

РЕФЕРАТ

роботи на здобуття щорічної премії

Президента України для молодих вчених:

«ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ МЕТОДИ ПРИ ВИВЧЕННІ РУДОПРОЯВІВ КОРИСНИХ КОПАЛИН»

Претендент: **КУШНІР Антон Миколайович** – доктор геологічних наук,
старший дослідник, старший науковий співробітник Інституту
геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України

Актуальність дослідження. Вивчення земних надр геолого-геофізичними методами дає основу для з'ясування фундаментальних питань флюїдного режиму та дегазації Землі. Насамперед вони стосуються розуміння формування та проникнення в земну кору глибинних високотемпературних флюїдів – важливого джерела для всіх наступних процесів формування вуглець-, сульфід- і залізовмісних метасоматитів, а також утворення рудних і нафтогазових родовищ. Флюїди проникають крізь літосферу по дренаючим глибинним зонам високої проникності, які часто відповідають глибинним розломам.

Дослідження показують, що області зчленування різного типу тектонічних плит (океанських і континентальних, або внутрішньоконтинентальних) характеризуються електропровідними структурами. Природа таких глибинних регіональних аномалій не обов'язково пояснюється частковим плавленням, вони можуть бути результатом транспортування флюїдів і, відповідно, рудних компонентів з кори і мантії при тектономагматичній активізації. Водень і вуглець у земній корі та верхній мантії можуть переміщатися в зонах контакту різновікових геологічних утворень, спричиняючи у такий спосіб збільшення електропровідності, що дає змогу прогнозувати перспективні площі на виявлення корисних копалин.

На сьогодні цією проблемою займаються чисельні наукові колективи різних країн. Области зчленування тектонічних плит різного віку вивчаються експериментально в рамках площадних магнітотелуричних і магнітоваріаційних методів. Вже виявлено мантійні аномалії електропровідності у Тибеті, між Індійською та Євразійською плитами, в Північній та Південній Америці, Австралії. У Східній Європі такою структурою є Кіровоградська аномалія електропровідності, що простягається від Чорного

моря до Ладозького озера (від Скіфської плити через Східноєвропейську платформу до Балтійського щита).

Геоелектрика – один з основних методів фундаментальної та виробничої геофізики, який широко застосовується у всьому світі для вирішення різноманітних геологічних задач, цьому в чималому ступені сприяє задовільна розробленість його теорії. Електромагнітні поля, індуковані в Землі джерелами іоносферно-магнітосферного походження, дають змогу оцінити глибинну геологічну будову земних надр, а також перебіг геодинамічних процесів.

Мета і завдання дослідження полягають у виявленні геоелектричних неоднорідностей земної кори і верхньої мантії різних геологічних структур України на основі побудови тривимірних моделей розподілу електричного опору за даними експериментальних електромагнітних досліджень; поясненні природи аномалій високої електропровідності на основі комплексного аналізу геолого-геоелектричних даних та їх вивченні як одного з факторів прояву геодинамічних процесів для пошуку перспективних на корисні копалини структур.

Нові експериментальні спостереження зовнішнього змінного низькочастотного електромагнітного поля Землі отримано за допомогою сучасного обладнання з використанням передових технологій в межах різних геологічних регіонів України. Проведено обробку експериментальних даних кількома загальноприйнятими в геоелектричному науковому середовищі програмними комплексами та проаналізовано на якісному та кількісному рівні передавальні оператори МТ і МВ поля в широкому діапазоні періодів.

На сьогодні з використанням сучасного польового матеріалу побудовано різні тривимірні моделі як регіональні (східної частини Українського щита і Донбасу; західної частини Українського щита; центральної частини Українського щита, яка переважно пов'язана з Кіровоградською аномалією електропровідності), так і локальні (Кіровоградського рудного поля, Голованівської шовної зони, унікальних метабазитових утворень (Тарасівської та Троянківської структур Ятранського блока Голованівської шовної зони),

північної Добруджі та Переддобрудзького прогину, о. Зміїний, Кримсько-Чорноморського регіону).

Вперше виявлено геоелектричні неоднорідності в земній корі та верхній мантії території України, які вирізняються аномально низькими та аномально високими значеннями електричного опору. Зони високої електропровідності, що виходять на поверхню, характеризуються субвертикальною неоднорідністю та утворюють гальванічно пов'язану систему. Вона просторово корелює з глибинними розломами різного рангу, виділеними за геологічними даними. Земна кора незалежно від геолого-тектонічного регіону відзначається аномально провідними шарами, верхня кромка яких спостерігається на різних глибинах від 2 до 20 км з питомим електричним опором до 100 Ом·м. Геоелектричну неоднорідність верхньої мантії зафіксовано в Переддобрудзькому та Кримсько-Чорноморському регіонах і тільки фрагментарно під Українським щитом, Прип'ятським прогином і Дніпровсько-Донецькою западиною.

У рамках проведеного дослідження виконана 1D інверсія з використанням трансформації Ніблетта та інверсії Паркера експериментальних глибинних магнітотелуричних зондувань, проведених у різних за геологічним віком регіонах. Під північно-західною частиною Українського щита глибинний розріз мантії відповідає «нормальному» розподілу ρ , у той час як майже весь Придніпровський і східна частина Інгульського мегаблоків (в районі Новоукраїнського та Корсунь-Новомиргородського масивів) характеризуються значеннями в 2–5 разів більшими. На північному борту Белгородсько-Сумського мегаблока Дніпровсько-Донецької западини, північному схилі Бузько-Росинського, південно-західній частині Кіровоградського мегаблока Українського щита, Українських Карпатах від Закарпатського прогину до Скибових покривів, північно-західній частині Причорноморського шельфу глибинний розріз характеризується серією електропровідних шарів як в земній корі, так і в мантії.

В Інгульському мегаблоці виділено аномалії електропровідності в земній корі, які просторово співпадають з глибинними зонами розломів, які до 2,5 км

представлені субвертикальними структурами, а глибше (3–30 км) – переважно субгоризонтальними. Показано, що в межах мегаблока спостерігається як неоднорідна земна кора, так і верхня мантія у вигляді регіональних аномалій електропровідності Чернівецько-Коростенської на заході та Кіровоградської на сході.

За результатами геоелектричних досліджень можна говорити про малоймовірне існування підвищеної електропровідності в вузькій північній частині Голованівської шовної зони – Ядліво-Трахтемирівській зоні, що може бути підтвердженням гіпотези І.Б. Щербакова про те, що вона являє собою пластину, що висунута в обмежений міжблоковий простір в умовах стиснення. У таких геодинамічних обстановках утворення аномалій електропровідності неможливе.

Результати 3D моделювання базит-метабазитових утворень Ятранського блока Голованівської шовної зони показали, що такі структури у геологічних границях в аномальній електропровідності не проявилися. Але розломі зони, які оконтурюють та перетинають їх, виявилися складними аномальними об'єктами як у плані, так і за глибиною. У геоелектричному відношенні струмові структури двох масивів відрізняються. Так, Тарасівську структуру субширотно перетинають електропровідні зони з різним ρ , виділені на трьох глибинних рівнях: 0–100 м, 2–7 та 7–10 км ($\rho = 10\text{--}250 \text{ Ом}\cdot\text{м}$). Тоді як аномальні об'єкти Троянківської простягаються з північного заходу на південний схід зі зміною напрямку на субширотний в східній частині планшета. Електропровідні структури Троянківського масиву проявилися на чотирьох глибинних рівнях: 0–100 та 150–200 м (5–100 Ом·м); 2–4 та 4–10 км (50, 250 Ом·м). Об'єднуючою рисою обох структур є прояв низьких значень ρ від 5 до 100 Ом·м саме у їх геологічних границях. Високу електропровідність можна пояснити особливим складом порід земної кори (графітизацією, сульфідизацією та ін.) або флюїдизацією різного походження.

Голованівська шовна зона є перспективною на виявлення нових родовищ заліза, благородних і радіоактивних металів та їх супутніх елементів, графіту, рідкісних металів. Низькоомні аномалії приурочені до протяжних смуг і

областей поширення графітовмісних порід і зон метасоматозу уздовж протяжних зон розломів. В їх межах розташовуються більшість родовищ і рудопроявів рудних корисних копалин, зокрема Савранське і Капітанівське рудні поля, Молдовське, Секретарське, Лащівське, Новоселицьке родовища залізних руд, Завалівське 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 Голованівської шовної зони. Залучення результатів експериментальних досліджень методами МТЗ і МВП, даних структурного аналізу, геохімії, мінералогії дає можливість виконувати регіональне і локальне прогнозування родовищ корисних копалин у межах Українського щита.

Якісна інтерпретація експериментальних геоелектричних даних дозволила уточнити перспективну площу на нафтогазоносність у районі південного борту, що оконтурює центральну частину Дніпровсько-Донецької западини між населеними пунктами Хорол та Решетилівка. На основі нових експериментальних даних було підтверджено і деталізовано раніше виділені перспективні нафтогазоносні площі (Глидинцівська, Підгородська, Талалаївську та Никонівську), що знаходяться у фундаменті Дніпровсько-Донецької западини та супроводжуються аномаліями електропровідності на різних глибинних рівнях. Їх надра характеризуються перетином активізованих розломів різної орієнтації, а також аномальною потужністю коромантійної суміші і розуцільнених областей на поверхні фундаменту (3–8 км), у земній корі (20–30 км) та у верхах верхньої мантії.

Нові експериментальні глибинні магнітотелуричні зондування в Українських Карпатах за результатами 1D інверсії дали змогу підтвердити існування Карпатської аномалії, що вказує на наявність просторово-неоднорідного провідника як у земній корі, так і у верхній частині верхньої мантії. Ланцюг локальних електропровідних ділянок у земній корі збігається з осьюовою частиною Карпатської магнітоваріаційної аномалії. Високу електропровідність верхньої мантії зафіксовано в Українських Карпатах від

Закарпатського прогину до Скибових покривів. Показано, що вона не є однорідним шаром, спостерігається загальне поглиблення верхньої кромки на північний схід від 40–60 км (Закарпатський прогин) до 90–100 км (Кросненський покрив), і різке поглиблення вздовж Поркулецького та Дуклянського покривів.

За результатами експериментальних досліджень методами магнітотелуричного зондування та магнітоваріаційного профілювання було побудовано 3D глибинну модель, яка відображає неоднорідний розподіл питомого електричного опору в надрах Переддобрудзького прогину, Північної Добруджі та північно-західної частини шельфу Чорного моря. Виділено аномалії високої електропровідності від поверхні земної кори до верхньої мантії. Витягнуті на десятки кілометрів провідники приурочені до глибинних розломів різного рангу та їх перетинів: Фрунзенського, Саратовського, Болградського, Кагульсько-Ізмаїльського, Чадир-Лунгського та ін. Високопровідний шар виділяється в нижній корі та верхах верхньої мантії від 110 до 160 км на південному борту прогину. Північний характеризується розподілом електропровідності у верхній мантії таким же, як і Східноєвропейська платформа. Острів Зміїний, а також Зміїноострівне та Вилківське підняття на глибинах 20–100 км проявляються як субширотна електропровідна структура, що займає проміжне положення між розломами Печенга-Камена на півдні та Кілійським на півночі.

Згідно з результатами 3D геоелектричного моделювання Кримсько-Чорноморського регіону в земній корі та верхній мантії було виділено ряд електропровідних структур на різних глибинах від 2,5 до 100 км. У надрах Кримського півострова виявлено аномалію на глибинах 5–10 км ($\rho = 5 \text{ Ом}\cdot\text{м}$), яка простягається від північної частини Тарханкутського півострова через центральний Крим до північно-західної частини Керченського півострова і з північного заходу обмежується границею Східноєвропейської платформи, а з півдня – глибинним розломом, що розмежовує Гірський Крим і Скіфську плиту. На заході провідник відповідає східній частині Новоселівського підняття та Альмінській западині. З півночі він обмежений Сиваським грабеном і

Балашовським виступом, із заходу – Корсарсько-Феодосійським розломом. Далі на схід простежується зменшення питомого опору до $1 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ вздовж південної частини Індоло-Кубанського прогину, де проявився провідник на глибинах 2,5–12 км, який, можливо, продовжується на Таманському півострові. На південному сході Керченського півострова виявлено аномалію ізометричної форми на глибинах 30–60 км ($\rho = 10 \text{ Ом}\cdot\text{м}$). Тарханкутська аномалія (західна частина Каркінітсько-Північнокримського прогину і Тарханкутського валу) проявляється на глибинах 60–100 км ($\rho = 100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$). Основна сейсмічність (активністю до 5–6 балів) Кримсько-Чорноморського регіону пов'язана з сейсмогенною зоною, що тягнеться уздовж континентального схилу Чорного моря 50-кілометровою смугою, частково захоплюючи шельф і південний берег Криму. Зона виражена 3,5-кілометровим перепадом рельєфу від гірських вершин до абісали Чорного моря і майже 15-кілометровим перепадом тектонічного рельєфу по відкладах крейди та кайнозою.

Набули подальшого розвитку уявлення про комплексну природу аномалій електропровідності, що може бути зумовлена графітизацією та сульфідизацією зон метасоматозу вздовж протяжних зон розломів у межах Українського щита та областей поширення графітизованих гнейсів і сланців. Природа аномалії електропровідності, з одного боку, може бути пов'язана з підвищеною проникністю порід, в області яких розвиваються флюїдні системи та виникає їх міграція, що спричиняє утворення родовищ вуглеводнів, з іншого, пояснюється як результат «вуглеводневого дихання Землі». У межах проекцій на земну поверхню геоелектричних неоднорідностей розташовується більшість залізорудних родовищ переважно карбонатно-залізисто-кремнисто-метабазитової і залізистокремнистої формацій, що містять прояви рудної мінералізації.

Практичне значення одержаних результатів. Отримані дані щодо розподілу геоелектричних неоднорідностей земної кори та мантії по вертикалі і латералі практично можуть бути використані для побудови моделей глибинних геологічних і геотектонічних процесів, які відбувались або відбуваються, з метою прогнозування рудо- та вуглеводнених проявів родовищ корисних

копалин. Геоелектричні моделі земної кори та верхньої мантії, а також отримані висновки щодо природи провідників у корі та верхній мантії можуть бути безпосередньо використані для побудови прогнозних металогенічних карт і схем сейсмічної безпеки території України.

Впровадження результатів. Результати запропонованої технології електромагнітних досліджень використовуються в учбовому процесі ННІ «Інститут геології» Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Науково-практичні розробки автора застосовуються в дослідженнях Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна, УкрНДМІ (Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка), Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору та інших установах НАН України, а також у виробничому процесі ПрАТ «Геофізичне обладнання Надра», Британсько-Українській компанії «Mouchel-IRE», ТОВ «Придніпровська гірничо-хімічна корпорація».

Основні положення роботи і результати досліджень опубліковані претендентом у 27 наукових працях (в т.ч. 17 публікаціях, які включено до міжнародних наукометричних баз Scopus та Web of Science). Згідно з базою даних Web of Science загальна кількість посилань складає 39, h-індекс (за роботою) – 3. Згідно з базою даних Scopus загальна кількість посилань складає 31, h-індекс (за роботою) – 3. Згідно з базою даних Google Scholar загальна кількість посилань складає 89, h-індекс (за роботою) – 5.

Доктор геологічних наук, старший дослідник,
старший науковий співробітник
Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України

Антон КУШНІР