

Чемерпільська гравімагнітна аномалія як сучасне відображення унікальної докембрійської вулкано-плутонічної магнетито-золоторудної структури Українського щита (Середнє Побужжя)

В.А. Єнтін¹, В.М. Павлюк¹, **В.В. Кислюк¹**, М.І. Бакаржієва²,
С.В. Мичак², О.Б. Гінтов², 2024

¹Державне підприємство «Українська геологічна компанія», Київ, Україна

²Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, Київ, Україна

Надійшла 9 квітня 2024 р.

Стаття присвячена особливостям генезису та мінералогічного потенціалу Чемерпільської залізо-магнетитової структури, її відмінності від інших подібних об'єктів Середнього Побужжя. Як самостійний геолого-геофізичний об'єкт вона була встановлена за даними гравіметричного та магнітометричного знімання середнього масштабу у вигляді комплексного локалізованого максимуму субізометричної форми діаметром 1,7 км, площею 2,8 км². У регіональному структурно-тектонічному відношенні цей максимум приурочений до Синицівського блока Голованівської шовної зони. На сьогодні Чемерпільська структура доволі добре досліджена картувальним бурінням і різнобічними геофізичними методами на рівні поверхні кристалічного фундаменту. За отриманими даними визначено основні петрофізичні комплекси, що беруть участь у її будові. Промислово-мінералогічний потенціал структури за розрахунками становить 100 млн т магнетитових кварцитів і карбонатних утворень, а також 2 т екзогенного золота у корі вивітрювання. Оцінювання корінних покладів золота не проводили. У корі вивітрювання та кристалічному фундаменті виявлена мідна мінералізація, представлена самородною міддю, халькопіритом і халькозином. За структурно-тектонічними ознаками, петрофізичним і мінералогічним розмаїттям досліджувана структура може бути віднесена до локальних трубних вулканоматичних об'єктів. Її найближчими добре вивченими геологічними аналогами можуть бути такі докембрійські «стратифіковані» залізооксидно-золото-мідні родовища, як Салобо та інші рудного району Каражас у Бразилії. Для геологічної верифікації нових висновків щодо особливостей будови Чемерпільської структури та її дійсного рудного потенціалу необхідно продовжити її вивчення на базі насамперед даних цільового структурно-пошукового буріння і глибинних методів сейсмозв'язки та електророзвідки. Економічна ефективність видобутку основних корисних компонентів цієї структури — золота та магнетитового заліза — може бути підвищена в разі супутнього використання нерудних кальцифірів для виготовлення агломераційного флюсу, розкислення ґрунтів, сировини для автодорожнього покриття.

Ключові слова: Український щит, Середнє Побужжя, магнетито-золоторудна структура, с. Чемерпіль.

Останнім часом суттєва увага геолого-геофізичної спільноти України приділяється вивченню об'єктів, які за особливостями своєї будови можуть бути віднесені

Citation: Yentin, V.A., Pavlyuk, V.M., Kyslyuk, V.V., Bakarzhieva, M.I., Mychak, S.V., & Gintov, O.B. (2024). The Chemerpil gravimagnetic anomaly as a modern reflection of the unique Precambrian volcanic-plutonic magnetite-gold mineralisation structure of the Ukrainian Shield (Middle Bug area). *Geofizychnyi Zhurnal*, 46(5), 52—72. <https://doi.org/10.24028/gj.v46i5.301568>.

Publisher Subbotin Institute of Geophysics of the NAS of Ukraine, 2024. This is an open access article under the CC BY-NC-SA license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).

до локальних структур глибинної дегазації Землі, проявів різновікової вулканомагматичної діяльності та різнобічних процесів рудної мінералізації, що їх супроводжують [Очерки ..., 2018; Ентін и др., 2020; Єнтін та ін., 2023а,б]. До таких структур безумовно належить Чемерпільська структура, яка розміщується в районі Середнього Побужжя, на лівому березі р. Південний Буг, на південно-західній околиці с. Чемерпіль Голованівського району Кіровоградської області. Як самос-

тійний геолого-геофізичний об'єкт вона встановлена за даними гравіметричного і магнітометричного знімання середнього масштабу [Гинтов, Димитров, 1961] у вигляді комплексного локалізованого максимуму субізометричної форми діаметром 1,7 км, загальною площею 2,8 км². У регіональному структурно-тектонічному відношенні цей максимум приурочений до південно-західної частини Голованівської шовної зони, а саме її складової частини — Синицівського блока (рис. 1), який у цілому характеризується зниженим рівнем і спокійним характером аномального гравітаційного і магнітного полів.

Завдяки наявності в контурі аномалії інтенсивних локальних магнітних максимумів амплітудою 15—30 тис нТл структуру визнано перспективною на пошуки залізомагнетитових руд, що стало приводом для проведення детальної магніторозвідки і гравірозвідки з градієнтметром масштабу 1:5000, за результатами яких проводилось буріння пошукових свердловин [Богатырев и др., 1981]. Виконано також пошукові роботи на уран [Сыродоев, 1978].

Наступним приводом для продовження детального геолого-геофізичного вивчення Чемерпільської структури стала її промислова золотоносність, встановлена під час геологічного довивчення масштабу 1:50 000 Савранської металогенічної зони [Кислюк, 1998]. У межах Чемерпільської ділянки були проведені пошукові роботи на золото [Кислюк та ін., 2023]. З 1998 по 2020 р. тут було виконано пошукове буріння картувальних і структурних свердловин в супроводі польових геофізичних досліджень у складі площинно-профільних робіт методами електророзвідки ВП-СГ і ЗСБ, сейсморозвідки КМЗХ, а також профільних спостережень методами магніторозвідки та гравірозвідки, які доповнили дані раніше проведених тут площинних досліджень. Взагалі станом на сьогодні в межах Чемерпільської структури і її облямування пробурено 29 структурно-пошукових свердловин глибиною 270—430 м, 50 картувальних свердловин завглибшки 130 м і 281 свердловину КГК (з гідротранспортом керна),

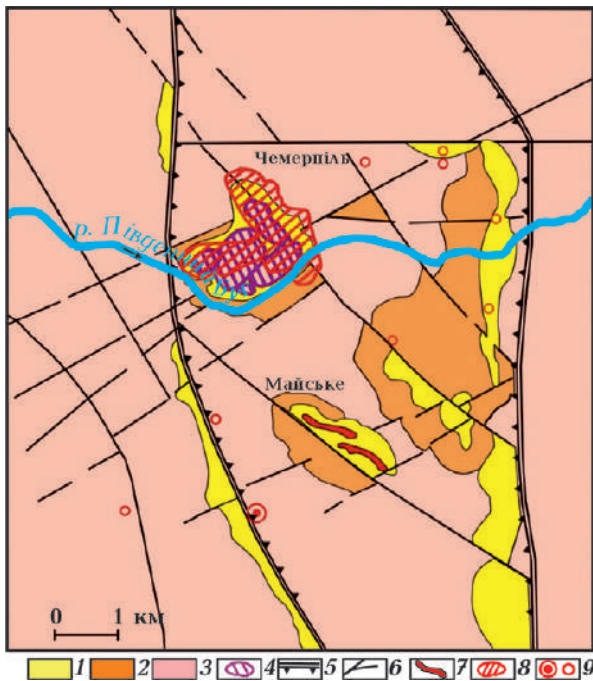


Рис. 1. Геологічна схема Савранського золоторудного поля, за [Кислюк та ін., 2023]: 1 — метаморфіти бузької серії; 2 — гранітоїди бузького комплексу; 3 — гранітоїди бердичівського комплексу; 4 — овальні структури, що містять магнетитовмісні тіла Чемерпільської структури; 5 — бортові шви Тальнівської зони розломів; 6 — розломи вищих порядків; 7 — золоторудні зони Майського родовища; 8 — ореол корінного золота Чемерпільської структури; 9 — рудопрояви (малі кружки) та аномалії золота (подвійні кружки).

Fig. 1. Geologic scheme of the Savransk gold field, after [Kyslyuk et al., 2023]: 1 — metamorphites of the Bug series; 2 — granitoids of the Bug complex; 3 — granitoids of the Berdychiv complex; 4 — oval magnetite containing bodies of the Chemerpil structure; 5 — side seams of the Talniv fault zones; 6 — higher-order faults; 7 — gold-bearing zones of the May deposit; 8 — halo of native gold of the Chemerpil structure; 9 — ore occurrences (small circle) and gold anomalies (double circle).

зупинених у низах кори вивітрювання. Тільки в межах останніх пошукових робіт на золото з керн свердловин відібрано 13 628 проб на спектральний і золотоспектрометричний аналіз, виконано 1146 пробірних, 433 мінералогічні, 1080 петрографічних аналізів, проведено лабораторно-технологічні дослідження проб.

Такий довготривалий широкий комплекс геолого-геофізичних досліджень, проведених на площі Чемерпільської структури, ставить її в один ряд найбільш вивчених локальних геологічних об'єктів Українського щита (УЩ). Проте зроблені на цій підставі геологічні висновки високого

ступеня вірогідності можна віднести лише до особливостей будови товщі пухких відкладів, що перебиває кристалічний фундамент. На жаль, за весь цей час так і не було зроблено спроби вивчення Чемерпільської структури глибинними геофізичними методами (сейсморозвідкою МВХ-ЗГТ, електророзвідкою МТЗ). Дві структурно-пошукові свердловини завглибшки 290 і 430 м, пробурені тут з метою пошуків магнетитового заліза [Бога-тырев и др., 1981], як і інші свердловини колонкового буріння, за низкою об'єктивних і суб'єктивних причин стали мало інформаційними навіть для достовірного

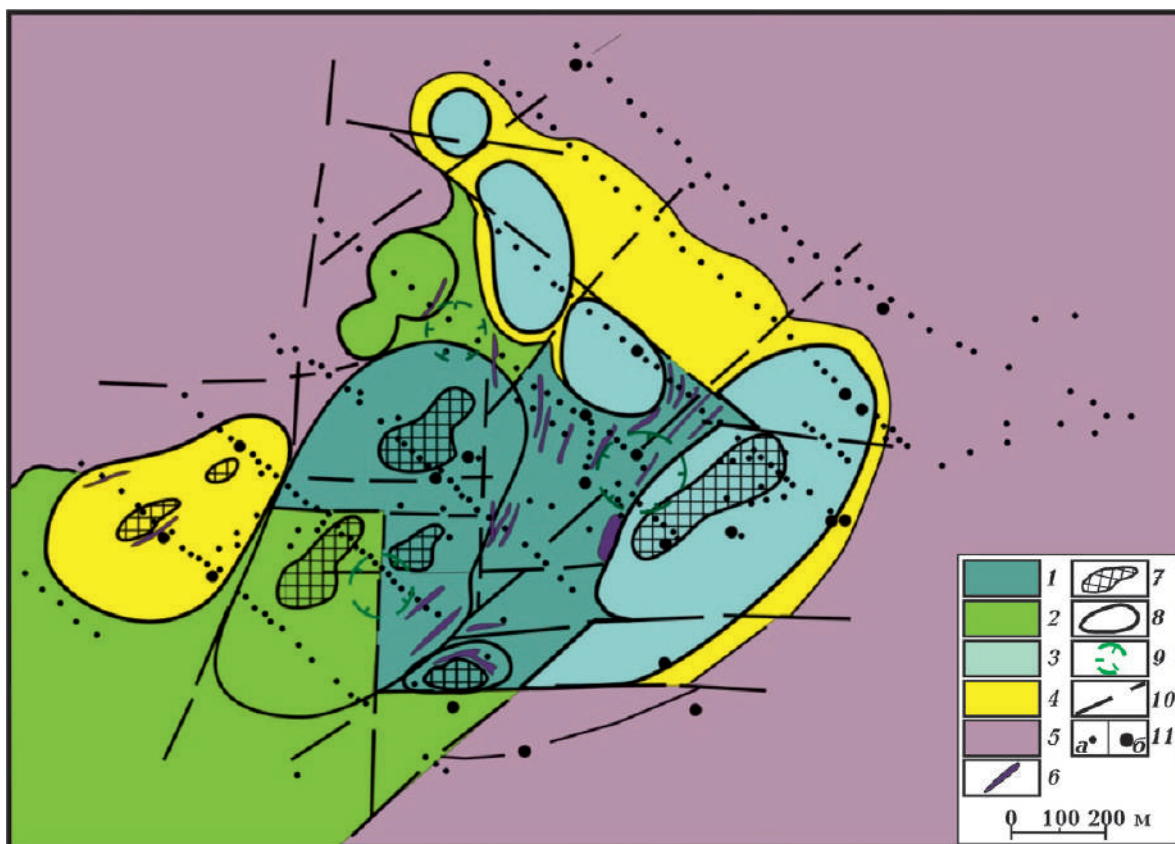


Рис. 2. Структурно-геологічна схема Чемерпільської аномалії. Субстрат овальних структур і вмісного середовища: 1 — метагабродний; 2 — метакристалосланцевий; 3 — кальцифір-кварцитовий; 4 — гнейсо-кварцитовий; 5 — вмісний гранітоїдний; 6 — лінзи (дайки?) метаморфізованих піроксенітів; 7 — магнетитові скарни, кварцити, кристалосланці з промисловим вмістом заліза; 8 — контур овальної структури; 9 — позитивна гравітаційна аномалія; 10 — тектонічна зона; 11 — свердловини (а — картувальні, б — структурно-пошукові).

Fig. 2. Formation and geological scheme of the Chemerpil structure. Substrate of oval structures and containing their environment: 1 — metagabbroic, 2 — metacrystalline, 3 — calcifer-quartzite, 4 — gneiss-quartzite, 5 — containing granitoid, 6 — lenses (dikes?) of metamorphosed pyroxenites, 7 — magnetites karns, quartzites, crystalline schists with commercial iron content, 8 — contours of oval structures, 9 — positive gravity anomalies, 10 — tectonic zones, 11 — wells (a — mapping, b — structural prospecting).

оцінювання її залізорудного потенціалу, а тим більше для розуміння генезису і особливостей глибинної будови. До таких негативних факторів вивчення Чемерпільської структури можна віднести складний мозаїчний характер її внутрішньої будови (рис. 2), в тому числі строкатість речовинного складу на рівні верхів кристалічного фундаменту; неможливість оптимального розміщення структурних і пошукових свердловин в умовах околиці села; організаційно — кадрові і фінансові негаразди геологічної служби в останні десятиліття.

Мета цієї роботи — перегляд і переінтерпретація комплексу геолого-геофізичних даних, а також критичний аналіз і доповнення деяких висновків минулих

досліджень, а можливо, і виправлення явних недоглядів. У статті крім власних інтерпретаційних даних використані карти і рисунки (з доповненнями авторів) та інші матеріали, що відносяться до Чемерпільської структури, а саме: рис. 1—4, 6—10, за [Кислюк та ін., 2023], рис. 5, за [Богатырев и др., 1981].

Найбільш повно особливості внутрішньої будови Чемерпільської структури на рівні поверхні кристалічного фундаменту відображаються в характерних особливостях аномального магнітного поля (рис. 3, а, б) тяжіння (рис. 4, а, б), і, меншою мірою, полях аномалій сили тяжіння. Остання обставина обумовлена накладанням ефекту від значного і різкого колювання потуж-

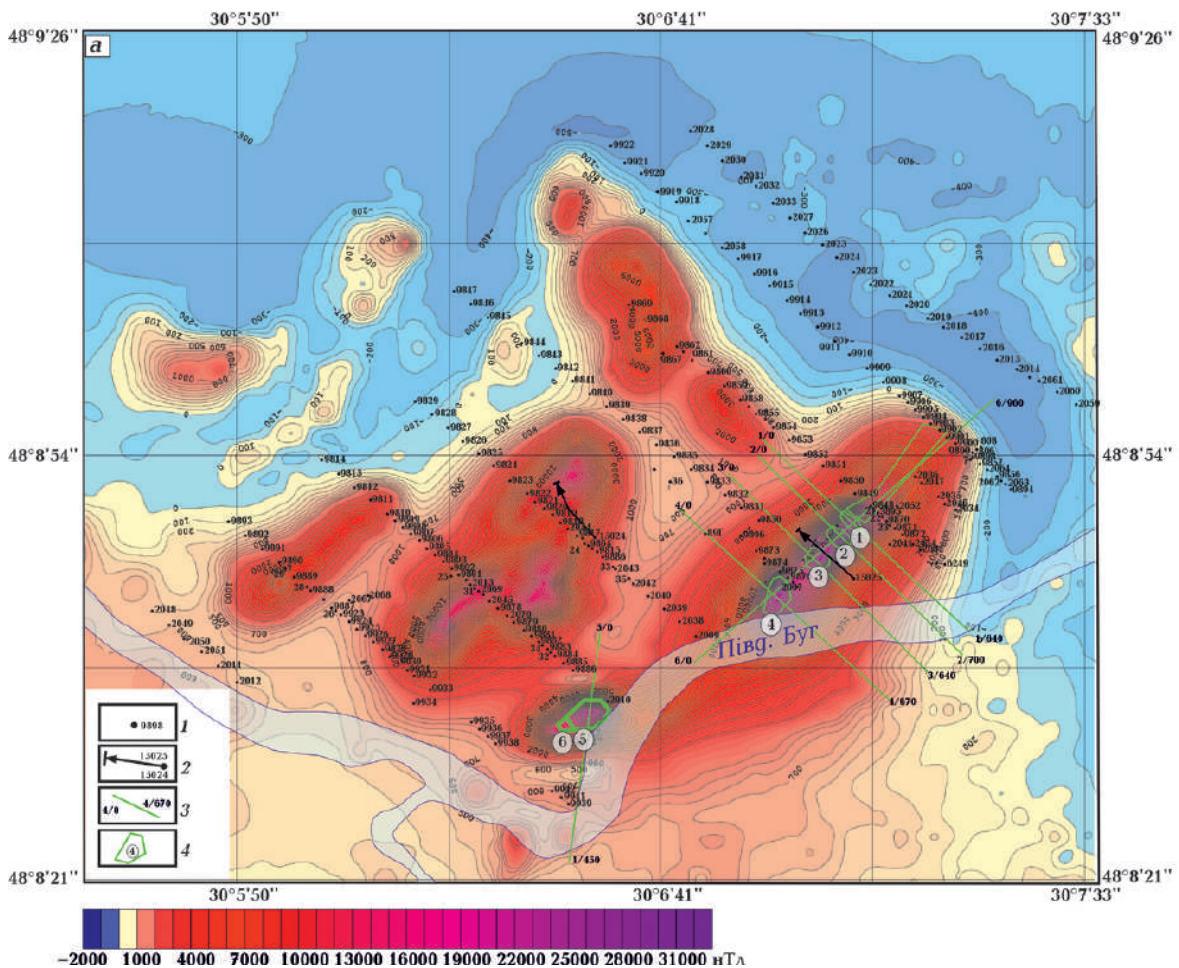


Рис. 3. Карти аномального магнітного поля ΔZ_a (а) і локальних магнітних аномалій $\Delta Z_{a, \text{лок}}$ (радіус осереднення 200 м) (б) Чемерпільської структури, нТл: 1 — свердловина та її номер (КГК і структурні); 2 — горизонтальні проєкції на денну поверхню прокладення стовбурів свердловин 15025 і 15024; 3 — розрахунковий профіль; 4 — проєкція верхнього обмеження магнітного тіла (результати моделювання див. на рис. 9).

ності кори вивітрювання, що затушовує густинні неоднорідності порід кристалічного фундаменту.

Аномальне магнітне поле Чемерпільської структури має зовсім не типовий для переважної більшості залізорудних утворень Середнього Побужжя крупномозаїчний характер, сформований, головню, значною кількістю локальних максимумів овальної форми амплітудою на рівні 3—30 тис. нТл. Серед них найбільшої уваги заслуговують локальні екстремуми великої інтенсивності, які з певною умовністю можливо об'єднати в дві рознесені між собою на відстань приблизно 500 м смуги північно-східного простягання. Східна з них протяжністю близько 1 км вміщує

близько 10 локальних максимумів дуже великої амплітуди (25—30 тис. нТл). У південній частині смуга занурюється під русло р. Південний Буг. Уся північна частина цієї магнітної смуги збігається із зоною локальних максимумів аномалій сили тяжіння субізометричної форми. Західна смуга магнітних аномалій має меншу протяжність та інтенсивність (18—20 тис. нТл), але більш складну внутрішню структуру, яка сформована трьома відокремленими і зміщеними один відносно одного локальними максимумами. Більш складно вона проявлена і в полі аномалій сили тяжіння (рис. 4, б).

Звичайно така велика амплітуда магнітних аномалій в умовах Середнього Побуж-

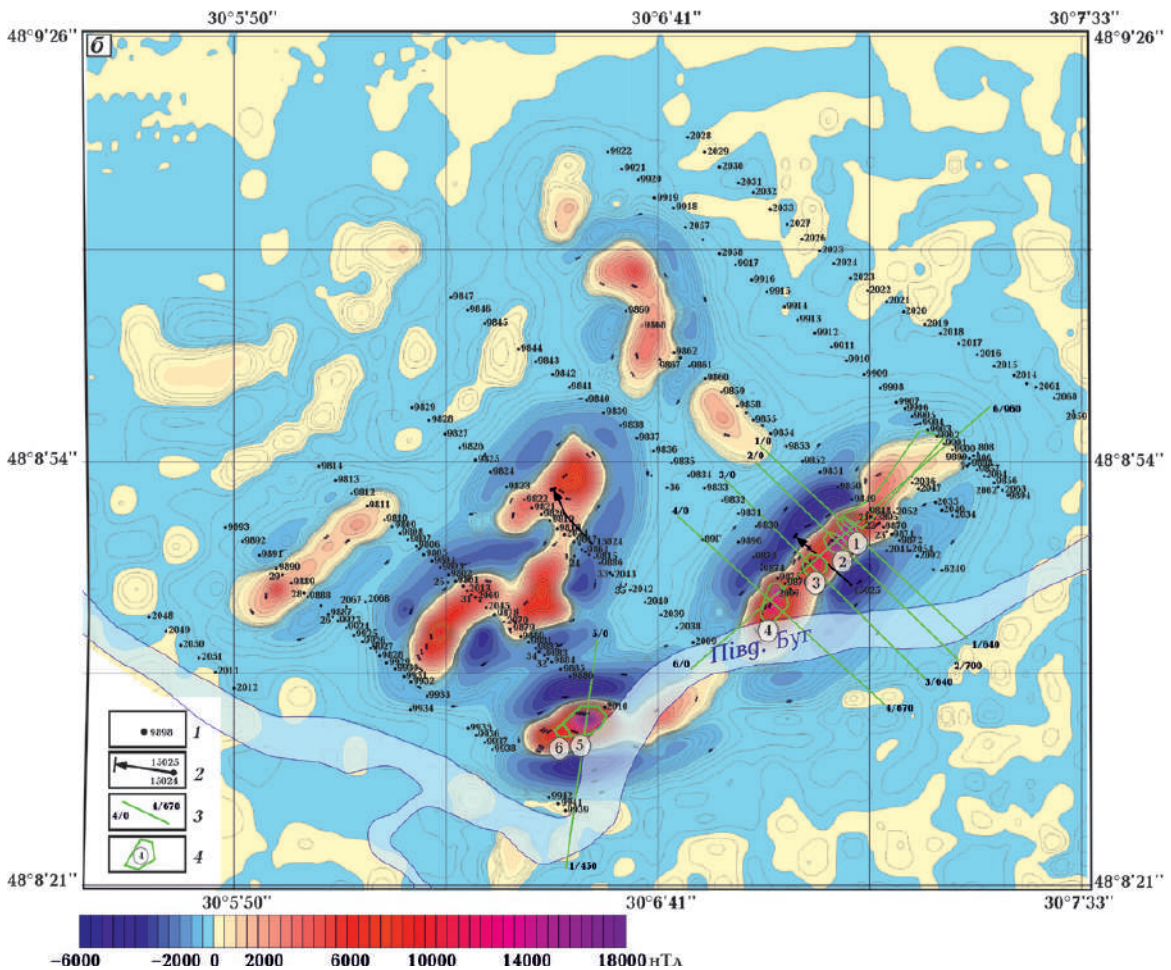


Fig. 3. Maps of anomalous magnetic field ΔZ_a (a) and local magnetic anomalies $\Delta Z_{a,loc}$ (200 m radius of averaging) (b) of the Chemerpil structure in the nTl: 1 — wells and their numbers (CGC and structural); 2 — horizontal projections on the bottom surface of layout of boreholes of wells 15025 and 15024; 3 — calculated profiles; 4 — projections of the upper boundary of magnetic bodies (see Fig. 9 for modeling results).

зя може бути обумовлена тільки породами, насиченими магнетитом [Ентин, 1987; Гинтов и др., 2016]. З метою оцінювання промислової перспективності магнетитового заліза на Чемерпільській ділянці були пробурені дві похилі структурно-пошукові свердловини 15024 і 15025. При цьому була прийнята концепція щодо східного падіння всього розрізу кристалічних утворень на площі Чемерпільської структури, тому похиле буріння виконувалося в західних азимутах. Проте результати геофізичної інтерпретації східної смуги магнітних аномалій високої інтенсивності, всупереч наведеному на рис. 5 геологічному розрізу, свідчать про їх круте, але західне падіння, тобто буріння св. 15025 виконано вздовж

напрямку генеральної шаруватості кристалічних утворень.

Не було також враховано, що більшість кристалічних порід Чемерпільської ділянки високого ступеня намагніченості та густини формують не лінійні пластові, а переважно штокоподібні овального перерізу структури з можливими боковими штокверками або взагалі представлені морфотипами діатремного типу, на що вказує характер магнітного і гравітаційного полів, особливо їх 3D зображення (рис. 6). Тому на західній смузі похилою свердловиною 15024, пройденою фактично в проміжку між двома локальними максимумами (див. рис. 3, а, б) у розрізі гранітогнейсових утворень було встанов-

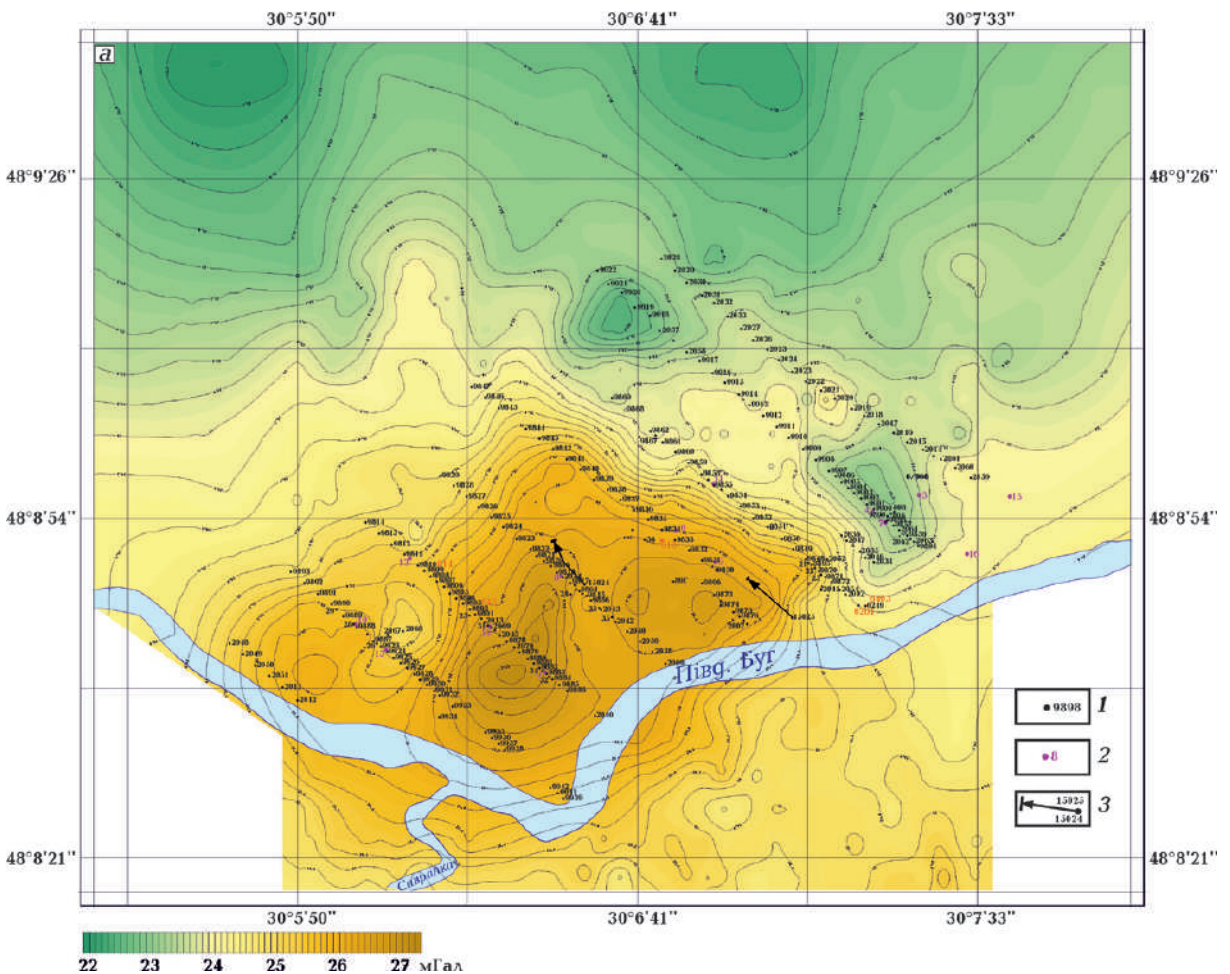


Рис. 4. Карти аномалій Буге ($\sigma=2,3 \text{ г/см}^3$, рівень умовний) (а) і локальних гравітаційних аномалій (радіус осереднення 200 м) (б) Чемерпільської структури: 1 — свердловина КГК-100 та її номер; 2 — структурна свердловина та її номер; 3 — проєкції на земну поверхню горизонтального проложення стовбурів свердловин 15025 і 15024.

лено лише два рудних перетини залізистих кварцитів незначної потужності (13 і 19 м) із середнім вмістом магнетитового заліза 17,43 %. На східній смузі свердловиною 15025, заданою також у зоні пережуму магнітної аномалії (див. рис. 3, а, б), був перетнутий пласт кальцифірів потужністю 180 м (див. рис. 5), в якому зустрінуті тільки бідно збагачені магнетитом одиничні карбонатні прошарки. При цьому було зроблене зовсім не обґрунтоване характером магнітного поля припущення, що багаті карбонатно-магнетитові руди знаходяться східніше св. 15025. Водночас у тій самій свердловині, в проміжку глибин 12,5—43,5 м, були розкриті бурі залізняки з високим вмістом (56,6 %) загального залі-

за (див. рис. 5), а за результатами валового опробування цього інтервалу встановлений, пізніше детально так і не завірений, вміст золота 0,47 г/т [Богатырев и др., 1981].

Таким чином, у результаті неоптимального розміщення пошукових свердловин встановлені в східній смузі карбонатні породи визнані придатними лише для використання як агломераційний флюс, а прогнозне оцінювання промислових ресурсів залізистих кварцитів 31 млн т [Богатырев и др., 1981] у 2 рази менше порівняно з пізнішими геофізичними розрахунками [Єнтин, 1987].

Крім зазначених вище двох смуг магнітних аномалій вздовж північного краю Чермерпільської структури спостережена

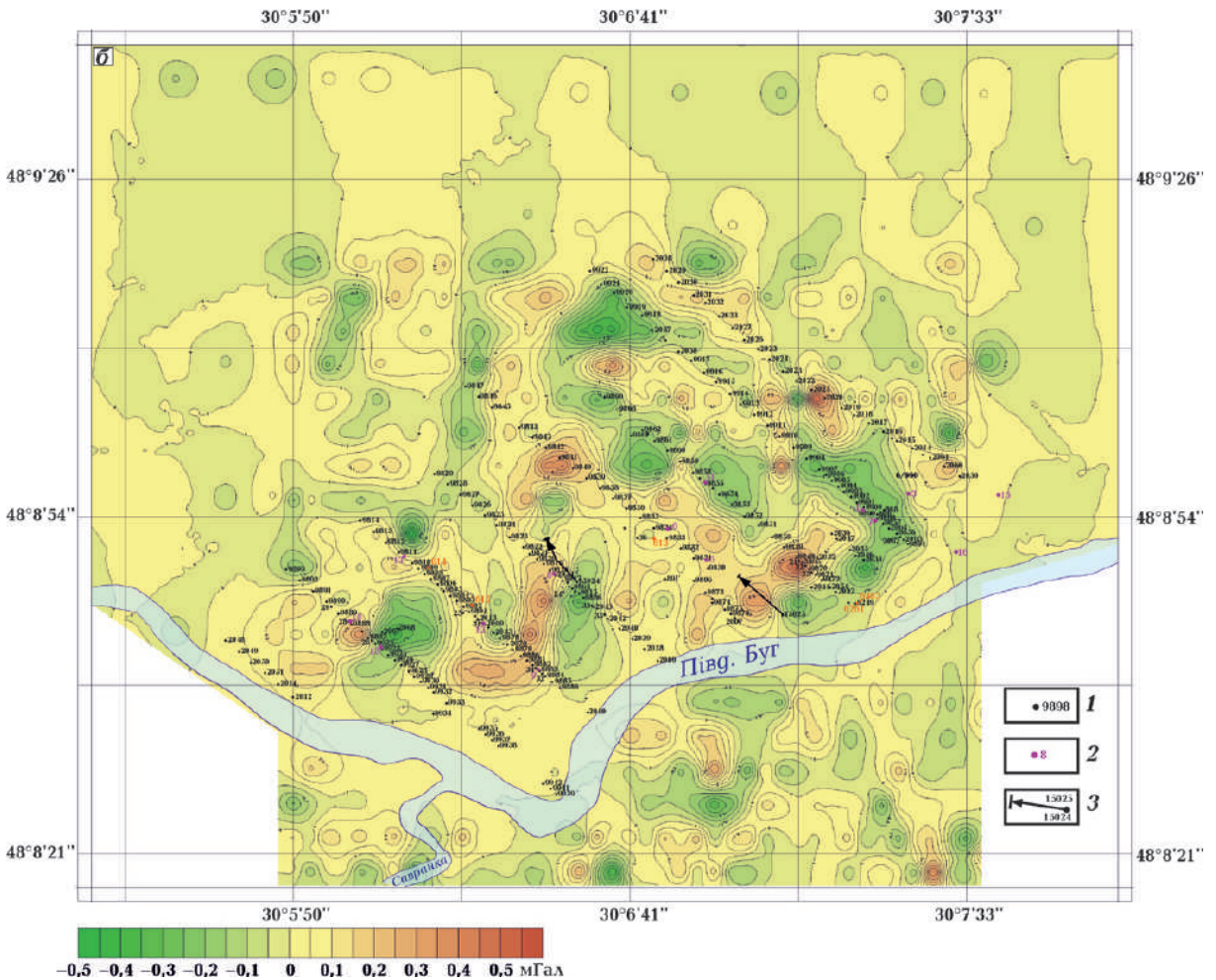


Fig. 4. Maps of Bouguer anomalies ($\sigma=2,3 \text{ g/cm}^3$, conventional level) (a) and local gravity anomalies (200 m averaging radius) (b) of the Chemerpil structure: 1 — wells КГК-100 and their numbers; 2 — structural wells and their numbers; 3 — projections on the day surface of the horizontal layout of boreholes 15025 and 15024.

ще одна смуга магнітних аномалій овальної форми протяжністю 0,6 км, яка сформована чотирма кулісоподібно розміщеними локальними магнітними максимумами амплітудою 2—6 тис. нТл. Їхня геологічна природа обумовлена переважно магнетитовмісними силіманіт-біотитовими гнейсами і кальцифірами. При цьому гнейси зазвичай перетворені у вторинні кварц-

силіманіт-мусковітові кварцити, часто з турмаліном (грейзени). Кальцифіри інтенсивно скарновані, аж до появи халцедону, хлориту серициту і вторинного карбонату (анкериту). Незважаючи на доволі значну інтенсивність прояву в магнітному полі, цій смузі відповідає лінійний мінімум сили тяжіння, обумовлений розвитком тут потужної (60—80 м) лінійної кори вивітрювання (рис. 7). Виявлені геолого-геофізичні ознаки будови північних країв Чермерпільської структури однозначно засвідчують глибинний розломний характер обмеження її контактів із вмісним середовищем. В окремих випадках, особливо на північному і північно-східному флангах структури, із зонами гравітаційних мінімумів північно-західного простягання пов'язані золотоносні ділянки як у корі вивітрювання, так і у фундаменті.

Такий самий тектонічний характер контакту Чермерпільської структури спостерігається за геофізичними ознаками вздовж її північно-західного флангу. Тектонічний характер південно-західного і південно-східного контакту цієї структури із вмісним субстратом крім геолого-геофізичних ознак підкреслюється також відповідним вигином русла р. Південний Буг. Спостерігається тут і густа внутрішня мережа тектонічних порушень вищого порядку.

Зазначені структурно-тектонічні елементи у сукупності утворюють зовнішнє облямування Чермерпільської структури, формуючи таким чином її ізометричну морфоформу, близьку до ромбічної. Саме зонально-ізометричний тектонічний характер у сукупності з магнітним полем складної будови і є головною рисою цієї структури, яка вирізняє її серед інших залізомагнетитових об'єктів Середнього Побужжя.

Багатоетапна тектонічна активність і різноманітність кристалічних порід сприяли широкому поширенню кори вивітрювання різної потужності, морфологічних і мінералогічних типів. Загалом потужність крихких відкладів у межах Чермерпільської структури, безвідносно до складу кристалічних порід, становить у середньому 20—

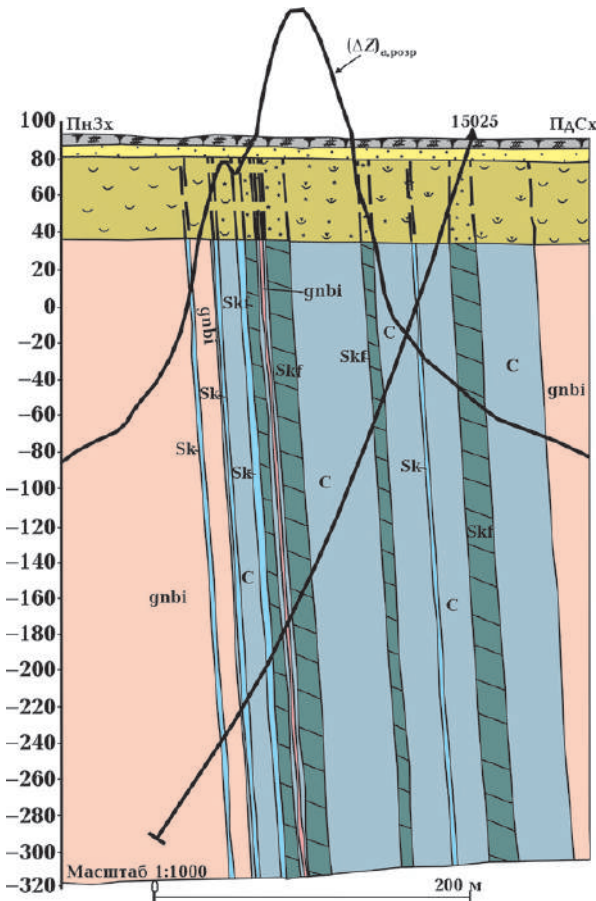


Рис. 5. Геологічний розріз Чермерпільської структури, розкритий св. 15025, за [Богатырев и др., 1981] (південно-східне падіння порід на розрізі помилкове). Горизонтальні відклади (зверху до низу): шар ґрунту, шар піщано-глинистих відкладів, кора вивітрювання. Кристалічні породи: gnbi — гнейси біотитові, c — кальцифіри, Skf — магнетитовмісні скарновані кальцифіри.

Fig. 5. Geological section of the Chemerpil structure, opened by wells 15025, according to [Bogatyrev et al., 1981] (southeast fall of rocks in the section is false). Horizontal sediments (top to bottom): soil layer, sandy clay layer, weathered crust. Crystalline rocks: gnbi — gneisses biotite, c — calcifers, Skf — magnetite-containing scarved calcifers.

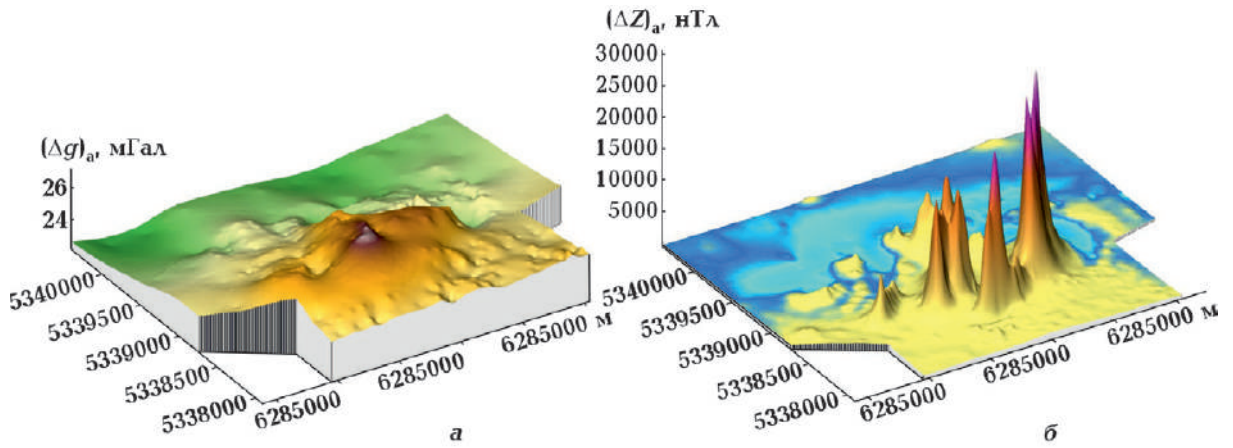


Рис. 6. 3D зображення аномального гравітаційного поля (редукція Буге) (а) та аномального магнітного поля (б) Чемерпільської структури.

Fig. 6. 3D images of the anomalous gravity field (Bouguer reduction) (a) and anomalous magnetic field (b) of the Chemerpil structure.

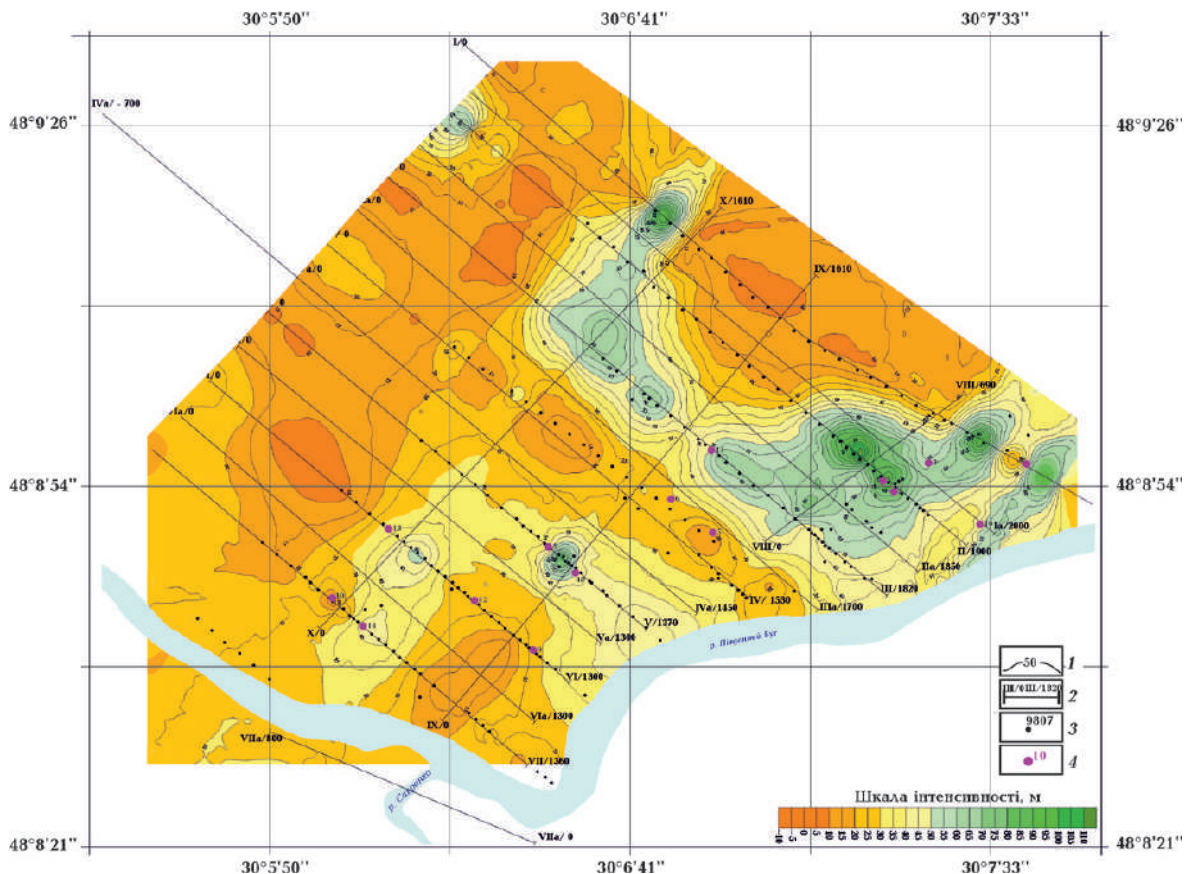


Рис. 7. Карта ізопакіт осадових відкладів і кори вивітрювання в межах Чемерпільської структури за даними методу КМЗХ і свердловин КГК-100. Масштаб 1:5000: 1 — ізопіси поверхні кристалічних порід; 2 — сейсмозрозвудувальні профілі (III — номер профілю, 0—1820 — номер пікету); 3 — свердловини КГК-100; 4 — структурна свердловина та її номер.

Fig. 7. Isopachite map of sediments and weathering crust within the Chemerpil structure based on the data from the CMRW method and КГК-100 wells. Scale 1:5000: 1 — isohypses of the surface of crystalline rocks; 2 — seismic exploration profiles (III — profile number, 0—1820 — picket number); 3 — КГК-100 wells; 4 — structural wells and their numbers.

30 м. На цьому фоні вирізняються означені вище дві наскрізні тектонічні зони, які обмежують Чемерпільську структуру на півночі і заході та супроводжуються збільшенням потужності кори вивітрювання. Специфічною прикметою на цій ділянці, не характерною для інших залізородних структур Побужжя, є наявність на поверхні кристалічного фундаменту локальних западин, заповнених продуктами вивітрювання завглибшки 100 м і більше. Переважно вони зосереджені в межах північно-західної потужної тектонічної зони. Виявлені подібні западини безпосередньо

і в центральній частині структури (рис. 7). Їхня природа не пояснюється приналежністю до кристалічних порід певного складу або тектонічних вузлів. Можливо, їх виникнення пов'язане з наявністю в межах Чемерпільської структури локальних розущільнених осередків каналної глибинної дегазациї підвищеної активності. На такий висновок наводить суцільна золотонність усього розрізу потужної (понад 100 м) западини майже в центрі цієї структури, заповненої корою вивітрювання магнетитовмісних порід базитового складу і кальцифірів (рис. 7, св. 8- 48, рис. 8).

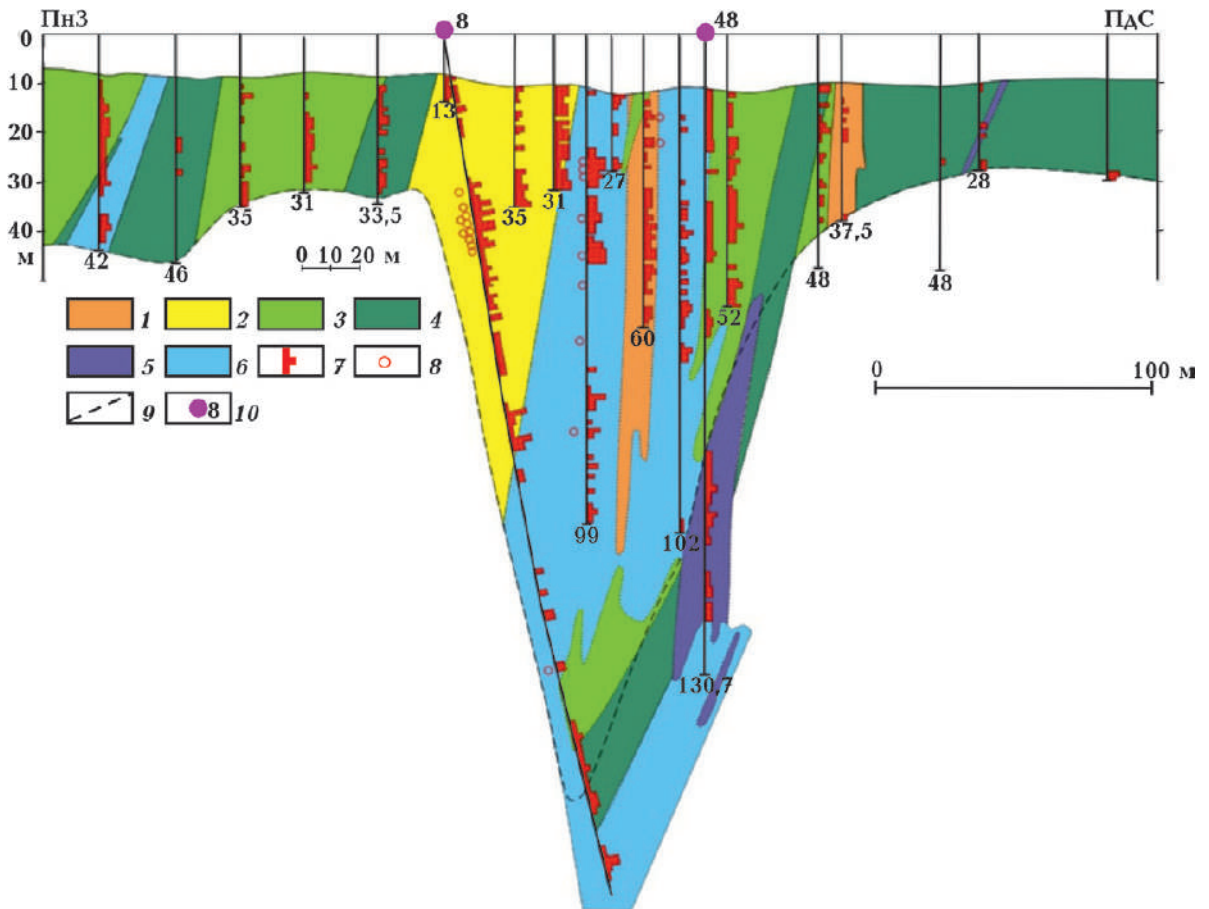


Рис. 8. Центральний рудопрояв золота і міді Чемерпільської структури. Ймовірні породи кори вивітрювання: 1 — гранітоїди, 2 — кварцити, 3 — кристалосланці, гнейси гранат-біотитові, 4 — амфіболіти, 5 — піроксеніти, 6 — кальцифіри, скарни, 7 — вміст валового золота (г/т); у розрізах свердловин, відповідно: 0,005—0,007; 0,01—0,07; 0,1—0,9; $\geq 1,0$; 8 — знахідки самородного золота; 9 — нижня границя кори вивітрювання; 10 — структурні свердловини та їхні номери (див. рис. 7).

Fig. 8. Centralore manifestation of gold and copper of the Chemerpil structure. Probable primary weathering crustal rocks: 1 — granitoids, 2 — quartzites, 3 — crystallines chists, garnet-biotite gneisses, 4 — amphibolites, 5 — pyroxenites, 6 — calcifiers, skarns, 7 — gross gold content in drill holes, respectively: 0.005—0.007; 0.01—0.07; 0.1—0.9; ≥ 1.0 (g/t), 8 — finds of native gold, 9 — lower boundary of the weathering crust; 10 — structural wells and their numbers (see Fig. 7).

Породний субстрат, в якому розміщується Чемерпільська структура, представлений біотитовими плагіомігматитами побузького комплексу палеопротерозою. На контактах з породами структури гранітоїди нерідко катаклазовані, мікроклінізовані і хлоритизовані, мусковітизовані і сульфідизовані. Загалом усі породи, що вміщують структуру, зазнали гідротермально-метасоматичних змін — передусім розкиснення при окварцюванні, мікроклінізації, ослуденінні. У зонах ендоконтакту Чемерпільської структури відбуваються процеси діафторезу в умовах амфіболітової і епідот-амфіболітової фацій (заміщення олівину піроксенами і флогопітом, піроксенів — амфіболами, амфіболів — біотитом, силіманіту — ставролітом, розкиснення плагіоклазів тощо). Досі не дослідженим є явище метасоматичного перетворення первинних метабазитів у гранат-амфібол-біотитові плагіогнейси з високим «реліктовим» вмістом хрому, нікелю, кобальту, титану. На різних етапах в тектонічних зонах утворювалися двопольовошпатові біотитові апліто-пегматоїдні граніти, збагачені турмаліном, а також гранітизовані ділянки, збагачені мусковітом, турмаліном, серицитом і сульфідами (березити?). Свердловинами в межах Чемерпільської структури серед базитового субстрату пройдені рідкісні для УЩ гранатові і кварц-гранатові амфіболіти. Особливості їхнього речовинного складу засвідчують первинно магматичний генезис вихідних порід. Досліджувані метабазити належать до пізніх диференціатів, які були перетворені в умовах середньої та високої амфіболітової фації метаморфізму [Гаценко, 2012]. На ймовірність молодих гідротермально-метасоматичних процесів указує і наявність зафіксованих спектральним аналізом аномалій руті.

У будові Чемерпільської структури, за даними праці [Кислюк та ін., 2023], спостерігається певна площова зональність щодо базитості, яку за відсутності достатньої кількості хімічних аналізів порід визначали за вмістом малорухливого при метаморфізмі хрому. Максимально базитовою

(метагаброїдною) є центральна частина структури, субстрат якої насичений пластоподібними тілами метаморфізованих (амфіболізованих) піроксенітів з підвищеним вмістом титану. За даними роботи [Павлюк, 2010] вони інтерпретуються як ймовірні підвідні дайки головного апарату архейського палеовулкана (див. рис. 2). На півночі базити різко обриваються згаданою вище січною розломною зоною північно-західного простягання, а на південний схід відбувається їх поступове зменшення. Східна й усі північні овальні морфоструктури вже є не базитовими, а карбонатними і карбонатно-крем'янистими. Північно-західне облямування структури суттєво крем'янисте (лейкократові біотитові гнейси). Нагадаємо, що, як зазначено вище, за геолого-геофізичними даними високомагнітні крем'янисті утворення західної смуги магнітних аномалій та кальцифіри східної смуги мають зустрічне центриклінальне падіння щодо базитового ядра Чемерпільської структури магматичного генезису. Суттєві відмінності в хімізмі і структурних особливостях окремих морфоструктур можна пояснити лише наявністю кількох підвідних вулканічних каналів і їх діяльності на декількох етапах. Це є відмінністю будови Чемерпільської структури відносно будови інших добре вивчених залізо-карбонатно-крем'янистих структур Середнього Побужжя, які складаються лише з одного-двох видовжених ймовірних вулканічних каналів. Постійна наявність кальцифірів Чемерпільської структури в розрізах кристалічних порід первинно магматичного генезису веде до сумнівів щодо віднесення цих утворень до стратифікованої хащувато-заваллівської світи бузької серії неоархею. Подібне питання вже піднімалося під час розгляду будови і походження порід Молдовської залізорудної структури [Єнтин і др., 2015]. Про можливість віднесення розвинених в ній карбонатних порід до карбонатитів писали В.Ф. Богатирьов, О.О. Юшин, О.В. Усенко [Богатирев і др., 1974, 1981; Юшин, 2007, 2015; Усенко, 2015].

Доречно зазначити, що серед двох де-

сятків детально вивчених магнітних аномалій великої інтенсивності Середнього Побужжя, лише у чотирьох з них, а саме Молдовської, Чермерпільської, Вільшанської і Слюсарівської, геологічна природа обумовлена магнетитовмісними кварцитами і кальцифірами. Характерно, що тільки в утворенні саме останніх трьох, приурочених до Синицівського блока, переважну роль відіграють кальцифіри з великим вмістом магнетиту [Ентин, 1987].

Всі зазначені вище обставини безперечно вказують на те, що в цілому Чермерпільська структура утворилася і поетапно розвивалася в украї тектонічно-нестабільному середовищі, що зумовило дво- або триканальну і строкату за хімізмом будову вулканічного апарату, строкатість породного складу і широкий набір корисних копалин. Серед останніх промислові перспективи мають магнетитовмісні залізисті кварцити і кальцифіри, а також золотоносність у корінних породах і корях вивітрювання.

Як зазначено вище, прогнозні ресурси магнетитових руд (31 млн т) у межах Чермерпільської структури, підраховані за даними буріння двох пошуково-структурних свердловин (15024 і 15025) до глибини 450 м, через низку помилок є вкрай заниженими. Проведені нами на підставі досвіду моделювання геологічного розрізу за апріорними геолого-геофізичними даними (з використанням програмно-алгоритмічного комплексу розробки 3D магнітних моделей [Завойский, 1978] та демоверсії програми POTENT (<https://www.geoss.com.au/index.html>)), у межах східної смуги магнітних аномалій, вздовж профілів 1—6 (див. рис. 3, а, б), були побудовані тривимірні моделі магнітних об'єктів. Виявлено, що найкраще спостереженому магнітному полю відповідає витягнута в смугу група із шести штокоподібних об'єктів високої намагніченості (рис. 9). Верхні краї п'яти з них досягають рівня поверхні кристалічного фундаменту, а шостий об'єкт (крайній північний в смугі) утворює «сліпу» клиноподібну структуру, яка поступово занурюється на північ. За нашими уявленнями,

отримані результати з високою ймовірністю можуть відображати характерні особливості залягання (морфоструктуру) розвинутих в межах східної смуги магнітних аномалій карбонатно-магнетитових руд з вмістом магнетитового заліза близько 23—25 %. На підставі отриманих геометричних параметрів п'яти магнітних об'єктів, що виходять на рівень поверхні кристалічного фундаменту, прогнозні ресурси цього типу залізо-магнетитової руди до глибини 600 м оцінено в 40—45 млн т.

Необхідно також додатково врахувати ресурси бурих залізняків, виявлених св. 15025, а також потенційну можливість промислового освоєння руд більш глибинних горизонтів, в тому числі тіл «сліпого» залягання. За цих умов навіть з урахуванням невіправдано заниженої оцінки пластової потужності залізистих кварцитів західної смуги магнітних аномалій, сумарні прогнозні ресурси залізо-магнетитових руд Чермерпільської структури складатимуть не менш як 100 млн т.

Промислові перспективи освоєння золотоносності Чермерпільської структури, як й інші питання, пов'язані з її рудогенезом, детально розглянуті в роботі [Кислюк та ін., 2023]. Тому з цього приводу наведемо тільки головне.

Золоторудна мінералізація встановлена як у корінних породах кристалічного фундаменту, так і в розвинутій над ними корі вивітрювання.

В корінних породах Чермерпільської структури золото пов'язане переважно із зонами, складеними окварцьованими, скарнованими кальцифірами, гранат-біотит-амфіболовими гнейсами і амфіболітами, залізистими кварцитами. Золото в рудних зонах тісно корелює лише з арсеном. Статистичнозначущими є також зв'язки з вісмутом, вольфрамом і сріблом (рис. 10). Виділено чотири такі мінералізовані зони, розташовані у південно-західній, центральній, північно- і південно-східній частинах Чермерпільської структури на контакті мінералізованих порід з породами рами. Рудні тіла в межах цих зон являють собою збагачені золотом ділянки серед тектоніч-

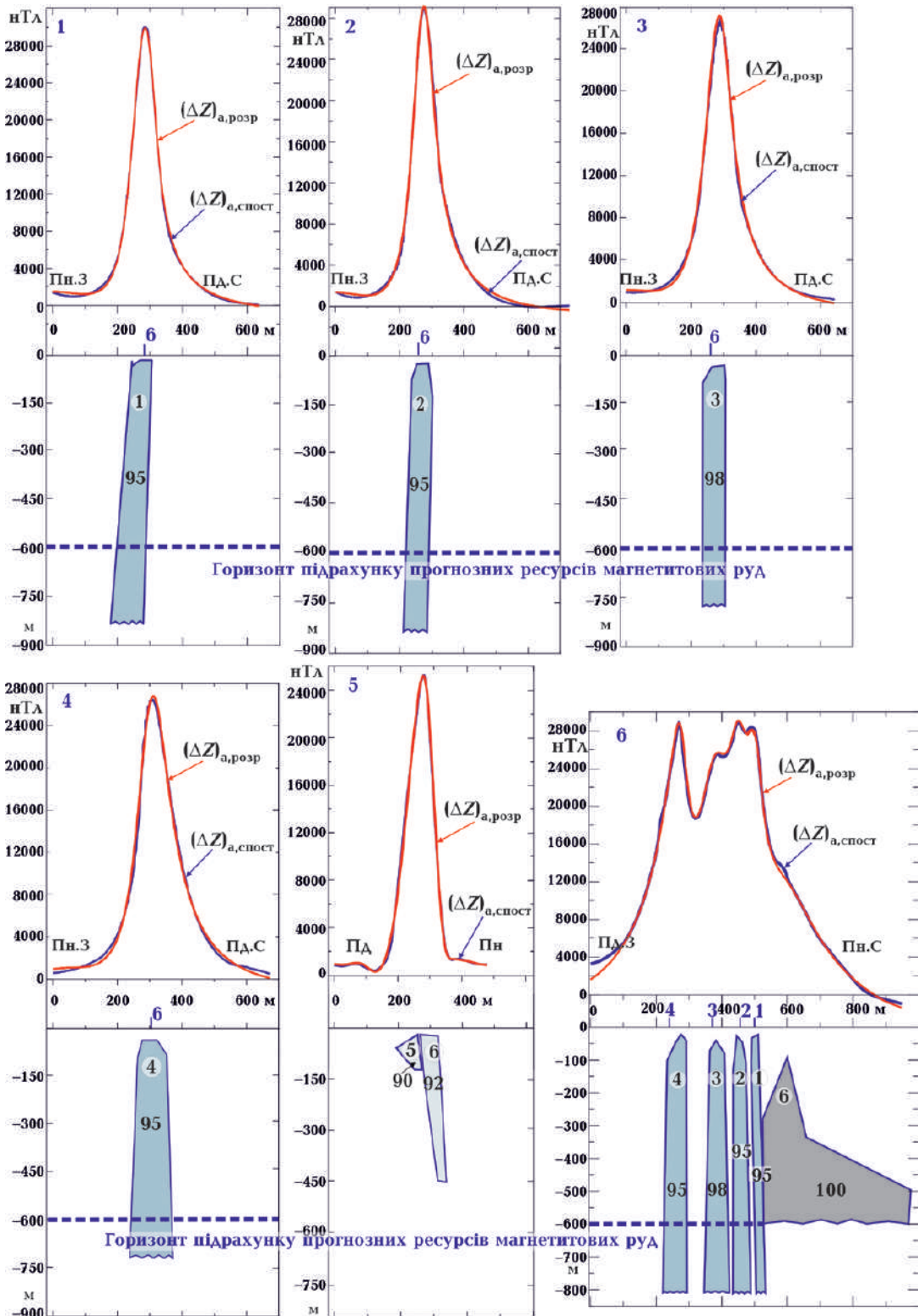


Рис. 9. Результати моделювання східної смуги магнітних аномалій Черепільської структури. Змодельовані геомагнітні розрізи: 1–5 — вхрест простягання; 6 — поздовжній. Цифри на магнітоактивних тілах — інтенсивність намагнічення, А/м.

Fig. 9. Modelling results of the east magnetic anomaly band of the Chemerpil structure. Modeled geomagnetic sections: 1–5 — cross-stretching; 6 — longitudinal. Numbers on the magnetically active bodies indicate the magnetization intensity in A/m.

но і метасоматично змінених порід. Золото у тонковкрапленому (емульсійному) стані міститься насамперед в арсенопіриті. Самородне золото, принаймні крупністю більше як 0,1 мм, не властиве для корінних золоторудних зон). Імовірно, воно знаходиться у вигляді мікронних включень у

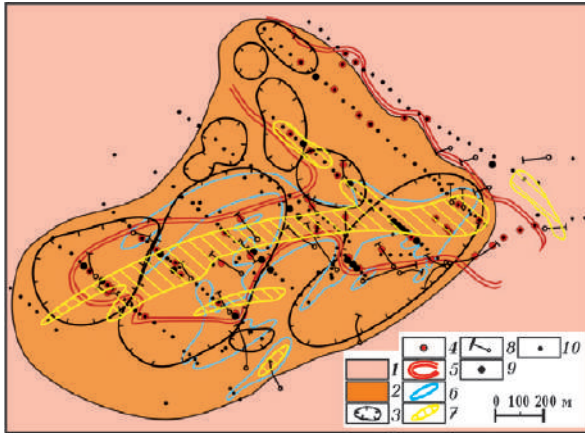


Рис. 10. Схема розміщення золотого зруденіння в корінних породах Чемерпільської структури: 1 — гранітоїди побузького комплексу; 2 — метавулканогенно-осадові породи бузької серії; 3 — овальні структури; 4 — аномальні прояви корінного золота; 5 — ореол проявів корінного золота; 6 — ореол проявів арсену; 7 — ореол проявів вісмуту; *свердловини*: 8 — похилі (глибина 300—400 м); 9 — картувальні; 10 — свердловини КГК (зупинені у слабко вивітрілих породах).

Fig. 10. Placement scheme of gold mineralization in the indigenous breeds of the Chemerpil structure: 1 — granitoids of the Bug area complex, 2 — metavolcanogenic sedimentary rocks of the Bug area series, 3 — oval structures, 4 — anomalous occurrences of native gold, 5 — halo of native gold occurrences, 6 — halo of arsenic occurrences, 7 — halo of bismuth occurrences, 8 — inclined holes (depth 300—400 m), 9 — mapping holes, 10 — KГK holes (stopped in slightly weathered rocks).

сульфідах, переважно арсенопіриті, можливо, у кварці і польових шпатах.

Термобарометричні дослідження кварцу із золоторудних зон показали, що процеси головної золоторудної стадії відбувалися при температурі 430—250 °С, а процеси перетворення порід продовжувались до температури 110 °С. Через обмеженість фінансування золоторудні зони, особливо крайні північні, детально не вивчені.

Особливістю Чемерпільського рудопрояву ендогенного золота є розвиток в його

межах золотоносної площової і лінійної кори вивітрювання.

Гіпергенні рудні зони, які вміщують промислові вмісти золота, розвиваються в корі вивітрювання над ділянками розвитку ендогенних мінералізованих зон. Золотоносна кора вивітрювання площового типу розвивається над зонами гідротермально-метасоматично змінених і мінералізованих сульфідами біотитових, амфібол-біотитових, гранат-амфіболових гнейсів, амфіболітів, кальцифірів і піроксенітів. Потужність її іноді сягає 21 м.

Усього в лінійних корах вивітрювання виявлено 19 рудних тіл потужністю від 2 до 20 м за середнього вмісту золота від 0,2 до 0,5 г/т. За простяганням вони не простежені. Найчастіше гіпергенне самородне золото трапляється в корах вивітрювання кислих (53 % зустрінутих) і карбонатних (40 %) порід.

У корах основних порід самородне золото майже не спостерігається, і це потребує пояснення, оскільки аномалії валового золота з відносно високим його вмістом широко поширені в основних породах. Практично усі досліджені кристали самородного золота несуть ознаки спотвореності, що вказує на низькотемпературні близькоповерхневі умови утворення.

Крім рудної мінералізації промислового значення в породах Чемерпільської структури виявлено платину і мідь.

Включення самородної платини (Pt 97,3 %, Rh+Ru 0,08 %, Ir 0,01 %) були виявлені мікрозондовим аналізом в зернах золота св. 614 у пробі жорстк'яної кори вивітрювання гранітоїду. У 2009 р. пластинки самородної платини сталевосірого кольору пластинчастої форми були також встановлені в пробі біотитизованого роговообманкового амфіболіту св. 10, пробуреної на північно-східному облямуванні однієї з овальних структур, складеної метаморфізованими амфіболітами, кварцито-подібними гнейсами і діопсидовими кальцифірами. Всього мікрозондовим аналізом було досліджено п'ять пластинок платини розміром від 0,1 до 0,75 мм [Павлюк та ін., 2010]. Елементи-супутники: цинк 0,02 %

і золото до 0,32 г/т. Мінерали-супутники: арсенопірит, молібденіт і халькопірит.

Мідь поряд із золотом дуже часто утворює аномальні концентрації в породах фундаменту і корі вивітрювання. Концентрується вона переважно в породах основного і субосновного складу, інтенсивно змінених гідротермально-метасоматичними процесами. У невивітрилих породах фундаменту відносно добре вивчена розкрита св. 48 зона мідної мінералізації потужністю 38,8 м. За даними 46 хімічних аналізів мідь із вмістом 0,013—1,14 % [Павлюк, 2010] зосереджена в гідротермально і метасоматично змінених основних породах, ймовірно піроксенітах, з високим (0,2—0,7 %) вмістом хрому, а також нікелю і кобальту. Мінерали міді представлені халькопіритом і борнітом.

Самородна мідь трапляється лише у корі вивітрювання. Згідно з даними роботи [Павлюк, 2010], найсприятливішим для утворення самородної міді є приповерхневий горизонт кори, насичений киснем, органічними кислотами, а також бактеріями. Прояви самородної міді тяжіють переважно до амфіболіт-скарнових облямівок усіх залізорудних структур на ділянках з добре розвинутим глинистим профілем кори вивітрювання. У межах Чемерпільської структури відомі 48 свердловин, які зустріли кори вивітрювання потужністю від 5 до 50 м із середнім вмістом міді від 80 до 500 г/т. Більшість цих свердловин розміщені в метагаброїдному (базальтові метакоматіти?) облямуванні Центральної залізисто-крем'янистої структури. Найбільш збагаченій міддю поклад у корі вивітрювання має вигляд підковоподібної лінзи завдовжки 700 м і завширшки 50—150 м із середньою потужністю 18,3 м. Міденосний поклад практично збігається з контурами золота в корі вивітрювання, що вказує на комплексний характер зруденіння і підвищує його економічну привабливість. Головні мінерали-носії міді — мідь самородна і реліктовий халькопірит. Вміст самородної міді в розрізах свердловин з високими вмістом валової міді спеціально не вивчали.

Згадані вище структурно-тектонічні

ознаки, петрофізичне і мінералогічне розмаїття виявлених бурінням кристалічних порід, відносна близькість до регіонального Бандурівського вулканотектонічного апарату [Довгань і др., 2006] дають змогу зробити достатньо аргументований висновок щодо віднесення Чемерпільської структури до локальних трубних вулканоматичних об'єктів, яка характеризується дуже тривалим циклом розвитку і супроводжувалась неодноразовими змінами складу магматичного розплаву. Наявність золота, міді та інших видів рудної мінералізації є не випадковим явищем, а закономірно обумовленим складною історією геологічного розвитку структури. Фонова насиченість усіх наявних в її межах кристалічних порід магнетитом, як і наявність золотоносних проявів у корінних породах і їх корі вивітрювання, за нашими уявленнями, з великою ймовірністю можуть бути результатом площової і локальної канално-флюїдної дегазації цієї проникної структури глибинного закладання. Промислове накопичення магнетиту у вигляді штокоподібних морфоструктур, вочевидь, було результатом локальних канално-трубкових виливів магнетитової лави вздовж тектонічних зон з подальшим проникненням їх у раніше нагромаджені смуги крем'янистих і карбонатних утворень.

Геологічні об'єкти подібної будови, генезису і корисної мінералізації фанерозойського і докембрійського віку мають доволі широке поширення у світі. За літературною інформацією, люб'язно наданою нам співробітником Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України О.О. Юшином [Юшин, 2007, 2015], її найближчими добре вивченими геологічними аналогами можуть бути такі докембрійські «стратифіковані» залізооксидно-золото-мідні родовища, як Салобо та інші рудного району Каражас у Бразилії. Ці родовища локалізовані в глибокометаморфізованих архейських товщах і часто мають вигляд лінзоподібного масивного магнетиту і/чи гематиту, які субзгідно залягають з товща-

ми метаморфічних порід, що їх вміщують. Іноді родовища контролюються зонами розломів, скарнами і скарноподібними утвореннями. Все це, зокрема наявність разом із залізооксидно-золоторудною широко розвиненою мідною мінералізацією, дуже споріднює Чемерпільську структуру з родовищем Салобо. Звичайно, процеси утворення основної маси залізооксидного і золото-мідного зруденіння розірвані в часі. Це дає можливість розглядати залізородні родовища з різким переважним об'сягом залізних руд як попередників залізооксидно-золото-мідних родовищ. Найбільш інтенсивно процеси накопичення золота відбуваються в середовищі навколо гематитизованих залізних руд.

Чи є перспективи знаходження серед залізородних родовищ Середнього Побужжя структур, подібних за особливостями їх генезису, будови і корисної мінералізації до Чемерпільському об'єкта? На наш погляд, такі аналоги, безумовно, можуть існувати. Головною причиною не виявлення їх на цей час залишається відсутність у комплексі проведених в цьому районі УЩ пошукових робіт на магнетитові руди глибинних геофізичних методів досліджень, системного наукового супроводження з використанням сучасної передової аналітичної лабораторної апаратури. З огляду на відомі геолого-геофізичні дані, першочерговими об'єктами пошуку аналогів Чемерпільської структури можуть бути Полянецька і Бакшинська магнітні аномалії, які зафіксовані на відстані 10 км на південь від неї. Серед подібних об'єктів Середнього Побужжя, за даними роботи [Богатырев и др., 1981], вони характеризуються відсутністю чітко виражених лінійних морфотипів, великою амплітудою магнітних максимумів, що обумовлено одним із найбільших у цьому регіоні вмістом у рудах магнетитового заліза (19—23%), тісним просторовим зв'язком у розрізі ультрабазитів, базитів і залізистих кварцитів. Яскравою ознакою залізистих кварцитів, вмісних амфіболітів і кристалосланців є їх насиченість хромом і нікелем, що наводить на думку про генетичний зв'язок між ультрамафітами і залізистими

ми породами. На Полянецькій структурі були встановлені утворення коматититового обліку, а на Бакшинській — залізомагнетитова мінералізація тяжіє до потужної зони дроблення. Тільки за цими ознаками і особливостями будови вже можна зробити попередній висновок щодо можливого генезису Полянецького і Бакшинського магнітних об'єктів за типом Чемерпільської структури.

Висновки. Незважаючи на багаторічну історію геолого-геофізичного вивчення генезису і рудного потенціалу Чемерпільської магнітної аномалії, ці питання досі не мають повної достовірної відповіді. Якщо на перших етапах вивчення природу цієї аномалії визнавалася майже повним аналогом геологічної природи інших залізородних об'єктів Середнього Побужжя, пов'язаних з нагромадженням стратифікованих вулканосадових залізистих утворень, то з появою нових даних були встановлені значущі структурно-тектонічні, мінералогічні і рудні відмінності від цих традиційних уявлень.

За цими відмінностями геологічна природа Чемерпільської магнітної аномалії більш виправдано пов'язана з локальними трубними вулканоматичними об'єктами, які характеризуються дуже тривалим циклом розвитку і супроводжуються неодноразовими змінами складу магматичних розплавів. Наявність у породах Чемерпільської структури магнетитового заліза, золота, міді та інших елементів рудної мінералізації є не випадковим явищем, а закономірно обумовлена складною історією її геологічного розвитку. Найбільш показовими геологічними аналогами можуть бути структури залізооксидно-золото-мідного родовища Салобо та інших рудного району Каражас у Бразилії.

Через причини методичного і економічного характеру залізородний промисловий потенціал Чемерпільської структури не був повністю оцінений. Насамперед це стосується її східної частини, де виявлені потужні пласти магнетито-карбонатних утворень, прогнозні ресурси яких за даними інтерпретації апріорної геолого-геофізичної

інформації до горизонту 600 м становлять 40—45 млн т. За умовами освоєння руд більш глибинних горизонтів, зокрема тіл «сліпого» залягання, навіть з урахуванням не виправдано заниженої оцінки пластової потужності залізистих кварцитів західної смуги магнітних аномалій, промислового потенціалу встановлених тут багатих бурих залізняків, сумарні прогнозні ресурси залізо-магнетитових та оксидних руд Чемерпільської структури становитимуть не менш як 100 млн т., що відповідає ресурсам середнього за запасами родовища.

Через економічні причини не оцінено золотоносність корінних порід, передусім східної смуги карбонатних утворень, до кори вивітрювання яких тяжіють 40 % проявів екзогенного золота Чемерпільської структури. Не було звернуто увагу і на золотоносність виявлених ще під час проведення тут пошукових робіт на магнетитове залізо гематизованих залізних руд, в середовищі навколо яких, за світовим досвідом, найбільш інтенсивно відбуваються процеси накопичення золота. Тому виконаний підрахунок запасів екзогенного золота в обсязі 2 т також слід вважати заниженим.

Для геологічної верифікації нових висновків щодо особливостей будови Чемерпільської структури і дійсного рудного потенціалу необхідно продовжити її вивчення глибинними методами сейсмозвідки і електророзвідки, а в межах східної смуги магнітних аномалій високої інтенсивності, природа яких обумовлена наявністю магнітовмісних кальцифірів, пробурити не менше двох структурних похилих свердловин. Це дасть змогу оцінити за

результатами комплексного аналізу керна реальний залізооксидно-золоторудний потенціал найменш вивчених утворень. Для розуміння генезису і особливостей будови Чемерпільської структури додатково важливою може стати тривимірна геолого-геофізична модель Чемерпільської структури, побудована за результатами нових даних.

Підвищити економічну ефективність видобутку основних корисних компонентів Чемерпільської структури — золота і магнетитового заліза, — можливо шляхом супутнього використання нерудних кальцифірів для виготовлення агломераційного флюсу, агрохімічної сировини і відновлення автодорожнього покриття. Разом з Вільшанською і Слюсарівською структурами, які також розміщуються в межах Синицівського блока і перспективні на видобуток карбонатно-магнетитової сировини легкого збагачення [Єнтин та ін., 2023а, б], з огляду на логістичні можливості транспортування отриманого залізного концентрату через порти р. Дунай цей регіон може стати головним басейном України їх промислового видобутку.

Подальші пошукові геолого-геофізичні дослідження на площі Чемерпільської структури, згідно з наведеними вище обставинами, є реальним кроком до створення в Україні першого об'єкта комплексного промислового видобутку залізної руди високої якості і золота. При геологічному підтвердженні зазначених перспектив у майбутньому потрібне більш глибоке вивчення рудоносності подібних магнітних аномалій високої інтенсивності, передусім Полянецької і Бакшинської.

Список літератури

Богатырев В.Ф., Ионис Г.И., Ентин В.А. *Отчет о поисках карбонатно-магнетитовых и богатых магнетитовых руд в Среднем Побужье, выполненных Ульяновской геологоразведочной партией в 1976—1981 г. Т. 1.* Геолфонды. Киев, 1981, 321 с.

Богатырев В.Ф., Ионис Г.И., Ентин В.А. *Отчет о результатах геолого-поисковых и*

детальных геофизических исследований на железные руды в районе Среднего Побужья за 1971—1974 гг. Кн. 1. Геолфонды. Киев, 1974, 194 с.

Гащенко В.О. Петрологія високотитанистих метабазитів та апобазитових метасоматитів Чемерпільської структури Голованівської шовної зони (Український щит): *дис. ... канд. геол. наук.* Київ, 2012, 176 с.

- Гинтов О.Б., Димитров Г.Х. *Отчет о работах Завальевской, Головаевской геофизических партий и партии интерпретационного бурения*. Т. 1. Укргеолфонд. Киев, 1961, 183 с.
- Гинтов О.Б., Ентин В.А., Мычак С.В., Павлюк В.Н., Зюльцле В.В. Структурно-петрофизическая и тектонофизическая основа геологической карты кристаллического фундамента центральной части Голованевской шовной зоны Украинского щита. *Геофиз. журн.* 2016. Т. 38. № 3. С. 3—28. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v38i3.2016.107777>.
- Довгань Р.Н., Ентин В.А., Павлюк В.Н. Бандуровская палеовулканическая структура и связанные с нею перспективы алмазности. *Мінеральні ресурси України*. 2006. № 4. С. 22—28.
- Ентин В.А. Геолого-геофизические особенности и прогнозная оценка ресурсов железорудных месторождений Среднего Побужья: *дис. ... канд. геол.-мин. наук*. Київ, 1987. 207 с.
- Ентин В.А., Гинтов О.Б., Мычак С.В., Павлюк В.М., Николаєвський В.П. Перспективи Побузького гірничорудного району як агломерації родовищ рудних і нерудних корисних копалин для відбудови народного господарства України у післявоєнний період. *Геофиз. журн.* 2023а. Т. 45. № 6. С. 3—35. <https://doi.org/10.24028/gj.v45i6.293305>.
- Ентин В.А., Гинтов О.Б., Мычак С.В., Юшин А.А. Структура Молдовского железорудного месторождения (Украинский щит) по геолого-геофизическим данным и его возможная эндогенная природа. *Геофиз. журн.* 2015. Т. 37. № 4. С. 3—18. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v37i4.2015.111118>.
- Ентин В.А., Гинтов О.Б., Орлюк М.И., Марченко А.В. Локальні магнітні аномалії Українського щита як індикатори прояву різновікових етапів середково-каналного магматизму. *Геофиз. журн.* 2023б. Т. 45. № 2. С. 44—61. <https://doi.org/10.24028/gj.v45i2.278322>.
- Ентин В.А., Гуськов С.И., Дзюба Б.М., Гинтов О.Б., Орлюк М.И., Мычак С.В. К вопросу о возможной дегазационной природе некоторых локальных структур концентрично-зонального строения на территории Вольно-Подольской плиты и западной части Украинского щита и пути их последующего изучения. *Геофиз. журн.* 2020. Т. 42. № 6. С. 36—58. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v42i6.2020.222282>.
- Завойский В.Н. Вычисление магнитных полей от анизотропных трехмерных тел в задачах магниторазведки. *Изв. АН СССР. Сер. Физика Земли*. 1978. № 1. С. 76—85.
- Кислюк В.В. *Звіт з геологічного довивчення площі масштабу 1:50 000 з загальними пошуками території аркушів М-36-133-А,В (Савранський район) за 1990—1998 рр.* Фонд ДП «Українська геологічна компанія». Київ, 1998. 290 с.
- Кислюк В.В., Федоров А.В., Павлюк В.М., Гринін Р.А., Павлюк О.В., Гаценко В.О., Гук Л.В., Кислюк Г.В. *Пошукові роботи на золото в межах Савранської металогенічної зони*. Київ: Геоінформ, 2023, 298 с.
- Очерки дегазации Земли*. Отв. ред. В.М.Шестопалов. Киев, 2018, 631 с.
- Павлюк О.В. Самородна мідь і золото в корах вивітрювання мафітів та в осадових породах південно-західної частини Українського щита: *дис. канд. геол. наук*. Київ, 2010, 176 с.
- Павлюк О.В., Квасниця В.М., Кислюк В.В., Павлюк В.М., Самородна платина в породах Чемерпільської структури (Середнє Побужжя). *Мінерал. журн.* 2010. Т. 32. № 1. С. 50—56.
- Сыродоев Н.Ф. *Геологический отчет партии № 46 о результатах геологических и подготовительных работ в пределах Любашевско-Ладыжинского района за 1976—1977 гг.* Фонд КП «Кіровгеологія». Киев, 1978.
- Усенко О.В. Условия формирования железистых пород Среднего Побужья. *Геофиз. журн.* 2015. Т. 37. № 4. С. 32—50. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v37i4.2015.111122>.
- Юшин А.А. Использование параметров распределения когерентных элементов для расчленения и типизации мафит-ультрамафитовых комплексов УЩ: *Матеріали наради «Геологія та питання геологічного картування і вивчення докембрійських утворень Українського щита»*. Дніпропетровськ: ПП «Союз», 2007, С. 130—134.

Юшин А.А. О перспективах выявления магматогенно-гидротермальных железорудных образований на Украинском щите. *Геофиз.*

журн. 2015. Т. 37. № 4. С. 19—31. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v37i4.2015.111121>.

The Chemerpil gravimagnetic anomaly as a modern reflection of the unique Precambrian volcanic-plutonic magnetite-gold mineralisation structure of the Ukrainian Shield (Middle Bug area)

V.A. Yentyn¹, V.M. Pavlyuk¹, V.V. Kyslyuk¹, M.I. Bakarzhieva², S.V. Mychak², O.B Gintov², 2024

¹Production Association «Ukrainian Geological Company», Kyiv, Ukraine

²S.I. Subbotin Institute of Geophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

The article is devoted to the peculiarities of genesis and mineralogical potential of Chemerpil iron-magnetite structure, its difference from other similar objects of Central Bug area. As an independent geological-geophysical object it was established according to the data of gravimetric and magnetometric survey of medium scale as a complex localised maximum of subsometric shape with diameter of 1.7 km and area of 2.8 km². In regional structural and tectonic terms, this maximum is confined to the Sinitsiv block of the Golovanivsk suture zone. As of today, the Chemerpil structure has been sufficiently investigated by mapping drilling and various geophysical methods at the level of the crystalline basement surface. Based on the obtained data, the main petrophysical complexes involved in its structure have been determined. The industrial and mineralogical potential of the Chemerpil structure is estimated at 100 million tons of magnetite quartzites and carbonate formations, as well as 2 tons of exogenous gold in the weathering crust. No estimates have been made of the underlying gold deposits. Copper mineralisation, represented by the natural copper, chalcopyrite and chalcosine, has been identified in the weathering crust and crystalline basement. By structural and tectonic features, petrophysical and mineralogical diversity, the Chemerpil structure can be attributed to local pipe volcanic-magmatic objects. Its closest well-studied geological analogues may be such Precambrian «stratified» iron-oxide-gold-copper deposits as Solobot and others of the Carajas ore district in Brazil. For geological verification of new conclusions about the peculiarities of the Chemerpil structure and its actual ore potential, it is necessary to continue its study based, first of all, on the data of targeted structural exploration drilling and deep seismic and electrical exploration methods. The economic efficiency of extraction of the main mineral components of the Chemerpil structure — gold and magnetite iron — can be increased due to the accompanying use of non-metallic calcifiers for the manufacture of sintering flux, soil deoxidation, raw materials for road pavement.

Key words: Ukrainian Shield, Middle Bug area, magnetite-iron ore structure, Chemerpil.

References

Bogatyrev, V.F., Ionis, G.I., & Entin, V.A. (1981). *Report on the search for carbonate-magnetite and rich magnetite ores in the Middle Bug area, carried out by the Ulyanovsk geological exploration party in 1976—1981*. Vol. 1. Geolfonds. Kiev, 321 p. (in Russian).

Bogatyrev, V.F., Ionis, G.I., & Entin, V.A. (1981). *Report on the results of geological prospecting and detailed geophysical studies of iron ores in the Middle Bug area in 1971—1974*. Vol. 1. Geolfonds. Kyiv, 194 p. (in Russian).

Gatsenko, V.O. (2012). *Petrology of the high titanitic*

- metabasites and apobasitemetasomatites of the Chemerpil structure of the Golovanivsk seam zone (Ukrainian Shield). *Candidate's thesis*. Kyiv, 176 p. (in Ukrainian).
- Gintov, O.B., & Dimitrov, G.H. (1961). *Report on the works of Zavalyevsk, Golovanevsk geophysical parties and party of interpretation drilling*. Vol. 1. Ukrgeolfond. Kiev, 183 p. (in Russian).
- Gintov, O.B., Entin, V.A., Mychak, S.V., Pavlyuk, V.N., & Zyluzle, V.V. (2016). Structural, petrophysical and tectonophysical basis for the geologic map of the crystalline basement of the central part of the Golovanevsk suture zone of the Ukrainian Shield. *Geofizychnyi Zhurnal*, 38(3), 3—28. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v38i3.2016.107777> (in Russian).
- Dovgan, R.N., Entin, V.A., & Pavlyuk, V.N. (2006). Bandurov paleovolcanic structure and related prospects of diamondiferous ness. *Mineral resources of Ukraine*, (4), 22—28 (in Russian).
- Entin, V.A. (1987). Geological and geophysical features and forecast estimation of resources of iron ore deposits of Middle Bug area. *Candidate's thesis*. Kiev, Institute of Geophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine, 207 p. (in Russian).
- Entin, V.A., Gintov, O.B., Mychak, S.V., Pavlyuk, V.M., & Nikolaevsky, V.P. (2023a). Prospects for the Bug mining ore district as an agglomeration of ore and non-ore minerals deposits for the development of the national economy of Ukraine in the post-war period. *Geofizychnyi Zhurnal*, 45(6), 3—35. <https://doi.org/10.24028/gj.v45i6.293305> (in Ukrainian).
- Entin, V.A., Gintov, O.B., Mychak, S.V., & Yushin, A.A. (2015). Structure of Moldovian iron ore deposit (Ukrainian Shield) according to geological and geophysical data and its possible endogenous nature. *Geofizychnyi Zhurnal*, 37(4), 3—18. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v37i4.2015.111118> (in Russian).
- Entin, V.A., Gintov, O.B., Orlyuk, M.I., & Marchenko, A.V. (2023b). Local magnetic anomalies of the Ukrainian shield as indicators of the manifestation of stages of different ages of mid-channel magmatism. *Geofizychnyi Zhurnal*, 45(2), 44—61. <https://doi.org/10.24028/gj.v45i2.278322> (in Ukrainian).
- Entin, V.A., Guskov, S.I., Dzyuba, B.M., Gintov, O.B., Orlyuk, M.I., & Mychak, S.V. (2020). On the question of the possible degassing nature of some local structures of a concentric-zonal structure on the territory of the Volyn-Podolsk plate and the western part of the Ukrainian shield and ways of their subsequent study. *Geofizychnyi Zhurnal*, 42(6), 36—58. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v42i6.2020.222282> (in Russian).
- Zavoiskiy, V.N. (1978). Calculation of magnetic fields from anisotropic three-dimensional bodies in magnetic prospecting problems. *Izv. Academy of Sciences of the USSR. Ser. Physics of the Earth*, (1), 76—85 (in Russian).
- Kyslyuk, V.V. (1998). *Report on geological exploration of the area at a scale of 1:50,000 with general searches of the territory of sheets M-36-133-A,B (Savransky district) for 1990—1998*. Fund DP «Ukrainian geological company». Kyiv, 290 p. (in Ukrainian).
- Kyslyuk, V.V., Fedorov, A.V., Pavliuk, V.M., Grinin, R.A., Pavliuk, O.V., Gatsenko, V.O., Guk, L.V., & Kysliuk, G.V. (2023). *Prospecting for gold within the Savransk metallogenic zone*. Kyiv: Geoinform, 298 p. (in Ukrainian).
- Shestopalov, V.M. (Ed.). (2018). *Essays on the degassing of the Earth*. Kiev, 631 p. (in Russian).
- Pavlyuk, O.V. (2010). Native copper and gold in mafic weathering crusts and in sedimentary rocks of the southwestern part of the Ukrainian Shield. *Candidate's thesis*. Kyiv, 176 p. (in Ukrainian).
- Pavlyuk, O.V., Kvasnytsia, V.M., Kyslyuk, V.V., & Pavlyuk, V.M. (2010). Native platinum in rocks of the Chemerpil structure (Middle Bug area). *Mineralogical Journal*, 32(1), 50—56 (in Ukrainian).
- Syrodoev, N.F. (1978). *Geological report of the party No. 46 on the results of geological and preparatory works within the Lyubashevsko-Ladyzhynsky district for 1976—1977*. Funds KP «Kirovgeology». Kiev (in Russian).
- Usenko, O.V. (2015). Conditions of formation of ferruginous rocks of the Middle Bug area. *Geofizychnyi Zhurnal*, 37(4), 32—50. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v37i4.2015.111122> (in Russian).
- Yushin, A.A. (2007). Use of parameters of coherent element distribution for dissection and

typification of mafic-ultramafic complexes of the Ukrainian Shield. *Proc. of the meeting «Geology and issues of geological mapping and study of Precambrian formations of the Ukrainian Shield»* (pp. 130—134). Dnipropetrovsk: PE «Soyuz» (in Russian).

Yushin, A.A. (2015). On the prospects for the detection of magmatogenic-hydrothermal iron ore formations on the Ukrainian Shield. *Geofizychnyi Zhurnal*, 37(4), 19—31. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v37i4.2015.111121> (in Russian).