на основі аналізу магнітоваріаційних параметрів поля геомагнітних варіацій ($T=150$ с), типперів і кривих МТЗ у діапазоні періодів магнітотелуричного поля до 1000-16000 с загалом у 134 пунктах. Отримана геоелектрична модель ГШЗ відрізняється від моделей попередніх досліджень тим, що при її побудові були залучені додаткові дані польових робіт і це дозволило створити підвищену детальність, охоплюючи моделюванням всю ГШЗ у межах УЩ та його схилів.

3D моделювання глибинних аномалій високої електропровідності полягало в реалізації двох етапів: на першому виконувався підбір такої моделі розподілу електропровідності, для якої розраховані магнітоваріаційні параметри відповідали б експериментальним даним; другий етап передбачав уточнення підбраної моделі за даними МТЗ.

Методика побудови і розрахунку 3D моделі передбачає врахування апріорних даних: сумарної поздовжньої провідності поверхневих осадових відкладів (S) та одновимірний розріз надр регіону. Центральна частина ГШЗ (сама ГШЗ та західна частина Інгульського мегаблоку) характеризується низькими значеннями та значною мінливістю S – від 5 до 100 См. У північній частині ділянки моделювання, у межах

південного борту Дніпровсько-Донецької западини, спостерігається товща осадових відкладів до 1,5 км, у зв'язку з чим значення S досягають 400 См. На південному схилі, в Причорноморській западині, максимальні значення S не перевищують 500 См.

Регіональна і локальна аномальні області, що моделювались, розглядалися на тлі одновимірного розрізу, який характеризується параметрами: $\rho_1=10$ Ом·м, $h_1=2$ км; $\rho_2=1000$ 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. Ці характеристики були визначені виходячи з того, що значну частину об'єму моделі по її периферії займають осадові відклади з відносно високими значеннями S . Були проведені розрахунки для кількох варіантів одновимірного розрізу і емпіричним шляхом підібрані його параметри, що краще задовольняють експериментальні дані.

Для побудови моделі розподілу питомої електричної опору (ρ) порід земної кори і верхньої мантії ГШЗ була сформована область моделювання, що складається з 93100 паралелепіпедів з довжинами сторін від 10 м до 235 км. Вісь x спрямована на схід, вісь y - на північ, вісь z - до центру Землі. Відповідно до напрямків осей розташовані комірки ($49 \times 76 \times 25$), кожна з яких характеризується однорідним питомим електричним опором (від 1 до 10000 Ом·м). Ця область була розділена на аномальне, що містить локальні неоднорідності, і оточуюче її нормальне (горизонтально-шарове) середовище. Горизонтальні розміри комірок в локальній аномальній області моделі складають 5 км, на краях регіональної області мають великі розміри (до 235 км) для більш точного опису загасання аномальних магнітних полів. Вертикальні розміри комірок змінювалися від 10 м (в верхніх) до 40 км (в глибинних) шарах. Це пояснюється необхідністю узгоджувати розміри комірок з довжиною хвиль на різних періодах магнітотелуричного поля.

Побудова моделі здійснювалася методом підбору із врахуванням даних попередніх глибинних електромагнітних досліджень та апріорної геолого-геофізичної інформації. Отримана результуюча тривимірна геоелектрична модель розподілу ρ в земній корі і мантії ГШЗ УЩ, яка задовольняє спостережені дані, наводиться у вигляді горизонтальних зрізів на різних глибинах.

Аналіз експериментальних кривих МТЗ свідчить про те, що рівень позірної опору (ρ_n) у всьому частотному діапазоні для напрямку Пд-Пн більший за 1000 Ом·м, а для Сх-Зх – 10-100 Ом·м. Задовільне зіставлення теоретичних та експериментальних кривих МТЗ удалося досягти завдяки доповненню моделі ГШЗ у північній її частині окремими гальванічно зв'язаними об'єктами складної конфігурації з $\rho=2-250$ Ом·м. Таких аномальних зон виявлено дві: перша – загальним розміром (5-10)км \times 70 км між Лисянським та Ятранським блоками ГШЗ; друга – у вигляді системи субширотних провідників загальним розміром (5-20) км \times 110 км (рис. 1 а).

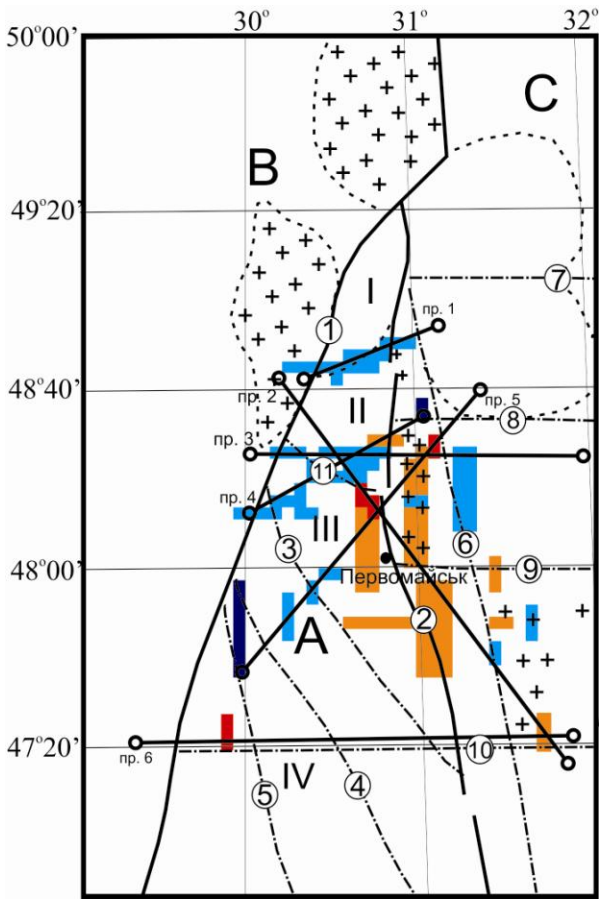
Південніше, між $48^{\circ}00'$ та $48^{\circ}30'$ пн. ш. змінюється поведінка кривих МТЗ, а саме – рівень ρ_n у всьому частотному діапазоні для напрямку Пд-Пн коливається в межах 50-200 Ом·м, а для Сх-Зх – 500-900 Ом·м. Відповідність такого експериментального результату теоретичному вдалося досягти завдяки введенню в модель ГШЗ системи провідників у вигляді трьох паралельних гальванічно не зв'язаних між собою об'єктів субмеридіонального простягання шириною (d) 10 км, довжиною (l) 30-45 км та $\rho=2-100$ Ом·м, розташованими на глибинах (верхня кромка – h) менше 50-100 м. Просторово вони збігаються з частинами Ємилівської, Первомайської та Звенигородсько-Братської ЗР.

У південній частині планшета (від $48^{\circ}00'$ пн. ш.) достовірно підібрані два субмеридіональних провідники: перший розташований східніше Тальнівської ЗР і характеризується параметрами $h=0$ м, інтервал залягання провідника (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 ЗР. Таким чином, Первомайська ЗР трасується локальними об'єктами підвищеної електропровідності субмеридіонального простягання.

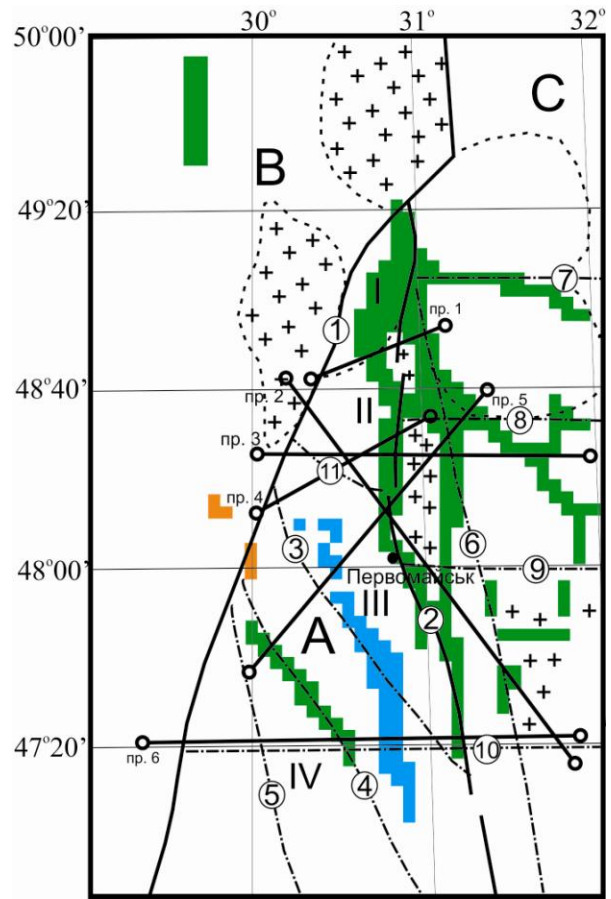
В інтервалі глибин від 100 м до 2,5 км в геоелектричній моделі (рис. 1 б) підібрані в основному субмеридіональні провідники з $\rho=50$ Ом·м, які з півночі на південь гальванічно зв'язані в один ланцюг і просторово збігаються з різними частинами розломних зон: Тальнівської, осової частини ГШЗ та Первомайської по всьому її простягання ($d = 10$ 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 ЗР.

На півдні планшета декілька аномалій електропровідності мають орієнтацію з північного заходу на південний схід. Вони починаються на перетині Тальнівського із Врадіївським та Гвоздавським розломами, уздовж яких і відмічається висока електропровідність. Параметри підібраних об'єктів високої провідності такі: h – 100 м, d – 10-15 км, l до 120 км, ρ – 10 Ом·м.

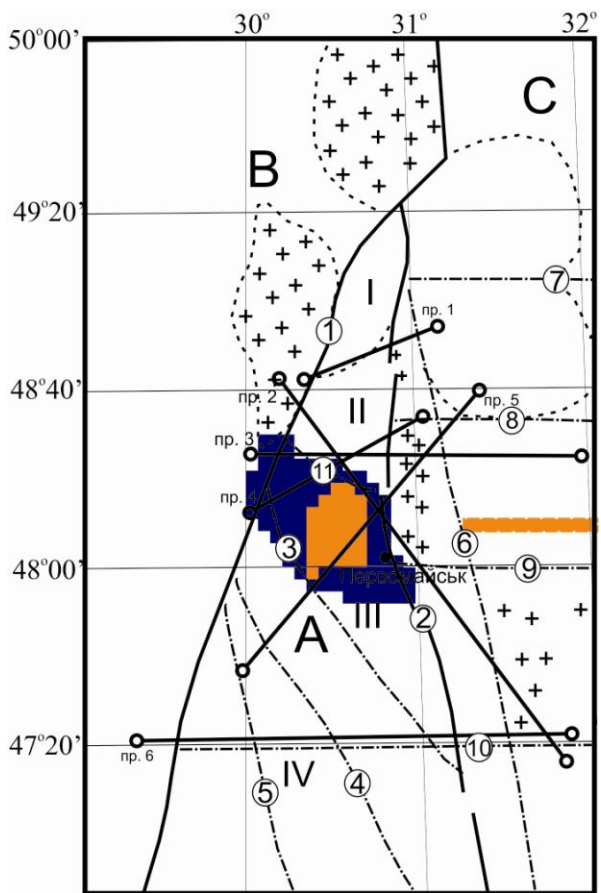
Якщо до глибини 2,5 км провідники представлені субвертикальними структурами, то глибше за 3 км спостерігаються переважно субгоризонтальні шари (рис. 1 в-є). Найвище ($H= 3-10$ км) залягає диференційована за $\rho=10\div 250$ Ом·м аномалія ($d=50$ км, $l=80$ км), яка розташована у північній частині Голованівського блоку (рис. 1 в) та обмежена частинами Тальнівської, Врадіївської, Первомайської та Ємилівської ЗР. Детальним моделюванням ГШЗ підтверджується існування провідника ($H=5\div 20$ км, $\rho=10$ Ом·м, $d=5$ км, $l<50$ км) у центральній частині Новоукраїнського масиву (дані І.Ю. Ніколаєва, 2013 р.).



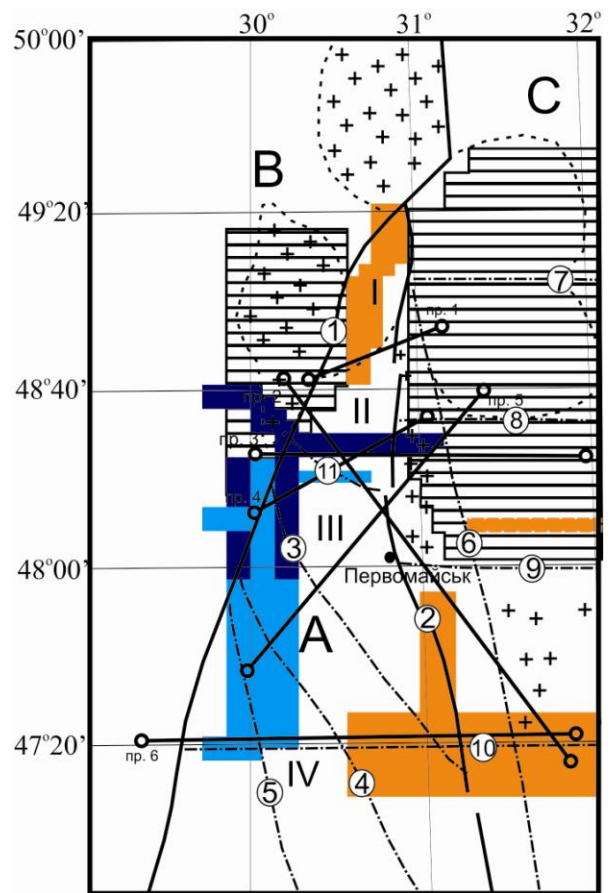
а



б



в



г

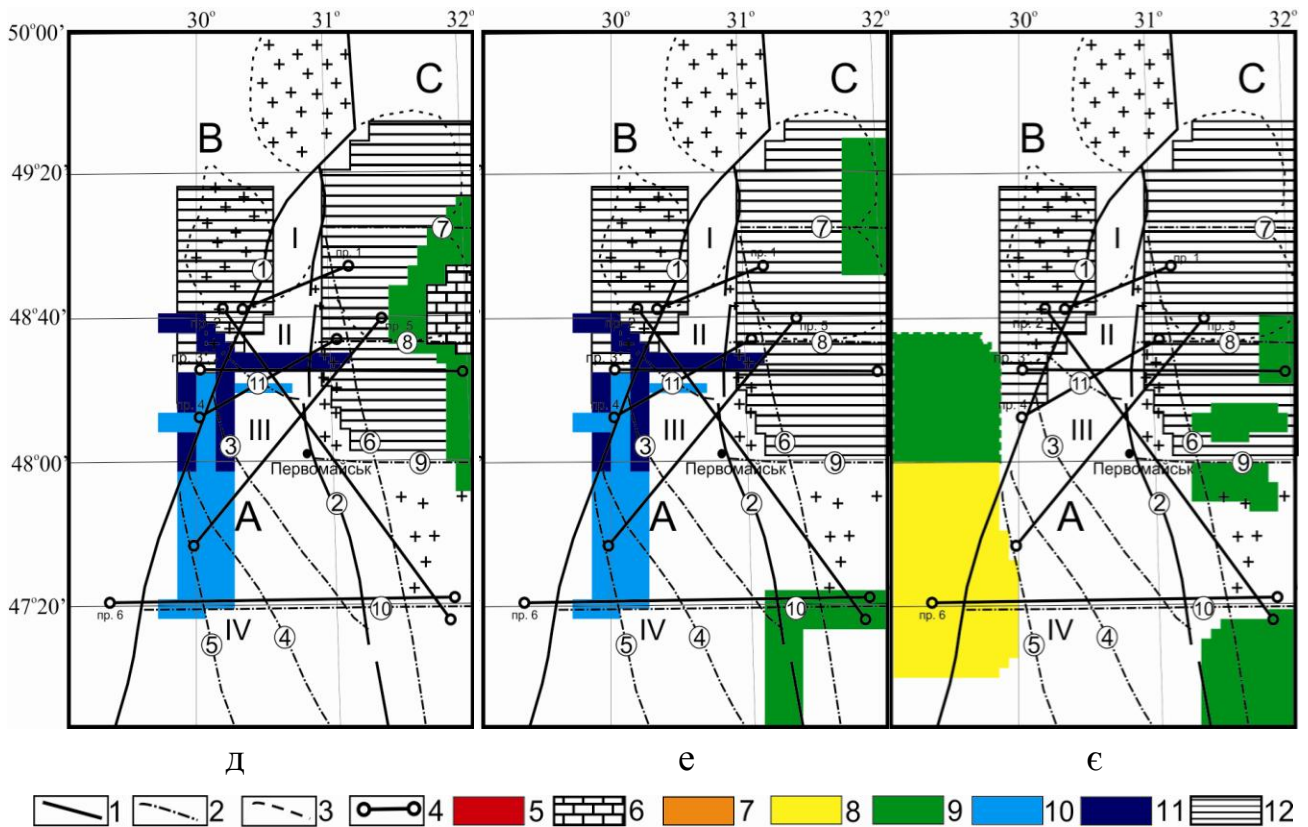


Рис. 1. Аномалії електропровідності на тектонічній схемі ГШЗ: а – на глибинах 0-10 м; б – 0,1-2,5 км; в – 3-10 км; г – 10-20 км; д – 20-25 км; е – 25-30 км; є – 50-120 км (пунктиром – 70-120 км). Умовні позначення: А – Голованівська шовна зона; В – Росинсько-Бузький мегаблок; С- Інгульський мегаблок. Блоки ГШЗ: І – Лисянський, ІІ – Ятранський, ІІІ – Голованівський, ІV – Тилігульський. Осьові лінії глибинних зон розломів: 1 – першого порядку (1 – Тальнівська, 2 – Первомайська), 2 – другого порядку (3 – Врадіївська, 4 – Гвоздавська, 5 – Одеська, 6 – Звенигородсько-Братська, 7 – Смілянська, 8 – Субботсько-Мошоринська, 9 – Бобринецька, 10 – Конкська, 11 – Ємилівська); 3 – межі блоків ГШЗ різного складу; 4 – лінії профілів МТЗ; 5-12 – зони з питомим опором: 5 – 2 Ом·м; 6 – 5 Ом·м; 7 – 10 Ом·м; 8 – 25 Ом·м; 9 – 50 Ом·м; 10 – 100 Ом·м; 11 – 250 Ом·м; 12 – 10 000 Ом·м.

Глибше за 10 км розподіл аномально високого/низького ρ в земній корі та верхній мантії носить мозаїчний характер. Так аномалії високого $\rho=10000$ Ом·м (на фоні «нормального» 1000 Ом·м) добре узгоджуються з глибинними частинами масивів гіпербазитів та гранітоїдів: Уманського, Новоукраїнського та Корсунь-Новомиргородського. В земній корі аномалії низького $\rho=10-250$ Ом·м складної конфігурації приурочені до трьох осередків: 1) осьова частина Лисянського блоку ($H=10\div 20$ км, $\rho=10$ Ом·м, $d=15$ км, $l<70$ км) (рис. 1 г); 2) центральна частина Тальнівської та її перетину з Одеською та Гвоздавською ЗР ($H=10\div 30$ км, $\rho=100-250$ Ом·м, $d=30$ км, $l<150$ км) (рис. 1 г, д, е); 3) перетину східної частини Конкської

та південної Первомайської ЗР (рис. 1 г) з $H=10-20$ км, $\rho=10$ Ом·м, $d=10-40$ км, $L<100$ км. Її окремі частини було закладено в розраховану модель земної кори ГШЗ на сході планшету на глибинах 20-30 км (рис. 1 д, е). Потрібно зауважити, що на півночі друга зона має субштротне відгалуження ($d=10$ км, $L<60$ км) в районі Субботсько-Мошоринської ЗР (рис. 1 г, д, е). Таким чином, автором була виявлена аномалія, відмічена в пункті 1 і підтверджено та уточнено аномалії, відмічені в пунктах 2 і 3.

Розподіл ρ на мантійних глибинах ($H=50-120$ км) ГШЗ відповідає «нормальному» для УЩ (рис. 1 є), крім південно-західної частини, що відокремлена Одеською ЗР. ГШЗ розділяє різну (південно-західної частини УЩ та південного схилу центральної частини УЩ) за розподілом ρ неоднорідну верхню частину верхньої мантії. Так, на заході розташована окраїна астеносфери південно-західної частини УЩ на $H=70-120$ км, диференційована за ρ : від 48° пн.ш. на північ (південь Бузького мегаблоку УЩ) $\rho=50$ Ом·м, на південь (південно-західний схил УЩ та частково Причорноморська западина) $\rho=25$ Ом·м, що було уточнено автором. На схід від ГШЗ локальні осередки та південний схил центральної частини УЩ ($H=50-120$ км) з високою електропровідністю ($\rho=50$ Ом·м) підтвердили мантійну будову Кіровоградського рудного району (за даними І.Ю. Ніколаєва, 2013 р.).

У четвертому розділі «Зв'язок аномалій електропровідності ГШЗ з геотектонікою, геодинамічним розвитком та рудопроявами корисних копалин регіону» розглянуто вірогідну природу аномалій електропровідності регіону, зв'язок низькоомних зон із структурними особливостями території досліджень, її геодинамічними обстановками та родовищами і рудопроявами корисних копалин.

Розподіл електропровідності ГШЗ відповідає її геолого-тектонічній будові і підтверджує колізійну модель формування кори центральної частини УЩ. У період $AR_3 - PR_1-II$ у регіоні переважав режим транспресії, який змінювався режимом транстенсії (розтягу) на відрізках 2,6-2,4, 2,1-1,95, 1,8-1,7 млрд. років тому (за даними О.Б. Гінтова, 2015 р.). При цьому ширина області розтягу була невеликою і швидко «заліковувалася» за рахунок речовини, що надходила з мантійних глибин. На ці проміжки часу припадає утворення більшості високоелектропровідних ЗР: Ємилівської, Гвоздавської, Врадіївської, Первомайської і Звенигородсько-Братської.

У процесі геодинамічного розвитку ГШЗ набула сучасну розшарованість та тектонічну сланцюватість, яка підтверджується у вигляді аномалій електропровідності глибинних ЗР, а також більшої частини Лисянського блоку на глибинах 10-20 км ($\rho=10$ Ом·м), Голованівського на 3-10 км ($\rho=10-250$ Ом·м), Тилігульського на 15-30 км ($\rho=100-250$ Ом·м), вузької Ядлово-Трактемирівської зони, малоімовірне існування тут аномалій підвищеної електропровідності. Це може бути підтвердженням гіпотези І.Б. Щербакова (2005 р.) про те, що ця зона є

пластиною, яка висунута у обмежений міжблоковий простір в умовах стиснення. Таким чином можна пояснити наявність аномалій електропровідності тільки у земній корі шовної зони. Відсутність підвищеної провідності мантії передбачає, що вже після етапу колізії докембрійських мікроконтинентів відбувався процес континентального рифтогенезу, який наслідував раніше існуючі структурні особливості в земній корі. В той же час, підвищена електропровідність астеносфери на захід від Тальнівської ЗР говорить про відокремлене існування західної і східної частин УЩ до цього часу. Підтвердження цього факту можна знайти у роботах І.К. Пашкевич (2003 р.), яка виділяє різні типи кори за складом архейських комплексів заходу і сходу щита, а також різні типи мантії за С.М. Цимбалом (2002 р.).

Мантія на захід від Тальнівського розлому характеризується аномально підвищеною електропровідністю, може бути що пов'язано з більш молодого і сучасною активізацією (за даними В.В. Гордієнка, 2004 р.). Загальні закономірності поширення сумарних амплітуд новітніх (пізньопліоцен-четвертинних) вертикальних тектонічних рухів чітко пов'язуються з контурами відомих у регіоні основних структурних одиниць, а деталі підкреслюють розломно-блокову будову території (за даними В.Г. Верховцева, 2013 р.). Яскраво виділяються високі амплітуди у зоні підвищеної теплового потоку на південний захід від ГШЗ. Слід говорити про сучасні процеси активізації цього регіону, які знайшли своє відображення у підвищеній електропровідності. Неотектонічну активність проявляють також електропровідні Врадівська, Гвоздавська, південна частина Тальнівської та Первомайська ЗР. Такі особливості електропровідності притаманні для багатьох шовних зон і можуть вважатися характерними для них.

Просторово абсолютна більшість родовищ і рудопроявів корисних копалин на території центральної частини УЩ потрапляє в області аномалій підвищеної електропровідності (рис. 2).

Низькоомні аномалії ГШЗ в основному приурочені до протяжних смуг і областей поширення графітовмісних порід і зон метасоматозу уздовж протяжних зон розломів (рис. 2). У їх межах розташовуються більшість родовищ і рудопроявів корисних копалин, зокрема Савранське і Капітанівське рудні поля, Молдовське, Секретарське, Лащівське, Новоселицьке родовища залізних руд, Заваллівське родовище графіту, Південне, Лозоватське і Калинівське родовища урану, Майське родовище золота, а також рудопрояви графіту, урану (Голованівське, Шамраївське, Кохановське), титану, золота, залізних руд, літію, міді, кобальту, хрому, нікелю (Демов'ярське) та ін. у межах ГШЗ (рис. 2). Залучення результатів експериментальних досліджень методами МТЗ і МВП, даних структурного аналізу, геохімії, мінералогії дає можливість виконувати прогнозування рудоутворень корисних копалин в межах УЩ.

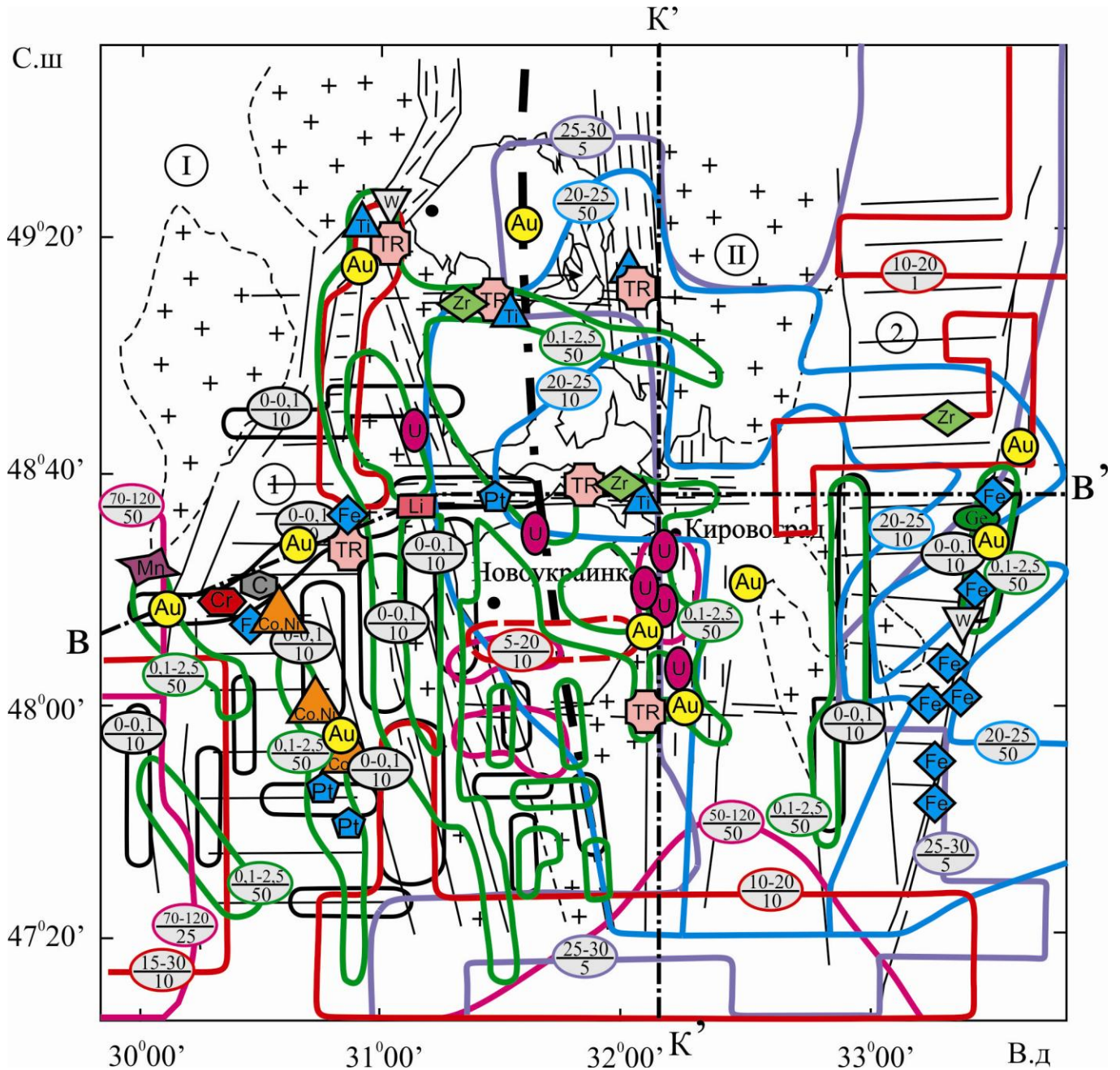


Рис. 2. Розподіл аномалій пониженого питомого опору, отриманого за результатами 3D моделювання в земній корі та верхній мантії, і родовища та рудопрояви корисних копалин на тектонічній схемі центральної частини УЩ (за даними О.Б. Гінтова, 2015 р.). Мегаблоки: I – Бузько-Росинський, II – Інгульський. Шовні зони: 1- Голованівська, 2 – Інгулецько-Криворізька. Цифри у овалах: чисельник – глибина до покрівлі і підшви аномалії відповідно у км, знаменник – питомий опір ρ .

ВИСНОВКИ

У дисертації наведено теоретичне узагальнення і нове вирішення наукової задачі, що полягає у побудові тривимірної геоелектричної моделі Голованівської

шовної зони УЩ. Виявлено аномалії високої електропровідності у земній корі ГШЗ, встановлено їх зв'язок з основними етапами геодинамічного розвитку регіону та родовищами і рудопроявами корисних копалин. Вирішення даної задачі має значення для при побудові глибинних геологічних і геотектонічних моделей, прогнозних металогенічних карт і схем УЩ, розробці критеріїв виділення перспективних площ на виявлення нових рудопоявів корисних копалин, а також для пояснення геодинамічних процесів регіону.

За результатами проведених досліджень можна зробити такі висновки.

Проведено сучасні експериментальні МТ/МВ роботи по трьом профілям, що перетинають ГШЗ: «Первомайський», «Уманський» і «Довжанка-Бузьке». Загальна кількість пунктів спостереження магнітотелуричного поля Землі – 37. Результати польових досліджень були оброблені за допомогою програмного комплексу PRC_MTMV і отримані передавальні оператори в широкому діапазоні періодів та побудовані їх псевдорозрізи.

Побудовано детальну 3D геоелектричну модель земної кори та верхньої мантії, що охоплює ГШЗ та прилеглу до неї територію. Виявлено з поверхні велику кількість аномалій з $\rho=2-250$ Ом·м, які частково співпадають з зонами зчленування блоків, перетином та трасуванням вздовж ЗР. Мережа провідників на глибинах 0,1-2,5 км з $\rho=10\div 100$ Ом·м відбиває систему ЗР, таких як Тальнівська, Первомайська, Врадіївська, Гвоздавська, Звенигородсько-Братська, Смілянська, Субботсько-Мошоринська. Якщо до 2,5 км провідники представлені субвертикальними структурами, то глибше за 3 км спостерігаються переважно субгоризонтальні шари. На 3-10 км залягає диференційована за $\rho=10-250$ Ом·м аномалія, яка розташована на півночі Голованівського блоку. Глибше за 10 км розподіл аномально високого/низького ρ носить мозаїчний характер. Так, аномалії високого $\rho=10000$ Ом·м добре узгоджуються з глибинними частинами масивів гіпербазитів та гранітоїдів: Уманського, Новоукраїнського та Корсунь-Новомиргородського. В земній корі аномалії низького $\rho=10-250$ Ом·м складної конфігурації приурочені до Лисянського блоку; центральної частини Тальнівської та перетину Конкської з Первомайською ЗР. Розподіл ρ на глибинах 50-120 км відповідає «нормальному» для УЩ та розділяє неоднорідну верхню частину мантії.

Природа аномалій електропровідності може бути обумовлена графітизацією та сульфідизацією, що пов'язані з наявністю залізрудних родовищ переважно карбонатно-залізисто-кремністо-метабазитової формації і родовищ залізисто-кремністої формації, які містять рудопрояви графіту, хрому і нікелю, родовища і рудопрояви урану і золота в лужних метасоматитах, кобальту, платиноїдів; аномалії підвищеної електропровідності в земній корі на глибинах 10-30 км і верхах верхньої мантії 50-70÷120 км швидше за все пояснюються процесами сучасної флюїдизації.

Геологічна будова ГШЗ та її електропровідність підтверджують колізійну модель формування кори центральної частини УЩ. У період $AR_3 - PR_1-II$ у регіоні

переважав режим транспресії, який змінювався режимом розтягу на відрізках 2,6-2,4, 2,1-1,95, 1,8-1,7 млрд. років тому, що відповідають часу утворення більшості високоелектропровідних ЗР: Ємилівської, Гвоздавської, Врадіївської, Первомайської і Звенигородсько-Братської.

Встановлено, що низькоомні аномалії ГШЗ приурочені до зон метасоматозу вздовж протяжних ЗР; у їх межах розташовуються більшість родовищ і рудопроявів рудних корисних копалин, зокрема Савранське і Капітанівське рудні поля, Молдовське, Секретарське, Лащівське, Новоселицьке родовища залізних руд, Заваллівське родовище графіту, Південне, Лозоватське і Калинівське родовища урану, Майське родовище золота, а також рудопрояви графіту, урану (Голованівське, Шамраївське, Кохановське), титану, золота, залізних руд, літію, міді, кобальту, хрому, нікелю (Демов'ярське) та ін..

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у вітчизняних наукових фахових виданнях

1. Бурахович Т.К. Аномальна електропровідність земної кори східної частини Приазовського мегаблоку / Т.К. Бурахович, **Б.І. Ширков**, А.М. Кушнір, Г.М. Зайцев // Вісник Київського університету. Серія "Геологія". – 2013. – Випуск 60. – С. 12-16.
2. Бурахович Т. К. Глибинна будова Інгульського мегаблоку за даними геоелектричних досліджень / Т. К. Бурахович, А. М. Кушнір, **Б. І. Ширков** // Доповіді НАНУ. №3, 2015.– С. 81-86.
3. Бурахович Т. К. Глибинні геоелектричні дослідження Голованівської шовної зони досліджень / Т. К. Бурахович, **Б. І. Ширков** // Геоінформатика. № 1(53), 2015. – С. 61-69.
4. Бурахович Т. К. Моделювання глибинної будови Голованівської шовної зони за даними геоелектрики / Т.К. Бурахович, О.З. Ганієв, **Б.І. Ширков** // Вісник Київського університету. Серія "Геологія", №2 (69), 2015, С. 48-54.
5. Бурахович Т. К. Геоелектрические аномалии Украинского щита и их связь с рудопроявлениями полезных ископаемых / Т. К. Бурахович, И. Ю. Николаев, Е.М. Шеремет, **Б. И. Ширков** // Геофизический журнал. 2015, т.37., № 6 С. 42-63.
6. Ширков Б.І. Геоелектричні дослідження Белгородсько-Сумського мегаблоку північного борту Дніпрово-Донецької западини / **Б.І. Ширков**, А.М. Кушнір, О.В. Гіщук // Геофізичний журнал. 2015, т.37., №5 С. 176-182.
7. Кушнір А.Н. 3D геоелектрическая модель о. Змеиный / А.Н. Кушнір, **Б.И. Ширков** // Геодинаміка. Науковий журнал. 2013. №2(15). С.198-200.
8. Ширков Б.И. Глубинное строение северо-западной части Черноморского шельфа по геоелектрическим данным / **Б.И. Ширков**, А.Н. Кушнір // Наукові праці УкрНДМІ НАН України. Випуск 13(частина II). Донецьк, 2013б. С. 178-190.

9. Burakhovych T.K. The 3D geoelectrical model of Earth crust and the upper mantle of the Dobrudga region / T.K. Burakhovych, A.N. Kushnir, I.Yu. Nikolaev, **B.I. Shyrkov** // Geodynamics. Scientific journal. 2015, №1 (18). P. 55-63.

Статті у наукових періодичних виданнях інших держав

10. Бурахович Т.К. Аномалии электропроводности по результатам трёхмерного геоэлектрического моделирования и полезные ископаемые центральной части Украинского щита // Т.К. Бурахович, И.Ю. Николаев, Е.М. Шеремет, **Б.И. Ширков** // Вестник Пермского университета. Серия «Геология». – 2016. – №3. – с.61-69.

Публікації та матеріали конференцій

11. Бурахович Т.К. Трёхмерная геоэлектрическая модель земной коры Кировоградского рудного района УЩ / Т.К. Бурахович, **Б.И. Ширков** // Материалы XI Международной конференции «Геоинформатика: теоретические и прикладные аспекты», Киев, 2012.

12. Кушнір А. М. Обробка даних МТЗ і МВП по профілю «Первомайський» / А.М. Кушнір, **Б.И. Ширков** // Матеріали XIII Міжнародної конференції «Геоінформатика: теоретичні та прикладні аспекти», Київ, 2014.

13. Ширков Б.И. Прогнозирование проявлений полезных ископаемых на основе МТ/МВ методов в центральной части Украинского щита / **Б.И. Ширков**, Т.К. Бурахович, А.М. Кушнир, И.Ю. Николаев, Е.М. Шеремет // Материалы VII Всероссийской школы-семинара по электромагнитным зондированиям Земли имени М.Н. Бердичевского и Л.Л. Ваньяна (ЭМЗ-2015) [Электронное издание] / «Иркутский Национальный Исследовательский Технический Университет». – Иркутск: ИРНТУ, 2015г. - Режим доступа: http://conf.nsc.ru/ems2015/ru/ems2015_doklady, свободный.

14. Кушнир А.Н. Геоэлектрические исследования о. Змеиный / А.Н. Кушнир, **Б.И. Ширков** // Материалы VI Всероссийской школы-семинара имени М.Н. Бердичевского и Л.Л. Ваньяна по электромагнитным зондированиям Земли – ЭМЗ-2013 [Электронное издание] / Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука . – Новосибирск : ИНГГ СО РАН, 2013. – Режим доступа: <http://ems2013.ipgg.sbras.ru>, свободный.

15. Перестюк О.В. МТ/МВ дослідження північного схилу Дніпровсько-Донецької западини / О.В. Перестюк, **Б.И. Ширков**, А.М. Кушнір // Матеріали XIV-ї Міжнародної конференції з геоінформатики - Теоретичні та прикладні аспекти, Київ, 2015.

16. Шеремет Е.М. Возможности МТ/МВ исследований для прогнозирования месторождений полезных ископаемых на Украинском щите / Е.М. Шеремет, Т.К. Бурахович, И.Ю. Николаев, **Б.И. Ширков** // Матеріали XIV-ї Міжнародної

конференції з геоінформатики - Теоретичні та прикладні аспекти - 2015, Київ, Україна.

17. Ширков Б.І. Обробка МТ/МВ даних по профілю Довжанка-Бузьке / **Б.І. Ширков**, А.М. Кушнір, А.П. Усенко // Матеріали XIV-ї Міжнародної конференції з геоінформатики - Теоретичні та прикладні аспекти. - Київ, Україна.

18. Shyrkov B.I. Deep structure of Golovanivsk suture zone of the Ukrainian shield from the magnetotelluric investigations / **B.I. Shyrkov** // Book of Abstracts 10th International Conference "PROBLEMS OF GEOCOSMOS" St.Petersburg, Petrodvorets, October 6-10, 2014, P. 24.

19. Бурахович Т.К. Глубинное строение Голованевской шовной зоны по данным геоэлектрики / Т.К. Бурахович, **Б.И. Ширков** // Материалы 42-й сессии Международного семинара им. Д.Г. Успенского, Пермь, Россия, 26-30 января 2015 г.

20. Бурахович Т.К. Глибинна модель Голованівської шовної зони за даними електромагнітних досліджень / Т.К. Бурахович, **Б.І. Ширков** // Матеріали VI Міжнародної наукової конференції «Геофізичні технології прогнозування та моніторингу геологічного середовища», Львів, 20 - 23 вересня 2016 р..

АНОТАЦІЯ

Ширков Б.І. Тривимірна геоелектрична модель Голованівської шовної зони Українського щита. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата геологічних наук за спеціальністю 04.00.22 – геофізика. Київський національний університет імені Тараса Шевченка, МОН України, Київ, 2016 р.

Дисертація присвячена побудові тривимірної глибинної моделі ГШЗ за даними експериментальних електромагнітних досліджень і вивченні зв'язків між електропровідністю та геодинамічним розвитком регіону, його металогенічними і структурними особливостями.

Проведено сучасні експериментальні МТ/МВ роботи у межах ГШЗ та прилеглих геологічних структур, на їх основі побудовано 3D геоелектричну модель земної кори і верхньої мантії регіону із залученням даних попередніх глибинних електромагнітних досліджень. Виявлено аномалії високої електропровідності з $\rho=2-250$ Ом·м у земній корі, які співпадають з глибинними зонами розломів і до глибин 2,5 км представлені субвертикальними структурами, а глибше – переважно субгоризонтальними шарами. Поза межами шовної зони спостерігається неоднорідна верхня мантія. Геологічна будова ГШЗ та її електропровідність підтверджують колізійну модель формування кори центральної частини УЩ. Низькоомні аномалії приурочені до протяжних смуг і областей поширення графітовмісних порід і зон метасоматозу уздовж протяжних зон розломів. У їх межах розташовуються більшість відомих у регіоні родовищ і рудопроявів рудних корисних копалин.

Ключові слова: Голованівська шовна зона, 3D геоелектрична модель, МТ/МВ методи, глибинна будова, рудні корисні копалини.

АННОТАЦІЯ

Ширков Б.И. Трёхмерная геоэлектрическая модель Голованевской шовной зоны Украинского щита. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата геологических наук по специальности 04.00.22 - геофизика. Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, МОН Украины, Киев, 2016 г.

Диссертация посвящена построению трёхмерной глубинной модели ГШЗ по данным экспериментальных электромагнитных исследований и изучению связей между электропроводностью и геодинамическим развитием региона, его металлогеническими и структурными особенностями.

Проведены современные экспериментальные МТ/МВ работы на территории ГШЗ и прилегающих геологических структур, на их основе построена 3D геоэлектрическая модель земной коры и верхней мантии региона с привлечением данных предыдущих глубинных электромагнитных исследований.

При расчетах электромагнитного поля применен широко известный в мировой практике построения геоэлектрических моделей пакет программного обеспечения Mtd3fwd, который дает возможность получать пять компонент магнитотеллурического поля для двух поляризации.

Построение 3D модели ГШЗ была выполнено на основе анализа магнитовариационных параметров поля геомагнитных вариаций ($T = 150$ с), типперов и кривых МТЗ в диапазоне периодов магнитотеллурического поля до 1000-16000 с всего в 134 пунктах.

3D моделирование глубинных аномалий высокой электропроводности заключалось в реализации двух этапов: на первом этапе выполнялся подбор такой модели распределения электропроводности, для которой рассчитанные магнитовариационные параметры соответствовали бы экспериментальным данным; второй этап предусматривал уточнение подобранной модели по данным МТЗ.

При моделировании точность расчета компонент электромагнитного поля составляла 0,001%. Соответствие экспериментальных и рассчитанных значений ρ_{Π} для большинства точек наблюдения находится в доверительном интервале 10%, то есть был достигнут высокий уровень приближения (в 126 пунктах из 134).

Выявлены аномалии высокой электропроводности с $\rho=2-250$ Ом·м в земной коре, которые совпадают с глубинными зонами разломов: Тальновской, Первомайской, Вradiевской, Гвоздавской, Звенигородско-Братской, Смелянской, Субботско-Мошоринской; и до глубин 2,5 км представлены субвертикальными структурами, а глубже, в основном, субгоризонтальными слоями. Вне ГШЗ

наблюдается неоднородная земная кора и верхняя мантия в виде региональных Черновицко-Коростенской и Кировоградской аномалий электропроводности.

Геологическое строение ГШЗ и ее электропроводность подтверждают коллизионную модель формирования коры центральной части УЩ. Низкоомные аномалии приурочены к протяжённым полосам и областям распространения графитизированных пород и зон метасоматоза вдоль протяженных зон разломов. В их пределах находятся большинство известных в регионе месторождений и рудопроявлений рудных полезных ископаемых.

Ключевые слова: Голованевская шовная зона, 3D геоэлектрическая модель, МТ/МВ методы, глубинное строение, рудные полезные ископаемые.

ABSTRACT

Shyrkov B.I. Three-dimensional geoelectrical model of the Golovanivsk suture zone of the Ukrainian shield. – Manuscript.

The thesis for the scientific degree of candidate of geological sciences on 04.00.22 specialty – Geophysics. – National Taras Shevchenko University of Kyiv, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2016.

The thesis is devoted to the building a three-dimensional deep model of the Golovanivsk suture zone according to the experimental electromagnetic investigations and studying the relationships between electrical conductivity and geodynamic development of the region, its metallogenic and structural features.

There were carried out the modern experimental МТ/МВ investigations within the Golovanivsk suture zone and surrounding geological structures, and on their basis it was built a geoelectric 3D model of the crust and upper mantle of the region involving data of the previous deep electromagnetic research. It is revealed the anomalies of high electrical conductivity with $\rho=2-250$ Ohm·m in the crust, which coincide with the deep fault zones and to the depths of 2,5 km are subvertical structure and deeper – mainly subhorizontal layers. Outside the suture zone it is observed a heterogeneous upper mantle. Geological structure and electrical conductivity of the Golovanivsk suture zone confirm the collision model of the crust of the central part of the Ukrainian shield. The low resistivity anomalies are confined to the elongated strips and areas of the spread of the graphitized rocks and metasomatic zones extended along the fault zones. In its boundaries there are a large amount of the ore deposits of the region.

Keywords: the Golovanivsk suture zone, 3D geoelectric model, МТ/МВ methods, deep structure, ore minerals.