

# РОЗВІДУВАЛЬНА ТА ПРОМИСЛОВА ГЕОФІЗИКА

УДК 550.8+550.838

## ГЕОМАГНІТНІ МОДЕЛІ РОДОВИЩ ВУГЛЕВОДНІВ ТА ПЕРСПЕКТИВНИХ СТРУКТУР ЦЕНТРАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ ДНІПРОВСЬКО-ДОНЕЦЬКОЇ ЗАПАДИНИ

*Р.С.Кудеравець, В.Ю.Максимчук, Ю.М.Городиський*

*Карпатське відділення Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України,  
79060, м. Львів, вул. Наукова, 3-Б, e-mail: r o t a n k u d @ c b - i g p h . l v i v . u a*

*На основі вивчення особливостей аномального магнітного поля і магнітної сприйнятливості гірських порід на нафтоносних і перспективних структурах Центральної частини Дніпровсько-Донецької западини побудовані їх геомагнітні моделі від різних аномалієутворюючих джерел у фундаменті та осадовій товщі. Результати математичного моделювання показують, що локальні магнітні аномалії амплітудою до 10 нТл і просторовими розмірами співмірними із розмірами структур, які спостерігались над досліджуваними родовищами вуглеводнів, найкращим чином апроксимуються моделлю, яка включає магнітну неоднорідність епігенетичного походження у передбачуваній зоні окиснення на невеликих глибинах (до 1 км від денної поверхні). Зроблений висновок про те, що особливості морфології аномального магнітного поля над родовищами вуглеводнів Центральної частини Дніпровсько-Донецької западини свідчать про їх генетичний зв'язок з нафтогазоносністю теригенно-карбонатних товщ нижнього карбону*

*На основаних изучения особенностей аномального магнитного поля и магнитной восприимчивости горных пород на нефтеносных и перспективных структурах Центральной части Днепровско-Донецкой впадины построены их геомагнитные модели от разных аномалиеобразующих источников в фундаменте и осадочной толще. Результаты математического моделирования показывают, что наблюдаемые над исследуемыми месторождениями углеводородов локальные магнитные аномалии амплитудой до 10 нТл и пространственными размерами сопоставимыми с размерами самих структур самым лучшим образом аппроксимируются моделью, которая включает магнитную неоднородность эпигенетического происхождения в предполагаемой зоне окисления на небольших глубинах (до 1 км от дневной поверхности). Сделан вывод о том, что особенности морфологии аномального магнитного поля в пределах месторождений углеводородов Центральной части Днепровско-Донецкой впадины свидетельствуют о их генетической связи с нефтегазоносностью теригенно-карбонатных толщ нижнего карбона*

*On the base of investigations of peculiarities of anomalous magnetic field and rocks magnetic susceptibility in the oil-bearing and perspective structures of Central part of Dniπρο-Donetsk depression have been built their magnetic models with different anomalous generated sources in the basement and sediment cover. The observed local magnetic anomalies over investigated deposits have a intensity up to 10 nT and spatial dimensions are about the structures ones. The results of mathematic modelling show, that these anomalies are in best agreement with model of magnetic heterogeneities of epigenetic origin in the possible zone of oxidation at slight depths (up to 1 km from the surface). It was concluded, that the peculiarities of anomalous magnetic field morphology over oil and gas deposits and perspective structures of the Central part of the Dniπρο-Donetsk depression indicate of their genetic relationship with oil-and-gas content of terrigenous-carbonate sediments of the Lower Carboniferous layers*

### Вступ

Досвід проведення високоточних магнітних зйомок в нафтогазоносних районах свідчить, що родовища нафти та газу нерідко супроводжують локальні магнітні аномалії. Вони характеризуються невеликою амплітудою (до 10 нТл), від'ємним і додатним знаком, складною морфологією [1, 2]. У їх формуванні вбачають вплив різних чинників, однак більшість дослідників збігаються на суттєвій ролі вугле-

водневих флюїдів, які мігрують із покладу системою тріщин у розущільнених зонах та змінюють на своєму шляху магнітні, електричні, акустично-пружні та інші фізичні властивості порід, що вміщують і перекривають поклад. Таким чином навколо покладу формуються зонально-кільцеподібні аномальні зміни літофізичних параметрів, які у літературі часто називають "стовпами епігенетично змінених порід", "geochemical halo", "geochemical chimney" [2-5]. Хіміко-біологічна взаємодія флюїдів вуглевод-

нів (ВВ) із оточуючими породами викликає низку аномальних ефектів, які розглядаються багатьма геофізичними методами як пошукові критерії нафтогазоносності. У магнітному полі основним пошуковим критерієм є неоднорідність магнітних властивостей осадових товщ у зонах родовищ ВВ. Вважають, що в різних частинах розрізу нафтогазоносної структури можуть утворюватись епігенетичні магнітні (магнетит, піротин, грейгіт, магеміт) та немагнітні мінерали (пірит, марказит), які є причиною появи над родовищами ВВ слабких за інтенсивністю аномальних ефектів  $\Delta T_a$  [6, 7]. Однак на сьогоднішній день питання зв'язку аномального магнітного поля (АМП) та інших геофізичних полів із нафтогазоносністю все ще залишається дискусійним [3-9].

Метою даної роботи є побудова геомагнітних моделей та виявлення на цій основі можливих генетичних зв'язків локальних аномалій  $\Delta T_a$  над родовищами нафти та газу із їхньою нафтогазоносністю.

### **Магнітні властивості та особливості аномального магнітного поля**

Дослідження магнітних властивостей гірських порід, особливостей аномального магнітного поля та побудова геомагнітних моделей виконані для Селюхівського, Шатравинського родовищ ВВ та Вовківцівської перспективної структури у межах Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ). За тектонічною схемою В.К.Гавриша вибраний район дослідження розташований у Центральному сегменті Дніпровсько-Донецького грабену [10]. Відносно поздовжнього тектонічного районування Селюхівське родовище розташоване у межах Південної прибортової зони, а Шатравинське і Вовківцівська перспективна структура у межах Північної прибортової зони ДДЗ. Нафтоносність цих родовищ пов'язана із карбонатними та піщанистими колекторами нижньовізейсько-турнейського нафтогазоносного комплексу на глибинах від 3 до 5 км. По сейсмівдбиваючих горизонтах нижнього карбону досліджувані структури являють собою невеликі за розмірами антиклінальні підняття, які розбиті тектонічними порушеннями різної орієнтації.

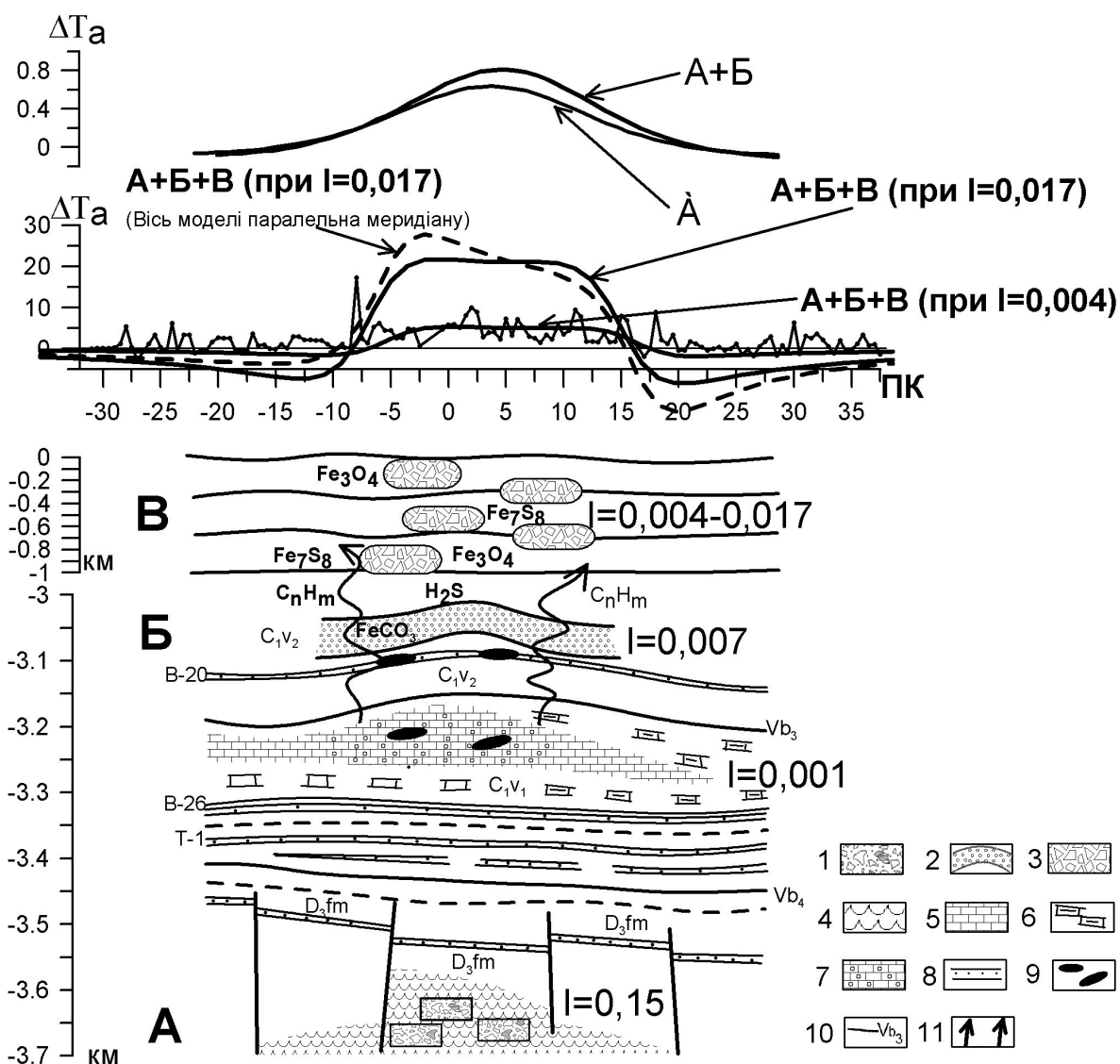
Для побудови геомагнітних моделей досліджуваних структур необхідними є дані про розподіл магнітних характеристик гірських порід та про локальні особливості АМП. Нашими попередніми дослідженнями вивчено поширо-во-латеральну мінливість магнітної сприйнятливості гірських порід у межах досліджуваних родовищ та структур. Встановлено, що найбільш магнітними утвореннями серед досліджуваних порід виявились перекристалізовані, тріщинуваті базальтовидні породи верхнього девону, із  $\chi=(100-5000)\times 10^{-5}$  Сі в межах Селюхівського родовища на глибинах біля 4 км. Величина магнітної сприйнятливості (МС) нижньокам'яновугільної товщі, де зосереджені поклади ВВ, у загальному коливається у межах  $\chi=(0-30)\times 10^{-5}$  Сі. При детальному статистично-

му аналізі даних виявилось можливим розділити товщу порід від фамену до серпухова за МС на кілька літомагнітних горизонтів (ЛМГ), які збігаються із стратиграфічними одиницями різного рангу [11-16]. Це фаменсько-турнейський, який характеризується середніми значеннями  $\chi=(5-15)\times 10^{-5}$  Сі, із більшими величинами  $\chi$  для глинистих порід; нижньовізейський, для якого характерні найнижчі значення МС ( $\chi=(0-5)\times 10^{-5}$  Сі) та невисока дисперсія  $\chi$  і верхньовізейсько-серпухівський, що характеризується високими величинами МС ( $\chi=(20-30)\times 10^{-5}$  Сі) та дисперсією. У верхньовізейсько-серпухівському ЛМГ найбільш часто зустрічались багато прошарків, лінз порід із достатньо високими значеннями МС,  $\chi=(100-200)\times 10^{-5}$  Сі, що пов'язане із розвитком сидерито-сидеритоплезитової, сидерито-анкеритової мінералізації. Дослідження латеральної мінливості МС порід у межах та поза межами родовищ показало відмінності у статистичних характеристиках МС гірських порід. У контурі родовищ спостерігається тенденція до нівелювання величин  $\chi$  порід та їх дисперсій практично для усіх виділених ЛМГ. Причиною зменшення МС у перекриваючих поклад глинистих товщах верхнього візе можуть бути відновні процеси і утворення вторинного піриту [15].

Для отримання достовірних експериментальних даних про тонку структуру АМП над вибраними об'єктами дослідження була виконана високоточна наземна магнітна зйомка (ВНМЗ). В результаті проведення ВНМЗ встановлено, що над досліджуваними об'єктами як у межах Південної так і у межах Північної прибортової зон Центральної частини ДДЗ із нафтогазоносністю у нижньокам'яновугільному комплексі виявлена складна структура АМП. На фоні регіональної складової  $\Delta T$  виділяються додатні локальні аномалії амплітудою, переважно, від 4 до 6 нТл і шириною від 3 до 7 км. За своєю морфологією переважають куполовидні та хвилеподібні аномалії. Співставлення поля  $\Delta T_a$  із структурними картами нижнього карбону по різних сейсмічних горизонтах, ізопахітами товщин карбонатів нижнього візе та із сейсмічними розрізами показало, що виділені на фоні регіонального магнітного поля локальні магнітні аномалії  $\Delta T_a$  просторово приурочені до пасок ВВ у нижньокам'яновугільному нафтогазоносному комплексі [13-15].

### **Особливості побудови геомагнітних моделей**

Інтерпретація виявлених локальних аномалій  $\Delta T_a$  пов'язана із певними труднощами, які полягають в тому що, амплітуди локальних аномалій  $\Delta T_a$ , як правило, не перевищують 6-7 нТл при ширині 3-4 км, відсутні дані про магнітні властивості гірських порід у верхній частині розрізу структур (до 2,5-3 км), а також у тому, що вибрана інтерпретаційна модель повинна пояснити механізм утворення магнітних аномалій та факти їх приуроченості до нафтога-



1 – пласти, лінзи базальтовидних порід фамену; 2 – пласти аргілітів із конкреціями сидериту; 3 – магнітоактивні тіла у зоні окислення; 4 – сіль; 5 – ватняки; 6 – ватняки, фланкуючі фації; 7 – біогермні ватняки, фації ядерної частини; 8 – пісковики; 9 – нафтовий поклад; 10 – сейсмічні горизонти; 11 – флангові частини родовища, зони субвертикальних неоднорідностей збільшеної проникливості. Величини намагніченостей (I) шарів А-В приведені в А/м

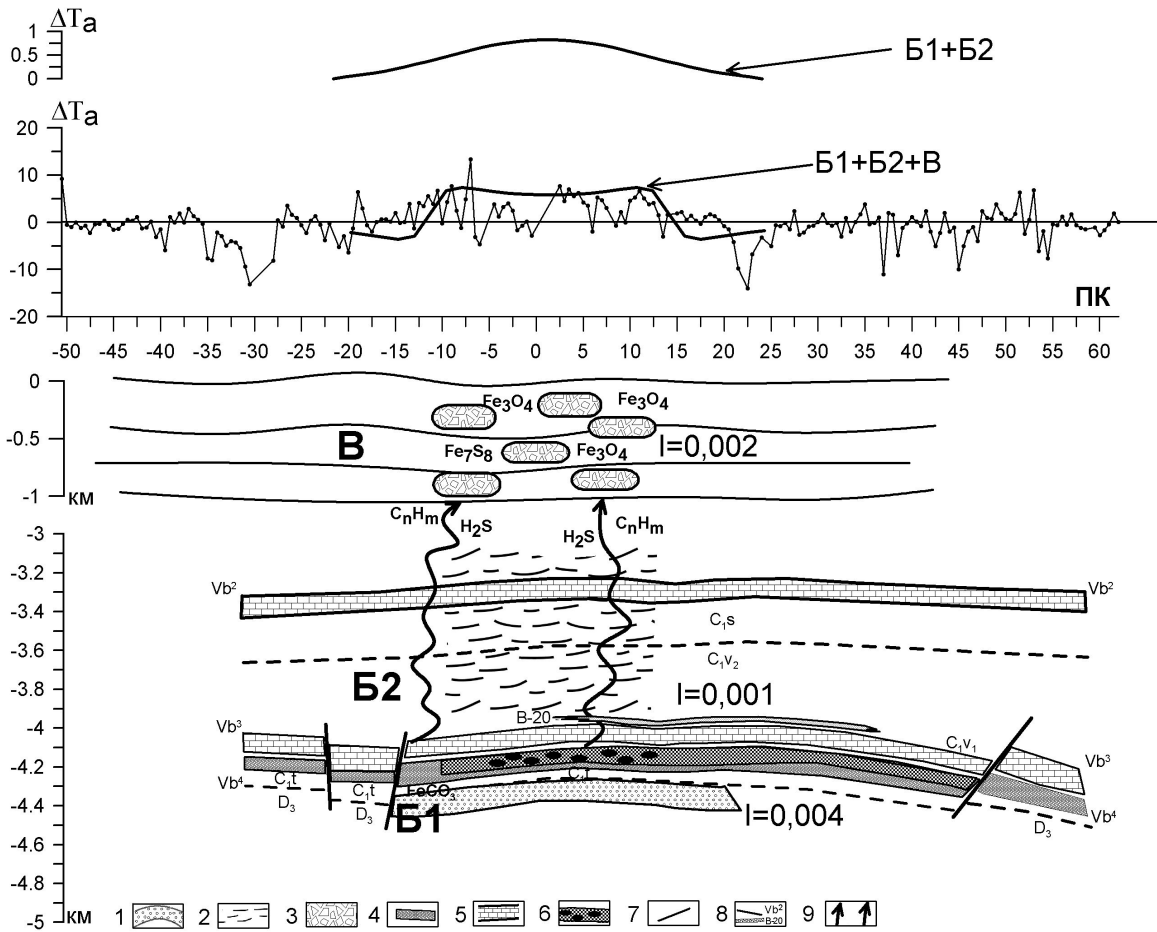
Рисунок 1 — Спостережене та розраховане АМП  $\Delta T_a$  вздовж профіля III-III і сейсмічного розрізу на Селюхівській структурі відносно джерел у осадовому чохлі (шари А-В)

зових родовищ. Тому інтерпретація локальних аномалій  $\Delta T_a$ , проводилась у рамках теоретичних моделей (В.Б.Березкин, Н.Г.Мачел, D.Schumacher, D.F. Saunders), які передбачають наявність над покладами нафти та газу зон із диференційованими магнітними властивостями середовища [2-4, 6].

Враховуючи загальновідомий факт неоднозначності розв'язання оберненої задачі магніторозвідки при інтерпретації локальних аномалій  $\Delta T_a$  над родовищами ВВ, були виконані розрахунки для декількох варіантів їх можливих джерел. Такими джерелами можуть бути намагнічені тіла або виступи кристалічного фундаменту, геологічні неоднорідності різного типу у осадовій товщі (шари із вулканогенними породами, антиклінальні структури, рифові

споруди, соляні штоки і т.п.), а також зони епігенезу порід під впливом флюїдів ВВ навколо покладів нафти та газу.

Запропонована інтерпретаційна модель передбачає існування в осадовій товщі трьох джерел у вигляді шарів А-В, які вносять свій вклад у спостережене АМП (рис. 1-3). Шар А являє собою у фаменсько-турнейському ЛМГ лінзовидні тіла складені туфами та базальтами незначної ширини, а також малоамплітудні виступи у кристалічному фундаменті. За відсутності даних про величину МС порід фундаменту, припускаємо, що вони складені гранітоїдами із  $\chi=(100-1200) \times 10^{-5} \text{Ci}$ . Шар В являє собою антиклінальну структуру по сейсмовідбиваючих горизонтах нижнього та верхнього візе. При цьому бралось до уваги присутність у



1 – пласти аргілітів та пісковиків у товщах турне та верхнього девону із конкреціями сидериту; 2 – теригенно-карбонатна товща нижнього карбону; 3 – магнітоактивні тіла у зоні окислення; 4 – глини; 5 – вапняки; 6 – нафтонасичений піщаний горизонт В-26; 7 – розривні порушення; 8 – сейсмічні горизонти; 9 – зони субвертикальних неоднорідностей збільшеної проникливості. Величини намагніченостей (I) шарів Б-В приведені в А/м

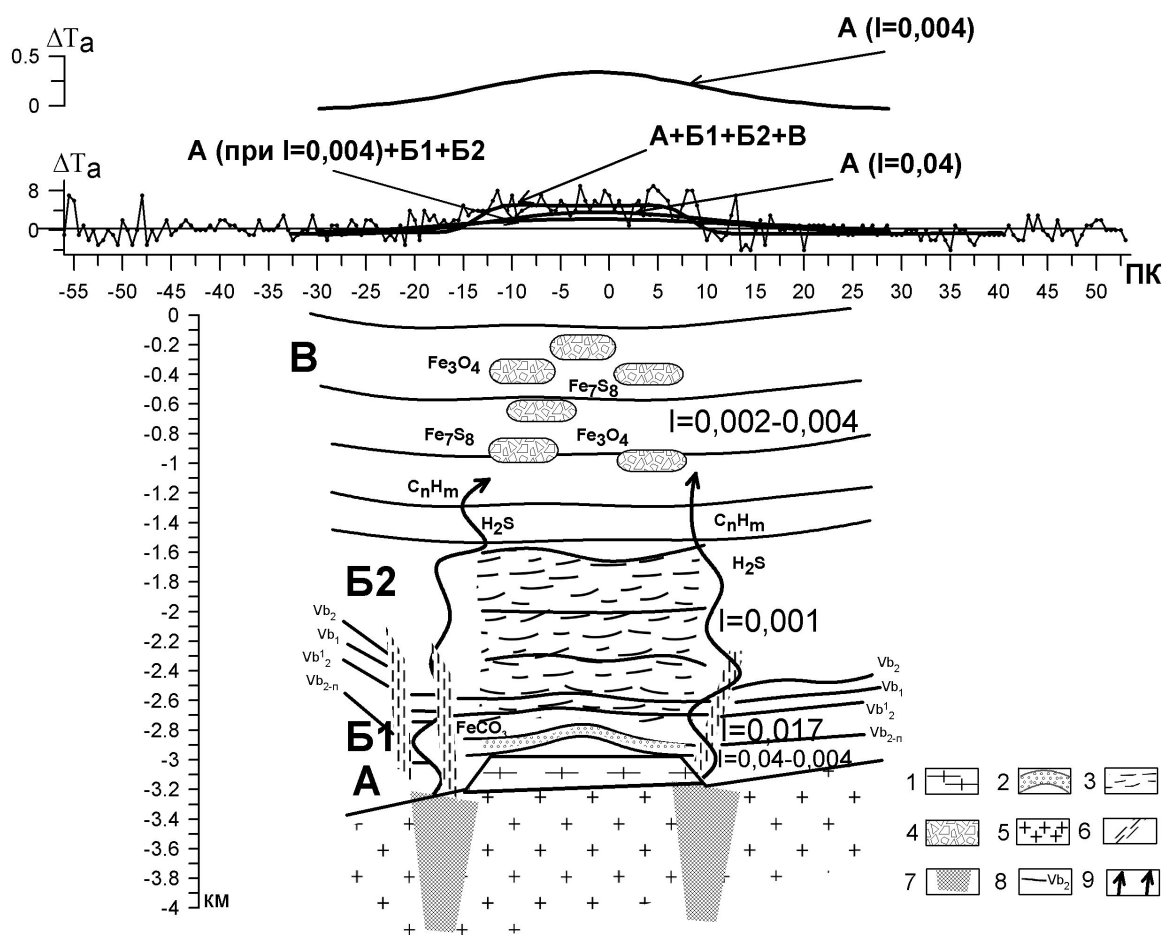
**Рисунок 2 — Спостережене та розраховане АМП  $\Delta T_a$  вздовж профіля І-І та сейсмічного розрізу на Шатравинській структурі відносно магнітних джерел в осадовому чохлі (шари Б1, Б2, В)**

верхньовізейсько-серпухівському ЛМГ малопотужних верств порід із сидеритово-анкеритовою мінералізацією. Припускаємо, що в окремих випадках МС сидеритизованих верств (шар Б1) може бути вищою, ( $\chi=500-1000 \times 10^{-5} \text{Ci}$ ) із утворенням парагенетичної асоціації сидерит-магнетит [17]. Також зроблено припущення, що високомагнітні верстви із сидеритовою мінералізацією повторюють форму малоамплітудної антиклінальної складки. Шар В являє собою літологічну неоднорідність у верхній частині осадового чохла на глибинах до 1 км над покладами ВВ із магнетитово-піротиною мінералізацією. Припускається гіпотеза утворення магнітних мінералів згідно моделі мінералогічних змін порід під впливом ВВ при формуванні магнетиту чи піротину бактеріальним або хімічним шляхом у зоні окислення. Потужність шару В вибрана близько 1 км, оскільки в інтервалі 0-1000 м за теоретичними даними є можливими хімічні процеси, які ведуть до утворення магнетиту [2-8]. Крім цього відомі знахідки

округлих стяжін цього мінералу у буровому шламї свердловин на глибинах 500-600 м [18, 19]. Вся решта частина осадової товщі між пластами А-Б приймається як слабомагнітна з величиною  $\chi=(10-20) \times 10^{-5} \text{Ci}$ , яка розташована у зоні відновлення.

При моделюванні були використані двохвимірні моделі у вигляді прямокутних паралелепіпедів безмежного простягання у субмеридіональному напрямку. В кожній із моделей в свою чергу комбінуються глибина верхніх і нижніх кромek аномальних шарів, їхня ширина і величина намагніченості. Зазначимо, що моделювання проводилось для двох варіантів орієнтації осі простягання магнітних моделей відносно магнітного меридіану: а) вісь перпендикулярна до магнітного меридіану; б) вісь паралельна до магнітного меридіану. Профіль в обох випадках перпендикулярний до осі простягання моделі.

Позначимо через  $Z_a$ ,  $H_a$  компоненти магнітного поля моделі. В кожній точці профілю L



1 – граніти у виступі кристалічного фундаменту, 2 – пласти аргілітів із конкреціями сидериту у товщі нижнього карбону; 3 – теригенно-карбонатна товща нижнього карбону; 4 – магніто-активні тіла у зоні окислення; 5 – кристалічний фундамент; 6 – тектонічні порушення в чохлі; 7 – тектонічні порушення у фундаменті; 8 – сейсмічні горизонти; 9 – зони субвертикальних неоднорідностей збільшеної проникливості.

Величини намагніченостей (I) шарів А-В приведені в А/м

**Рисунок 3** — Спостережене та розраховане АМП  $\Delta T_a$  вздовж геомагнітного профіля П-П та сейсмічного розрізу на Вовківцівській структурі відносно магнітних джерел в осадовому чохлі (шари А, Б1, Б2, В)

вони знаходяться як суми відповідних компонент поля усіх паралелепіпедів у даній точці:

$$Z_a(L) = \sum_{i=1}^N Z_j(L), \quad H_a(L) = \sum_{i=1}^N H_j(L),$$

де N – кількість паралелепіпедів в складі моделі. Компоненти поля кожного паралелепіпеду знаходимо як різниці відповідних компонент поля пари пластів великої потужності, нижній з яких зміщений вздовж бокової грані відносно верхнього і має протилежну намагніченість. Компоненти Z і H пластів великої потужності знаходяться з відомих виразів [20]:

$$Z = 2J \left[ \left( \arctg \frac{L+b}{h} - \arctg \frac{L-b}{h} \right) \cos \vartheta - \frac{1}{2} \sin \vartheta \ln \frac{h^2 + (L+b)^2}{h^2 + (L-b)^2} \right] \sin \alpha ;$$

$$H = -2J \left[ \left( \arctg \frac{L+b}{h} - \arctg \frac{L-b}{h} \right) \sin \vartheta + \frac{1}{2} \cos \vartheta \ln \frac{h^2 + (L+b)^2}{h^2 + (L-b)^2} \right] \sin \alpha ,$$

де: h, b – відповідно глибина та півширина верхньої кромки пласта;  $\alpha$  – кут нахилу пласта до площини горизонту;  $\vartheta$  – кут між напрямом вектора намагніченості і нахилом пласта до площини горизонту. Поле  $\Delta T_a$  в кожній точці профілю знаходимо з виразу

$$\Delta T_a = \frac{\mu_0}{4\pi} \times \left( \sqrt{(X_a + X_0)^2 + (Y_a + Y_0)^2 + (Z_a + Z_0)^2} - \sqrt{(X_b + X_0)^2 + (Y_b + Y_0)^2 + (Z_b + Z_0)^2} \right),$$

Таблиця 1 — Параметри геомагнітної моделі Селюхівського родовища

Джерела	Глибина, км		Намагніченість I, А/м	$\chi \times 10^{-5}$ Сі	Амплітуда модельної аномалії $\Delta T_a$ , нТл	Ширина модельної аномалії, км
	Верх.гр.	Ниж.гр.				
А	3,60	3,65	0,15	4500	0,65	6-7
А	3,60	3,65	0,15	4500	0,80	6-7
Б	3,10	3,15	0,007	200	0	
А	3,60	3,65	0,15	4500	21,82	3-4
Б	3,10	3,15	0,007	200		
В	0	1,0	0,017	500		
	0	1,0	0,002-0,004	50-120	5,30	3-4

де:  $X_b, Y_b, Z_b$  – значення відповідних теоретичних компонент в точці, що відповідає розташуванню базового пункту профіля;  $X_0, Y_0, Z_0$  – значення відповідних компонент нормального поля в районі досліджень,  $\mu_0$  – магнітна стала.

Величина намагніченості (I) в системі СІ пов'язана із МС ( $\chi$ ) та напруженістю (H) магнітного поля виразом:

$$I = \chi H \text{ (А/м), де } H \approx 40 \text{ А/м.}$$

Для усіх варіантів моделі з врахуванням намагніченостей порід розрахована амплітуда та ширина аномалії.

#### Аналіз та обговорення результатів

**Селюхівське родовище.** Для Селюхівської структури розрахунки прямої задачі виконані для геомагнітного профіля III-III, на якому аномалія  $\Delta T_a$  виділена найбільш контрастно і досягає близько 6 нТл при ширині до 4 км. При моделюванні були використані три вищеописані джерела у вигляді шарів А-В. Параметри моделі наведені у табл. 1.

На рис. 1 зображені результати порівняння розрахованих від шарів А-В аномальних ефектів. Із рисунку видно, що отримане АМП  $\Delta T_a$  більш адекватно апроксимує модель із трьома шарами, в якій головний вклад в утворення локальної аномалії вносить шар В, котрий представляє літологічну неоднорідність у верхній частині розрізу. При величині МС цього шару  $\chi = 50-120 \times 10^{-5}$  Сі, при  $I = 4 \times 10^{-3}$  А/м, товщині 1 км і протяжності близько 3 км магнітна аномалія  $\Delta T_a$  при ширині 3,7 км досягає амплітуди понад 5 нТл, що задовільно описує експериментальну криву  $\Delta T_a$ . Наявність діабазів та пластів сидеритів на глибинах відповідно 3,6 і 3,1 км викликає на поверхні магнітну аномалію амплітудою в 0,6-0,8 нТл і шириною в 7-8 км, що суперечить спостереженому АМП.

При зміні осі орієнтації магнітних моделей розрахована крива  $\Delta T_a$  буде мати дещо іншу морфологію. На рис. 1 пунктирною лінією показані криві  $\Delta T_a$  від шарів А-В при орієнтації магнітного профіля у широтному напрямку.

Отримані результати моделювання узгоджуються із розрахунками, виконаними в роботі [21] при геомагнітному моделюванні Селю-

хівського родовища. Зроблено висновок про значну роль літологічної неоднорідності у зоні окислення над покладом ВВ в утворенні магнітної аномалії  $\Delta T_a$  [21].

**Шатравинське родовище.** За результатами ВМЗ на Шатравинському родовищі на профілі I-I була зафіксована хвилеподібна локальна аномалія  $\Delta T_a$  амплітудою 4-6 нТл, шириною 3 км.

Оскільки, глибина до поверхні фундаменту становить понад 4 км, при моделюванні були використані два типи джерел у вигляді шарів Б-В.

Результати моделювання показують, що присутність на глибинах близько 4,4 км пластів магнітних пісковиків і аргілітів потужністю 100 м, шириною близько 4 км і намагніченістю  $I = 4 \times 10^{-3}$  А/м (шар Б1) і порід верхнього візе (шар Б2, при  $I = 1 \times 10^{-3}$  А/м) викликає на поверхні магнітну аномалію  $\Delta T_a$  амплітудою 0,73 нТл і шириною близько 8 км (рис. 2). У випадку наявності в моделі додаткового шару В, що представляє літологічну неоднорідність із магнітними мінералами на глибинах до 1 км у зоні окислення над покладом пісковиків (горизонт В-26), викликаний аномальний магнітний ефект у 6-7 нТл при ширині 3-4 км задовільно співставляється із розмірами спостережуваної аномалії  $\Delta T_a$  (рис. 2). Параметри магнітної моделі представлені у табл. 2.

**Вовківцівська структура.** У локальному АМП на Вовківцівській структурі на фоні регіонального фону виділяється локальна магнітна аномалія амплітудою 4-6 нТл і просторовими розмірами 4-5 км. Співставлення поля із структурними побудовами по горизонтах верхнього візе показало зміщення епіцентру  $\Delta T_a$  від склепіння Вовківцівської брахіантиклиналі і приурочення його до грабеноподібного пониження у товщі нижнього карбону, який обмежений тектонічними порушеннями, а також до виступу у кристалічному фундаменті. Ширина грабену та виступу співставима із шириною аномалії  $\Delta T_a$  (рис. 3).

При моделюванні у випадку наявності лише виступу у фундаменті (шар А) шириною в 2 км і товщині 200 м, на глибинах 3 і 3,2 км, складеного гранітами із  $\chi = (100-1200) \times 10^{-5}$  Сі отримаємо модельну криву амплітудою в

Таблиця 2 — Параметри геомагнітної моделі Шатравинського родовища

Джерела	Глибина, км		Намагніченість $I$ , А/м	$\chi \times 10^{-5}$ Сі	Амплітуда модельної аномалії $\Delta T_a$ , нТл	Ширина модельної аномалії, км
	Верх.гр.	Ниж.гр.				
Б1	3,45	4,45	0,004	120	0,73	7-8
Б2	3,0	3,45	0,001	30		
Б1	3,45	4,45	0,004	120	5-6	3-3,5
Б2	3,0	3,45	0,001	30		
В	0	1,0	0,002-0,004	50-100		

Таблиця 3 — Параметри геомагнітної моделі Вовківцівської структури

Джерела	Глибина, км		Намагніченість $I$ , А/м	$\chi \times 10^{-5}$ Сі	Амплітуда модельної аномалії $\Delta T_a$ , нТл	Ширина модельної аномалії, км
	Верх.гр.	Ниж.гр.				
А	3	3,20	0,004	100	0,36	7,2
А	3	3,20	0,04	1200	3,66	7,2
А	3	3,20	0,004	100	2,23	6,8
Б1	2,80	2,85	0,017	500		
Б2	1,60	2,80	0,001	30		
А	3	3,20	0,004	100	5	3,8
Б1	2,80	2,85	0,017	500		
Б2	1,60	2,85	0,001	30		
В	0	1,0	0,002-0,004	50-120		

0,36 нТл і шириною понад 7 км при намагніченості  $I=4 \times 10^{-3}$  А/м. У випадку збільшення намагніченості шару А ( $I=4 \times 10^{-2}$  А/м) амплітуда аномалії буде становити близько 4 нТл, ширина 7 км, що не відповідає спостережуваному АМП. При апроксимації поля  $\Delta T_a$  іншими джерелами вибирається наявність верстви порід у формі невеликої антиклінали (шар Б1) потужністю близько 50 м і шириною 3,5 км, котра складена теригенними породами в парагенетичній асоціації сидерит-магнетит у покривельній частині нижньовізейського ЛМГ на глибинах близько 2,8 км, МС якого становить  $\chi=500 \times 10^{-5}$  Сі (табл. 3). У верхньому пласті (шар Б2), який складений породами верхнього палеозою і мезозою, припускається намагніченість товщі в  $I=1 \times 10^{-3}$  А/м,  $\chi=30 \times 10^{-5}$  Сі, потужність тіла близько 1,2 км, ширина 3,5 км. За таких умов враховуючи шар А розрахована аномалія  $\Delta T_a$  буде досягати амплітуди понад 2 нТл при ширині близько 7 км (рис. 3).

У випадку четвертого шару В припускається можливість наявності покладів ВВ у корі вивітрювання фундаменту (зона відновлення) і формуванні літологічної неоднорідності на глибинах 0-1 км із  $\chi=(50-120) \times 10^{-5}$  Сі завдяки підвищеній тріщинуватості тектонічних зон, які облямовують грабеноподібне пониження у осадовому чохлі, по яких йшов підтік флюїдів ВВ у приповерхнє середовище. Шари Б1, Б2 розташовані у зоні відновлення, шар В гіпотетично розташований у зоні окислення (рис. 3).

Із результатів співставлення спостережених та розрахованих кривих  $\Delta T_a$  випливає висновок про те, що наявність виступу у фундаменті, сидеритизованого шару в товщі порід нижнього карбону створює магнітну аномалію амплітудою 2 нТл (рис. 3). Якщо припустити, що виступ у фундаменті із відповідними геометричними параметрами складений породами основного складу, типу базальтів, МС яких становить понад  $\chi=1000 \times 10^{-5}$  Сі, то в такому випадку спостережена аномалія  $\Delta T_a$  може бути викликана цим виступом. При наявності магнітної неоднорідності у приповерхневих умовах (0-1,0 км) розрахований аномальний ефект, буде задовільно описувати спостережену локальну магнітну аномалію  $\Delta T_a$ .

Вивчення вертикального розподілу МС порід, особливостей тонкої структури АМП і математичне моделювання показують, що намагніченість теригенно-карбонатної товщі порід нижнього карбону на глибинах 3-4 км є вкрай малою щоб внести істотний вплив у додатно магнітну аномалію  $\Delta T_a$  амплітудою 4-6 нТл. Наявність туфогенних порід верхнього девону, МС яких досягає  $\chi=(4500-5000) \times 10^{-5}$  Сі, на глибинах понад 4 км і виступу у фундаменті на глибинах близько 3 км також не впливає на утворення локальних магнітних аномалій. Багаточисленні вклучення та прошарки карбонатів заліза в асоціації із магнетитом в теригенній товщі нижнього карбону на глибинах близько 3 км теоретично можуть бути джерелом локальної аномалії, однак при умові їх значної по-

тужності та намагніченості, що не було виявлено під час дослідження МС керну.

Отже, основним джерелом в утворенні локальних аномалій  $\Delta T_a$  над досліджуваними нафтоносними структурами Центральної частини ДДЗ виступає магнітна верства порід у приповерхневих шарах, в якій за певних фізико-хімічних умов відбулись реакції утворення епігенетичного магнетиту або піротину бактеріальним чи хімічним шляхом [6].

### **Висновки**

Досліджувані структури у межах Центральної частини ДДЗ супроводжуються локальними магнітними аномаліями амплітудою до 10 нТл із складною морфологією, які просторово приурочені до пасток вуглеводнів у нижньокам'яновугільному нафтогазоносному комплексі. Осадова товща порід від фаменського ярусу верхнього девону до серпухівського ярусу нижнього карбону у зонах родовищах вуглеводнів та перспективних структур за величиною та дисперсією магнітної сприйнятливості є неоднорідною і диференціюється на кілька літомагнітних горизонтів.

За результатами математичного моделювання аномального магнітного поля над досліджуваними структурами у межах Центральної частини ДДЗ встановлено, що істотний вклад у тонку структуру спостережуваного поля  $\Delta T_a$  вносить магнітна неоднорідність епігенетичного походження у приповерхневих шарах до 1 км.

Природу спостережених локальних аномалій  $\Delta T_a$  із характерними амплітудно-частотними характеристиками можна пояснити в рамках моделі епігенетичних змін порід під впливом вуглеводневих флюїдів.

Проведені дослідження засвідчили існування генетичних зв'язків між тонкою структурою аномального магнітного поля із покладами вуглеводнів у карбонатних та піщанистих колекторах нижньокам'яновугільного нафтогазоносного комплексу.

### **Література**

1 Donovan T.J. Low altitude aeromagnetic reconnaissance for petroleum in the Arctic National Wildlife Refuge, Alaska / T.J.Donovan, J.D.Hendricks, A.A.Roberts, P.T.Eliason // *Geophysics*. – 1984. – Vol.49, № 8. – P. 1338–1353.

2 Березкин В.М. Геомагнитная модель месторождения углеводородов и выявления локальных магнитных аномалий от эпигенетических минералообразований на фоне геологических и промышленных помех / В.М.Березкин, В.Г.Филатов, М.Л.Овсеян // *Прикладная геофизика*. – 1998. – № 132. – С.156–164.

3 Saunders D.F. Model for hydrocarbon migration and related near-surface alterations / D.F.Saunders, K.R.Burson, C.K.Thompson // *AAPG Bulletin*. – 1999. – Vol.83, № 1 – P.170–185.

4 Schumacher D. Hydrocarbon migration and its near-surface expression / D.Schumacher, M.Abrams – *AAPG Memoir* 66, 1996. – 446 p.

5 Van der Meer F. Remote sensing and petroleum seepage: a review and case study / F.Van der Meer, P. Van Dijk, H.Van der Werff, H.Yang // *Terra Nova*. – 2002. – №14. – P.1–17.

6 Machel H.G. Magnetic mineral assemblages and magnetic contrast in diagenetic environments – with implications for studies of paleomagnetism, hydrocarbon migration and exploration / H.G Machel // Turner P., Turner A. *Paleomagnetic applications in hydrocarbon exploration and production*. – 1995. – № 98. – P.9–29.

7 Foote R.S. Relationship of near-surface magnetic anomalies to oil-and gas producing areas / R.S.Foote // Schumacher D., Abrams M. *Hydrocarbon migration and its near-surface expression*. AAPG Memoir 66. – 1996. – P.111–126.

8 Gay S.P. Epigenetic versus syngenetic magnetite as a cause of magnetic anomalies / S.P. Gay // *Geophysics*, 1992 – Vol.57. – P.60–68.

9 Maher B.A. Mineral magnetic record of the Chinese loess and paleosols / B.A.Maher, R.Thompson // *Geology*. – 1991. – Vol.19. – P.3–6.

10 Геология и нефтегазоносность Днепровско-Донецкой впадины. Глубинное строение и геотектоническое развитие / [Гавриш В.К., Забелло Г.Д., Рябчун Л.И. и др.] – К.: Наукова думка, 1987. – 148 с.

11 Максимчук В.Ю. Аналіз магнітних властивостей та мінерального складу нафтогазоносних відкладів центральної частини ДДЗ / В.Ю.Максимчук, Ю.М.Городиський, Р.С.Кудеравець // *Наук. вісник Національної гірничої академії України*. – 2001. – № 5. – С. 20–21.

12 Максимчук В.Ю. Магнітні властивості відкладів нижнього карбону Селюхівського родовища Дніпровсько-Донецької западини / В.Ю.Максимчук, Ю.М.Городиський, Р.С.Кудеравець // *Зб.наук.пр. УкрДГРІ*. – 2003. – № 1. – С. 120–125.

13 Максимчук В.Ю. Результати дослідження аномального магнітного поля на Вовківській площі північного борту ДДЗ у зв'язку з прогнозуванням нафтогазоносності / В.Ю.Максимчук, Ю.М.Городиський, Р.С.Кудеравець, С.А.Попов // *Праці наук.тов. ім. Шевченка*. – 2006. – Т. XVII. *Геофізика*. – С. 22–35.

14 Максимчук В.Ю. Перспективи використання магнітометрії для підвищення ефективності геолого-геофізичних робіт при пошуках родовищ вуглеводнів / В.Ю.Максимчук, Р.С.Кудеравець // *Перспективи нарощування та збереження енергетичних ресурсів України: наук. конф., 06-08 груд., 2006 р.: матер. допов.* – Івано-Франківськ, 2006. – С. 121–129.

15 Максимчук В.Ю. Особливості аномального магнітного поля та магнітних властивостей гірських порід на Прирічному газоконденсатному родовищі / В.Ю.Максимчук, Р.С.Кудеравець, Ю.М.Городиський, Р.Гаупп // *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ*. – 2007. – № 1. – С.19–30.



- 16 Кудеравець Р.С. Розчленування теригенно-карбонатних товщ нижнього карбону на родовищах вуглеводнів і перспективних площах північно-західної частини Дніпровсько-Донецької западини за допомогою капаметрії [Електронний ресурс] / Р.С.Кудеравець, І.Г.Крива // Техніка і прогресивні технології в нафтогазовій інженерії : міжнар. наук.-практ. конф. молод. учених, 16-20 верес. 2008 р. : матеріал допов. – Івано-Франківськ, . – 6 с. – 1 електрон. опт. диск (CD-ROM); 12 см. – Системні вимоги: Pentium-266: 32 Mb RAM; CD-ROM Windows 98/2000/NT/XP, Adobe Acrobat Reader 4.0. – Назва з контейнера.
- 17 Багин В.И. Железосодержащие минералы в пропитанных нефтью осадочных породах продуктивной толщи Азербайджана / В.И.Багин, Л.М.Малумян // Физика Земли. – 1976. – № 4. – С.73–79.
- 18 Aldana M. Magnetic and mineralogical studies to characterize oil reservoirs in Venezuela. / M.Aldana, V.Costanzo- Alvarez, S. Bolivar, M.Diaz //The Leading Edge. – 2003. – № 6. – P.526–529.
- 19 Liu Q.S. Magnetic and mineralogical characteristics of hydrocarbon microseepage above oil/gas reservoirs of Tuoku region, northern Tarim Basin, China / Q.S.Liu, S.G.Liu, Z.Qu, X.Xu, W.G.Hou // Science in China. – 1998. – Series D., Vol.41, № 2. – P.121–129.
- 20 Логачев А.А. Курс магниторазведки / Логачев А.А. – Л.: Гостоптехиздат, 1962. – 360 с.
- 21 Орлюк М.И. Магнитометрические исследования при региональном и локальном прогнозе нефтегазоносности земной коры Днепровско-Донецкой впадины / М.И. Орлюк, В.Е.Максимчук, Г.И.Вакарчук, П.М.Чепиль // Геоф.журнал. – 1998. – №3. – С.92-102.

*Стаття поступила в редакційну колегію*

*30.10.08*

*Рекомендована до друку професором*

*Б. Й. Масвським*