

# Дослідження та методи аналізу

УДК 550.8+550.838

## ДОСЛІДЖЕННЯ АНОМАЛЬНОГО МАГНІТНОГО ПОЛЯ ТА МАГНІТНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГІРСЬКИХ ПОРІД НА ПРИРІЧНОМУ ГАЗОКОНДЕНСАТНОМУ РОДОВИЩІ

<sup>1</sup>В.Ю.Максимчук, <sup>1</sup>Р.С.Кудеравець, <sup>1</sup>Ю.М.Городиський, <sup>2</sup>Р.Гаупп

<sup>1</sup>Карпатське відділення Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, 79063, м. Львів, вул. Наукова, 3-б, e-mail: depart10@cb-igph.lviv.ua

<sup>2</sup>Інститут геологічних наук Єнського університету ім. Ф.Шіллера, Німеччина, 00749, м. Єна, Бургсвег, 11, e-mail: gaupp@uni-jena.de

Поданы результаты исследования аномального магнитного поля, вертикального и латерального распределения магнитной восприимчивости осадочных толщ нижнего карбона на Приречном газоконденсатном месторождении. Обнаружено сложную структуру локального магнитного поля, обусловленную особенностями геологического строения фундамента и верхней части осадочного чехла. Установлены заметные отличия в параметрах магнитной восприимчивости отложений нижне- и верхневизейского подъярусов нижнего карбона, которые обусловлены литологией и фаціальными условиями образования пород. Наблюдается нивелирование величин магнитной восприимчивости пород в зоне залежи. Обсуждается гипотеза механизма связи локальных аномалий с нефтегазоносностью и перспективы развития магнитометрических исследований в нефтепоисковых целях

The results of anomalous magnetic field and vertical/lateral distribution of a magnetic susceptibility of the Low Carboniferous sediments investigations in the Pryrichna gas-condensate deposit had been shown. It was defined the complex structure of a lateral magnetic field, which is connected with a peculiarities of a basement's geological structure and the upper part of the sediment cover. Were stated significant differences in parameters of a magnetic susceptibility in the Lower Carboniferous (lower and upper Visean) sediments, which depend from lithological and facial conditions of sedimentation. The levelling of rocks magnetic susceptibility in the deposit was observed. The hypothesis of conjunction mechanism for local anomalous with oil and gas bearing and perspectives of magnetic metering for hydrocarbons searching are discussed

### Вступ

Практика проведення високоточних магнітних зйомок в нафтогазоносних районах, як в аеро-, так і наземному варіантах, свідчить про наявність над покладами нафти і газу характерних магнітних аномалій невеликої амплітуди або аномалій типу „поклад” [1-4]. Основна гіпотеза їх природи ґрунтується на фізико-хімічних змінах порід в зонах родовищ нафти і газу із вуглеводневими флюїдами. Прийнято вважати, що тривале просочування вуглеводних ( $C_nH_m$ ) і неуглеводних ( $H_2S$ ,  $CO_2$ ,  $H_2$ ,  $CO$  і інших) сполук до денної поверхні по системі тріщин, в зонах тектонічних розломів, викликає мінералогічні зміни порід покришки і приповерхневих відкладів: зміна глинистих і карбонатних мінералів, „оглеїння” („bleaching”) черво-

нокольорових відкладів, утворення сульфідних мінералів, виникнення епігенетичного магнетиту, піротину, грейгіту і інших магнітних мінералів, електрохімічні процеси [5-7]. Факти виявлення за допомогою електронної мікроскопії кулястих стяжін магнетиту у приповерхневих відкладах і ґрунтах над вуглеводневими покладами, також може пояснити існування магнітних аномалій [8, 9]. Однак питання мінералогічних змін порід над покладами вуглеводнів до сьогодення є дискусійними [10-12].

Метою даної роботи є дослідження аномального магнітного поля та пошарово-латеральної мінливості магнітної сприйнятливості гірських порід на Приречному газоконденсатному родовищі в ДДЗ для пошуку малоамплітудних аномалій типу „поклад” і характерних ознак зв'язку виявлених аномалій із нафтогазоносніс-

тю. Для досягнення цього завдання виконана наземна профільна магнітна зйомка, проведено вимірювання магнітної сприйнятливості керна-вого матеріалу, виконано рентгенфлюорисцентний аналіз порід на Прирічній площі.

### Геологічний опис, методика робіт

Прирічне газоконденсатне родовище в регіональному відношенні знаходиться в межах середньої частини південної прибортової зони Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ) і приурочене до південно-західного схилу Лохвицької депресії (рис. 1). По сейсмодібваючому горизонту Vb<sup>3</sup> (нижньовізейська карбонатна плита) Прирічна структура приурочена до периклінальної частини, крил Авдієвського підняття, яке являє собою геміантикліналь північно-східного простягання. Північно-західне крило цієї структури виражено нечітко, занурюючись в сторону Лохвицького прогину, а південно-східне, падаючи в однойменному напрямку, утворює бухтоподібний прогин. З південного сходу цей прогин замикає Ісківцівська структура, яка являє собою в плані типовий структурний ніс. В напрямку на північ ізогіпси занурюються до Річної структури, яка є складовою частиною Лохвицького прогину.

Газоносність родовища пов'язана із біогермно-рифогенними спорудами нижнього візе. Із свердловини Прирічна 3, було одержано припливи газоконденсату із горизонту В-24-25 (4702-4783 м). Пройдений інтервал складений сірими і темно-сірими органогенними вапняками, нерідко окремнелими і просякнутими бітумом. За своїми літологічними, емнісно-фільтраційними, колекторськими властивостями вони є аналогом вапняків в межах відомого Селюхівського нафтового родовища.

Високоточна магнітна зйомка на Прирічній площі проведена на 7 профілях загальною довжиною 76 км. Схему розташування профілів зображено на рис. 2. Усі профілі, за виключенням профіля V-V, орієнтовані у субмеридіональному напрямку навхрест до простягання структури. Профіль V-V має субширотне простягання. Довжина профілів планувалась таким чином, щоб забезпечити вихід в нормальне поле. Відстань між профілями становить від 0,7 до 2,2 км. Виміри модуля поля Т виконувались протонним магнітометром ММП-203. Введення поправок за варіації поля Т здійснювалось за допомогою магнітоваріаційної станції МВ-01 (з чутливістю 0,1 нТл), розташованої поблизу району робіт. Середньоквадратична похибка зйомки не перевищує  $\pm 1,5$  нТл. Для вивчення структури аномального магнітного поля геомагнітна зйомка виконувалась з кроком 50 м, що дає можливість збільшити детальність вивчення аномалій  $\Delta T$  і тим самим вивчати статистичні характеристики аномального магнітного поля.

Первинна обробка спостережень на геомагнітних профілях проводилась безпосередньо в полі і полягала в знаходженні різницевого поля  $\Delta T$  для кожного пікету. Подальші кроки включали фільтрацію вхідних даних, зняття тренду

та виділення локальних аномалій  $\Delta T_a$  за допомогою ортогональних поліномів низьких порядків та графічного згладження. Побудова карт-схем регіонального і залишкового магнітного поля виконувалась за допомогою програми Surfer 7,0, при генерації сітки методом Radial Basis Function.

Методика вивчення магнітних властивостей гірських порід полягала у вимірюванні магнітної сприйнятливості (МС)  $\chi$  керна. Вимірювання МС керна проведено для чотирьох свердловин Прирічна-3, Ісківці-315, Архипівська-1 та Річна-386. Магнітна сприйнятливість вимірювалася за допомогою капаметра КТ-5, з чутливістю  $1 \times 10^{-5}$  Сі. Аналіз експериментальних результатів вимірювань  $\chi$  керна із досліджених свердловин ускладнювався нерегулярністю відбору кернавого матеріалу. У свердловині зустрічаються проміжки від 15 м до 150 м, для яких керна відсутній, в той же час інтервали з наявним керном мають різну потужність. З метою забезпечення максимально можливої інформативності даних, вимірювання МС проводилися через кожні 10-15 см у кожному інтервалі відбору керна.

Рентгенофлюорисцентний кількісний аналіз виконувався на приладі Seifert-FPM XRD7 із програмним забезпеченням Rayflex-Software в Інституті наук про Землю Єнського університету ім.Ф.Шіллера (Німеччина). Метод базується на залежності рентгеновської флюоресценції від концентрацій хімічних елементів в пробі породи. При проходженні крізь зразок рентгеновських променів виникає характерне флюоресцентне випромінювання атомів, яке є пропорційним до їх вмісту в пробі. Випромінювання розкладається в спектр за допомогою кристал-аналізатора і при використанні електронних лічильників визначається його інтенсивність. Для аналізу були відібрані проби керна з різних вікових горизонтів із св.Прирічна-3 (6 проб) і св.Ісківці-315 (10 проб).

### Аналіз експериментальних даних

За результатами обробки експериментальних даних по профілях побудовано графіки різницевого поля  $\Delta T$  та локального аномального поля  $\Delta T_a$ . Регіональну складову  $\Delta T$  продемонстровано на прикладі профілів I-I, III-III, IV-IV, і V-V, яку отримано шляхом апроксимації поля степеневим поліномом (рис. 3, а).

Просторова структура магнітного поля  $\Delta T$  зображена на рис. 2. Його ізолінії змінюють своє простягання від субмеридіонального на півночі і в центрі ділянки до субширотного на півдні. Інтенсивність поля поступово зростає із пд.-сх. (65 нТл) на пч.-зх. (145 нТл). В центральній частині площі ізолінії  $\Delta T$  утворюють бухтоподібний згин, який може бути зумовлений неоднорідностями у фундаменті або в осадовому чохлі.

В результаті зняття регіонального тренду отримано графіки залишкового поля  $\Delta T_a$  по усіх 7 профілях. За виключенням профіля VI-VI,

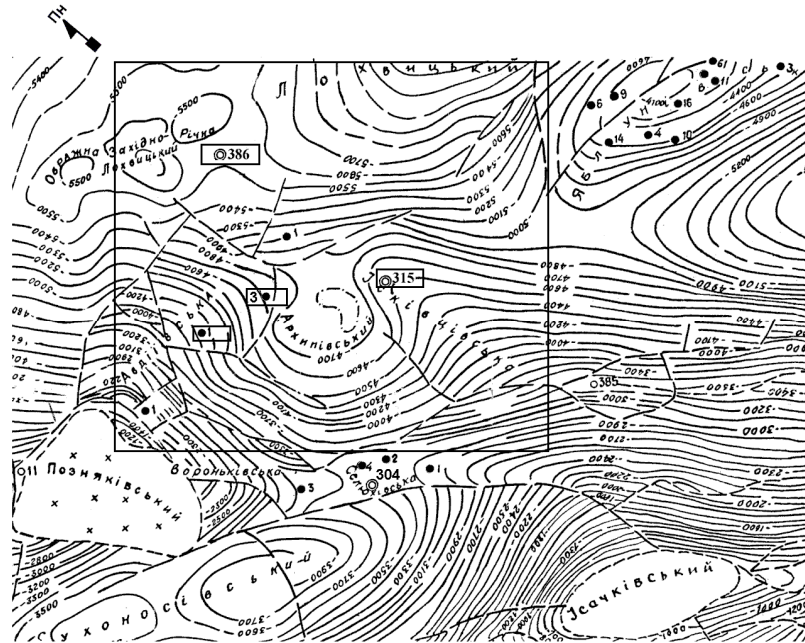
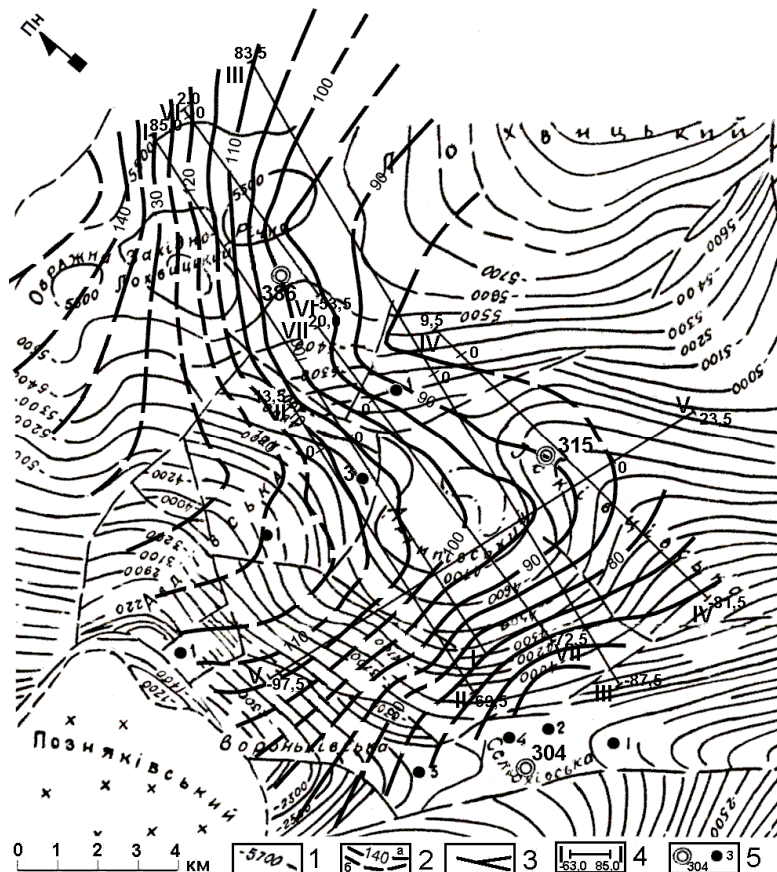
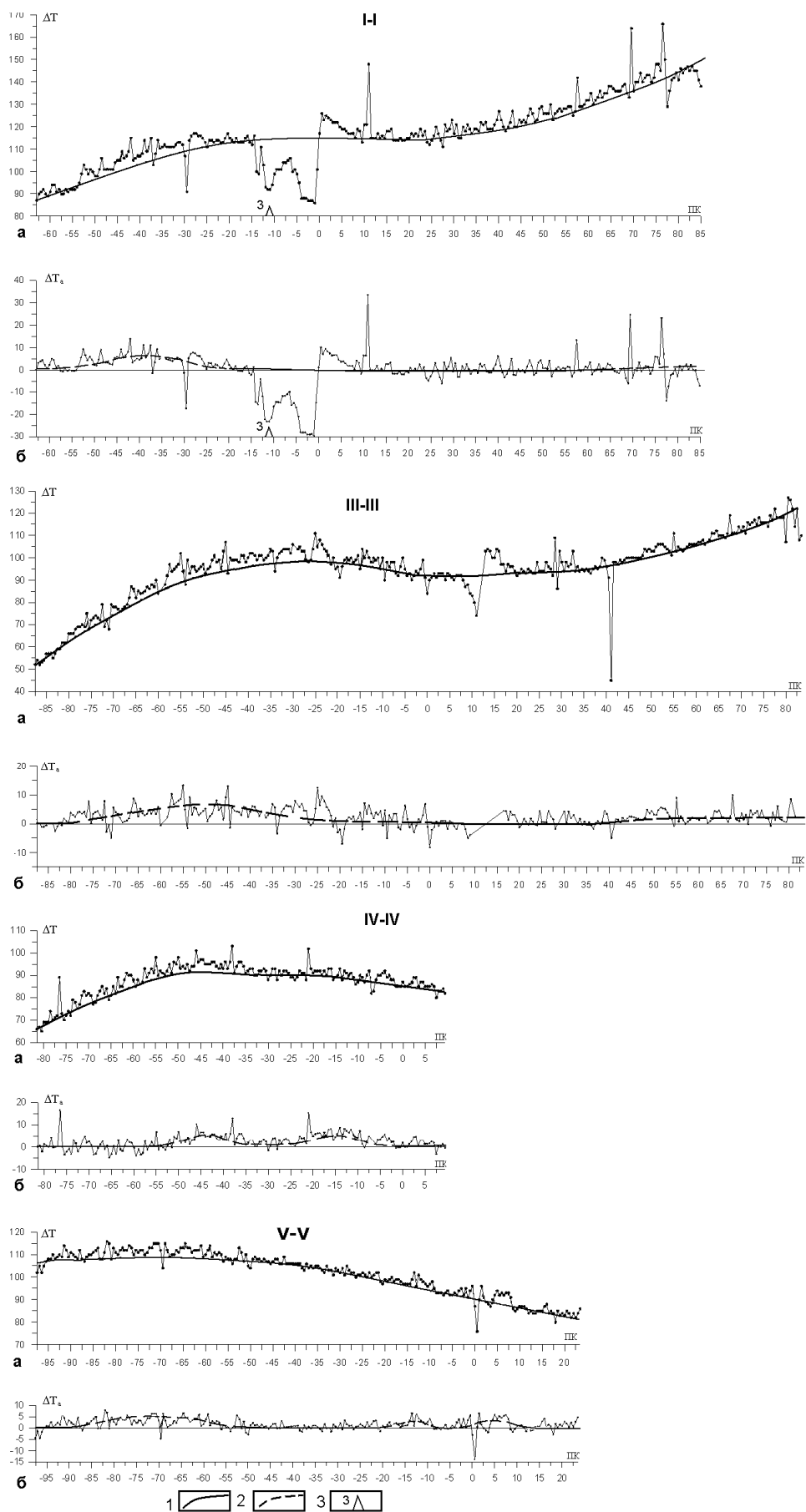


Рисунок 1 — Фрагмент структурної карти покрівлі нижньовізейської карбонатної товщі нижнього карбону (1999 р., за матеріалами Чернігівського відділення УкрДГРІ, прямокутниками позначений район проведення магнітної зйомки і свердловини, по керну яких проводилось вивчення магнітної сприйнятливості)

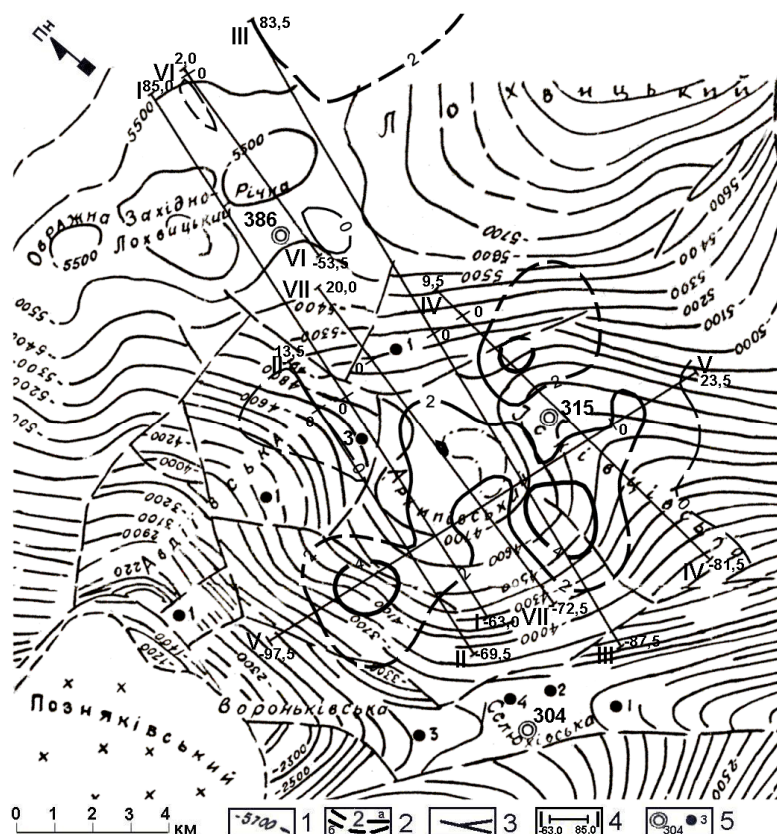


1 – ізогіпси відбиваючого горизонту  $Vb^3$ ; 2 – ізолінії  $\Delta T$  (а – дійсні, б – умовні); 3 – розривні порушення; 4 – початкові і кінцеві пікети геомагнітних профілів; 5 – свердловини

Рисунок 2 — Структурна карта по відбиваючому горизонту  $Vb^3$  (за матеріалами ЧВ УкрДГРІ, 1999) та ізолінії магнітного поля  $\Delta T$  на Прирічній площі



1 – апроксимоване поле  $\Delta T$ ; 2 – згладжене поле  $\Delta T_a$ ; 3 – проекція свердловини Прирічна-3  
 Рисунок 3 — Різницеве поле  $\Delta T$  (а) і залишкове  $\Delta T_a$  (б) по профілях I-I, III-III, IV-IV і V-V



1 – ізогони відбиваючого горизонту  $V_{b3}$ ; 2 – ізолнії  $\Delta T_a$  (а – дійсні, б – умовні);  
3 – розривні порушення; 4 – геомагнітні профілі; 5 – свердловини

**Рисунок 4 — Залишкове магнітне поле  $\Delta T_a$  на Прирічній площі**

на них усіх можна помітити локальні аномалії  $\Delta T_a$ . Найбільш яскраво вони виділяються на профілях I-I, III-III, IV-IV і V-V, які зображені на рис. 3, б. Залишкові аномалії  $\Delta T_a$  характеризуються додатнім знаком, амплітудою до 5-6 нТл, шириною від 3 до 5 км.

Аномальна зона на профілі I-I виділяється в межах ПК-55 – ПК-17,5. Її виділення сильно ускладнене внаслідок розташування поблизу профіля продуктивної свердловини Прирічна-3. На профілі III-III локальна аномалія  $\Delta T_a$  найбільш контрастно виділяється між ПК-72,5-ПК-20. Її амплітуда в екстремальній частині (ПК-50) досягає 5-7 нТл. У флангових частинах помітні короткоперіодні аномалії (до 10 нТл), ПК-72,5, ПК-20. За своїми морфологічними характеристиками вони є подібними до аномалій типу „поклад”. Досить цікавою є поведінка аномального магнітного поля на профілі IV-IV. Залишкова аномалія  $\Delta T_a$  шириною близько 4 км між ПК-50-ПК-10 має хвилеподібний характер, що робить її подібною до модельної аномалії за В.Берьозкіним [3]. Незважаючи на те, що профіль V-V проходить вздовж ізолоній  $\Delta T_a$ , на ньому також впевнено виділяються 2 аномальні зони. Перша із них локалізується на ділянці ПК-87,5-ПК-52,5. Вона характеризується куполоподібною формою, досягаючи в екстремальній частині амплітуди близько 5 нТл. Друга аномалія  $\Delta T_a$  знаходиться східніше, між ПК-20-ПК-10. В її морфології є помітною хвилеподібна

складова  $\Delta T_a$ . Екстремум знаходиться в околі ПК-17,5 і ПК-5. На профілях II-II і VII-VII виділені аномалії  $\Delta T_a$  мають невелику амплітуду, до 3 нТл.

Просторову структуру залишкової аномалії  $\Delta T_a$  зображено на рис. 4. Хоча характер поля  $\Delta T_a$ , у зв'язку із невеликою кількістю профілів має схематичний вигляд, однак спостерігається кореляція поля  $\Delta T_a$  між профілями, що дає підстави зробити певні просторові побудови. В загальному можна стверджувати про існування на Прирічній площі локальних аномалій поля  $\Delta T_a$  і про їх співпадіння з контуром Прирічної структури по горизонту  $V_{b3}$ . В той же час поле  $\Delta T_a$  має складний мозаїчний характер. На фоні загальної аномалії (близько 2 нТл), яскраво виділяються три локальних максимуми інтенсивністю до 5-6 нТл. Характерно, що локальні аномалії  $\Delta T_a$  розміщені за межами купола структури, на її схилах і приурочені до розривних порушень (рис. 4).

Вивчення магнітних властивостей гірських порід на Прирічній площі проведено на основі аналізу вимірів МС керну із св.Прирічна-3, Ісківці-315, Архипівська-1 і Річна-386 (рис. 2, 4). За керновим матеріалом геологічний розріз Прирічної структури досліджено на різні глибини: від 2615 м до 5750 м у св.Річна-386, яким охоплено віковий інтервал від нижньої пермі у св.Річна-386 до верхнього девону у св.Архипівська-1 і Ісківці-315.

Таблиця 1 — Середні значення магнітної сприйнятливості гірських порід ( $\chi$ ) та кількість замірів ( $n$ ) із св.Прирічна-3, Ісківці-315, Річна-386 і Архипівська-1

Ярус, світа	Тип породи	Свердловини							
		св.Прирічна-3		св.Ісківці-315		св.Річна-386		св.Архипівська-1	
		Середнє значення магнітної сприйнятливості $\chi \times 10^{-5} \text{Ci}$ та кількість замірів ( $n$ )							
		$\chi$	$n$	$\chi$	$n$	$\chi$	$n$	$\chi$	$n$
Нижній перм	вапняки					6	17		
C <sub>1v2</sub> перекопівська	аргіліти			30	17	22	68		
	алевроліти			(4-37)	6				
	пісковики			5	9				
	вапняки			18	2				
C <sub>1v2</sub> андріяшівська	аргіліти	12	71	14	25	18	73	19	26
	алевроліти	15	25	23	3	13	7		
	пісковики			4	11	6	117	4	48
C <sub>1v2</sub> солохівська	аргіліти	18	37	22	7	24	97	4	23
	алевроліти					11	19		
	пісковики			(2-12)	3				
	вапняки							2	10
C <sub>1v1</sub> яблунівська, артюхівська	аргіліти	6	67			4	42	2	18
	алевроліти	13	18						
	вапняки	6	33	1	2			4	12
C <sub>1v1</sub> песківська	аргіліти			3	2			9	57
	вапняки			4	3				
C <sub>1tr</sub>	аргіліти			3	2			5	10
	алевроліти			3	3			13	27
	пісковики			3	23			5	74
D <sub>3fm</sub>	аргіліти			7	1				
	алевроліти			9	5				
	пісковики			3	4			3	3
	вапняки			4	5			5	9

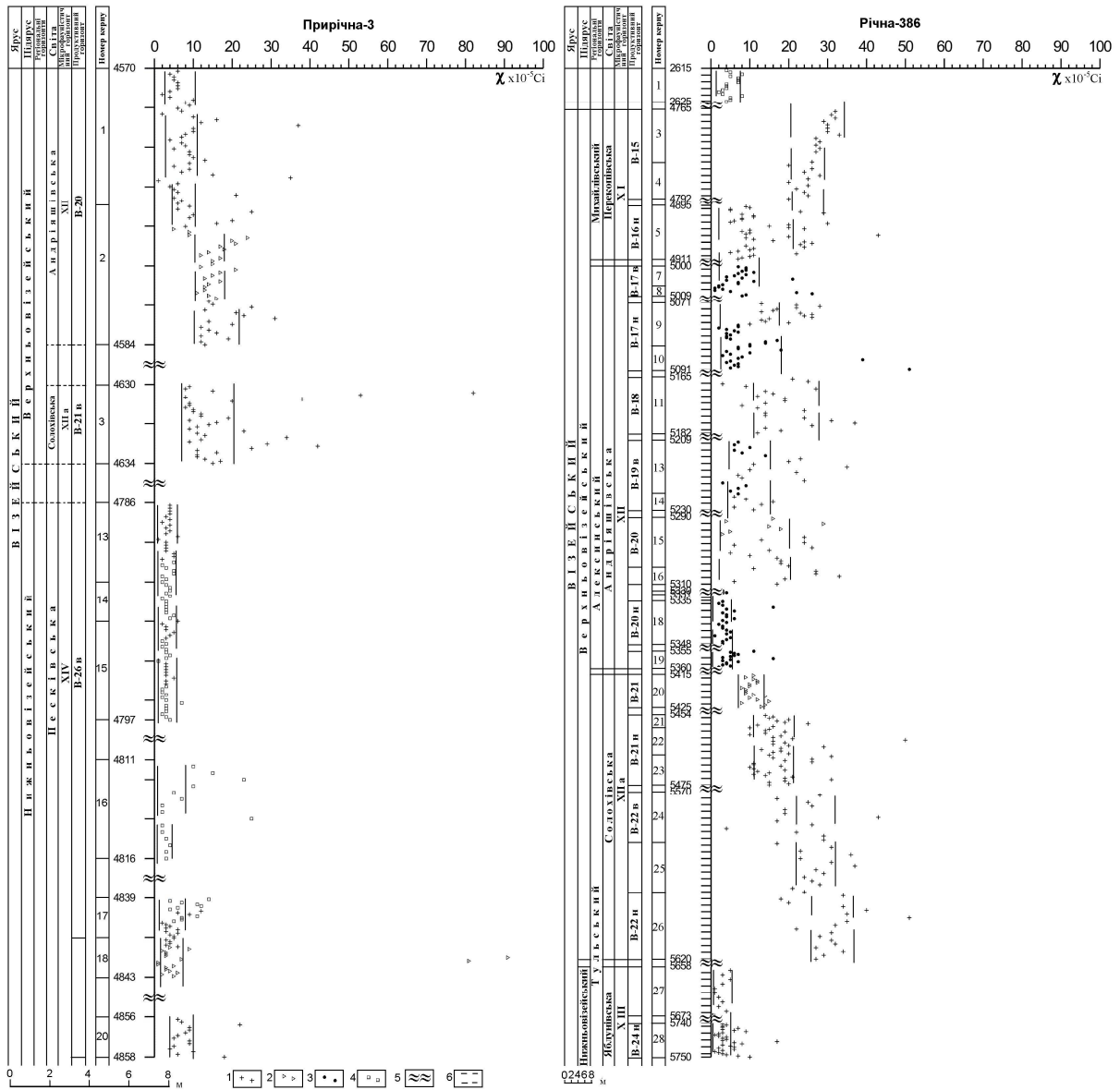
Найбільший відсоток керна характеризує розріз верхнього і нижньовізейського під'ярусів нижнього карбону. У літологічному відношенні це теригенно-карбонатні утворення поліфаціального типу. У таблиці 1 наведено середні значення МС керна усіх типів порід і вікових горизонтів, представлених у 4 свердловинах. Вертикальний розподіл МС порід у всіх свердловинах приблизно однаковий, тому розглянемо його особливості на прикладі св.Річна-386, оскільки по ній було виконано найбільшу кількість експериментальних вимірювань МС.

Діаграма розподілу МС порід по цій свердловині наведена на рис. 5. Отож, початок розрізу свердловини за керном характеризує нижньо-пермський відділ (2615-2625 м). Він представлений вапняковистими породами із значеннями  $\chi_c = 6 \times 10^{-5} \text{Ci}$ . Далі після 2,14 км буріння без відбору керна, розріз свердловини характеризує пачка порід перекопівської світи верхнього візею (4765-4911 м). Вона складається із плитчастих чорних аргілітів із середніми величинами  $\chi_c = 20 \times 10^{-5} \text{Ci}$ . Більш різноманітним є літологічний набір порід притаманний андріяшівській світі верхньовізейського під'ярус (5000-5360 м.). Це чорного кольору аргіліти ( $\chi_c = 18 \times 10^{-5} \text{Ci}$ ), темно-сірі алевроліти ( $\chi_c = 13 \times 10^{-5} \text{Ci}$ ), світло-сірі

кварцеві пісковики, для яких характерні найменші величини  $\chi_c = 6 \times 10^{-5} \text{Ci}$ . Солохівська світа верхнього візею (5415-5620 м) у даній свердловині представлена алевролітами у верхній частині ( $\chi_c = 10 \times 10^{-5} \text{Ci}$ ) і аргілітами у нижній, МС яких є дещо вищою,  $\chi_c = 25 \times 10^{-5} \text{Ci}$ . І нарешті, розріз закінчується фрагментом яблунівської світи нижнього візе (5658-5750 м), охарактеризованої аргілітами із досить низькими величинами МС,  $\chi_c = 4 \times 10^{-5} \text{Ci}$ .

Розподіл МС порід турнейського ярус (фаменського ярус) добре характеризують св.Архипівська-1 і Ісківці-315. Для турне притаманне перешарування теригенних порід із невисокими значеннями  $\chi$ : алевроліти  $\chi_c = 5 \times 10^{-5} \text{Ci}$ , пісковики  $\chi_c = 13 \times 10^{-5} \text{Ci}$  і аргіліти із  $\chi_c = 5 \times 10^{-5} \text{Ci}$ . Така ж картина розподілу МС порід характерна і для розрізу верхнього девону. Тут присутні вапняки із  $\chi_c = 5 \times 10^{-5} \text{Ci}$ , алевроліти ( $\chi_c = 9 \times 10^{-5} \text{Ci}$ ), пісковики ( $\chi_c = 3 \times 10^{-5} \text{Ci}$ ).

Найбільш чітко у вертикальному розподілі МС порід у всіх свердловинах виділяється верхньовізейська товща від нижньовізейської. Це відображено у гістограмі на рис. 6. Для глинистих порід кожного під'ярус була обрахована загальна кількість замірів  $\chi$  і розділена на 6 діапазонів. В результаті помітно, що у процен-



1 – аргіліти, 2 – алевроліти, 3 – пісковики, 4 – вапняки, 5 – інтервали без відбору керну, 6 – умовні лінії мінімальних і максимальних значень  $\chi$

Рисунок 5 — Розподіл магнітної сприйнятливості керну по св.Прирічна-3 і Річна-386

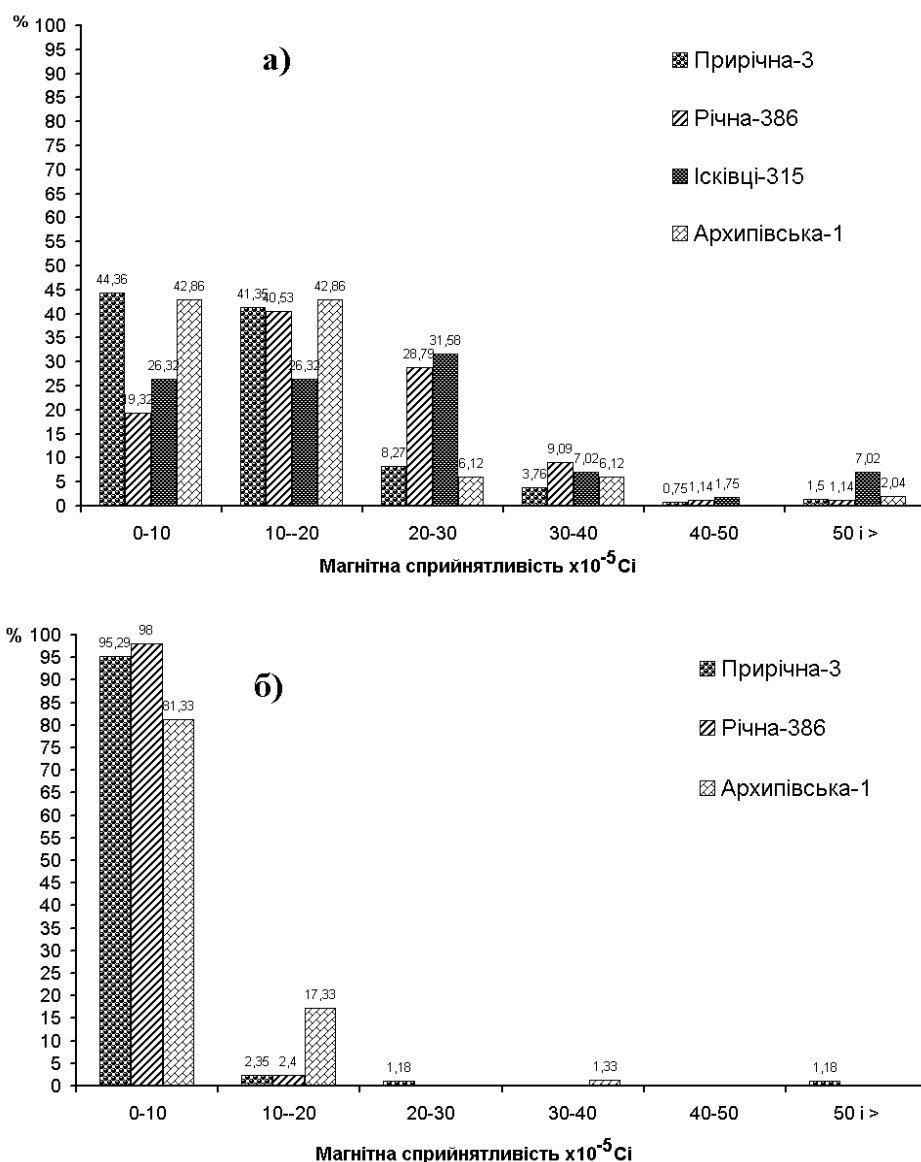
тному відношенні найбільша кількість значень МС аргілітів верхнього візе потрапляє у 3 діапазони – 0-10, 10-20 і 20-30  $\times 10^{-5}$  Сі. У випадку нижнього візе, майже усі значення  $\chi$  лежать у межах від 0 до 10  $\times 10^{-5}$  Сі. Це можна пояснити фациальними умовами утворення відкладів візейського ярусу, про що згадувалось у наших попередніх роботах [13-15].

Розглядаючи латеральний розподіл МС однакових вікових і літологічних горизонтів між 4 свердловинами, слід зауважити їх досить добру кореляцію за  $\chi$ .

Причому значення  $\chi$  літомагнітних горизонтів у продуктивній св. Прирічна-3 є меншими і характеризуються невеликою дисперсією МС порівняно із непродуктивною св. Річна-386. Так, середні значення МС порід нижнього візею у св.Прирічна-3 складають  $\chi=3 \times 10^{-5}$  Сі із дисперсією D від 0,4 до 1,3, а у св.Річна-386

$\chi_c=(2,7-4,6) \times 10^{-5}$  Сі, а D коливається від 2,02 до 5,2. Крім цього помітно плавний і згладжений розподіл значень  $\chi$  порід верхньовізейського під'ярусу у св. Прирічна-3, що яскраво проілюстровано на рис. 5.

Вивчення речовинного складу зразків порід нижнього карбону виконувалось за допомогою рентгенфлюоресцентної спектрометрії. При латеральній кореляції порід одного і того ж віку та типу найцікавіші дані були отримані в результаті аналізу 6 проб керну із верхньовізейського під'ярусу по св.Прирічна-3 і Ісківці-315 (табл. 2). Верхня частина таблиці відображає процентний склад основних породоутворюючих компонентів (сполуки із киснем), а в нижній подано вміст окремих хімічних елементів в г/т породи (ppm). Відзначимо більший вміст загального ( $Fe^{+2}, Fe^{+3}$ ) заліза  $Fe_2O_3$ , а також  $TiO_2, V, Zn, Sr, Zr$  у пробі алевроліта з інтерва-



**Рисунок 6 — Гістограма середніх значень магнітної сприйнятливості глинистих порід верхнього (а) і нижнього (б) візе по св.Прирічна-3, Річна-386, Ісківці-315, Архипівська-1**

лу 4577-4584 м у св.Прирічна-3. У його аналога із св.Ісківці-315, інтервал 4322-4329 м, вміст наведених окислів і елементів є дещо меншим. Така ж закономірність спостерігається і для проби на глибині 4630-4634 м (св.Прирічна-3), що відібрана із товщі аргілітів, які служать покришкою для газоконденсатного покладу у карбонатах нижнього візе. Вміст загального заліза ( $Fe_2O_3=8,92$ ) тут в декілька разів вищий, ніж у пробі з інтервалу 4160-4168, ( $Fe_2O_3=0,59$ ). Це стосується також  $TiO_2$  і важких металів V, Cr, Zn, Sr, Zr. Слід звернути увагу на підвищений вміст S (10220 г/т) у перекриваючих поклад аргілітів.

### Обговорення результатів

Проведена обробка експериментальних профільних даних магнітної зйомки і побудова картсхем різницевого поля  $\Delta T$  і залишкового поля  $\Delta T_a$  дозволило виявити певні закономірності.

У структурі різницевого поля  $\Delta T$ , яка, очевидно, відображає перш за все речовинний склад та будову фундаменту, особливих аномалій (при перетині ізоліній 5 нТл) не спостерігається. Привертає увагу лише різка зміна в районі робіт напрямку простягання ізоліній із субмеридіонального на субширотний, а також певний "роздув" ізоліній  $\Delta T$  безпосередньо над куполом Прирічної структури, що вказує на присутність додаткового джерела поля  $\Delta T$ .

Просторова структура залишкового поля  $\Delta T_a$  значно складніша і має мозаїчний характер. Виділені локальні максимуми  $\Delta T_a$  підтверджені, як правило, лише на одному профілі, що може бути пояснено їх незначною кількістю на площі робіт. Однак аналіз поля  $\Delta T_a$  на профілях свідчить про високу надійність виділення залишкових аномалій.

Вони характеризуються куполоподібною, хвилеподібною структурою із амплітудою 3-6 нТл із ускладненням на флангах короткоперіодними



Таблиця 2 — Результати рентгенофлюоресцентного аналізу проб порід верхньовізейського під'ярусу із св.Прирічна-3 і св.Ісківці-315

	ПРИРІЧНА-3			ІСКІВЦІ-315		
	Глибина (м),	4577-4584	4630-4634	4322-4329	4160-4168	4184-4190
	порода	алевроліт	аргіліт	алевроліт	аргіліт	аргіліт
	$\chi_{\text{сер}} \times 10^{-5}$ Сі	11	18	9	31	24
Процентний вміст	SiO <sub>2</sub>	59,98	48,86	77,71	91,95	60,52
	TiO <sub>2</sub>	1,67	1,6	1,47	0,36	0,98
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	28,83	33,89	13,79	6,35	22,11
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Т)	5,14	8,92	4,58	0,59	7,29
	MnO	0,02	0,06	0	0,01	0,07
	MgO	1,1	1,83	0,42	0,06	2,53
	CaO	0,23	1,07	0,05	0,06	0,28
	Na <sub>2</sub> O	0,54	0,68	0,32	0,26	1,53
	K <sub>2</sub> O	2,32	2,66	1,59	0,36	4,44
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,13	0,25	0,06	0,03	0,17
	SO <sub>3</sub>	0,04	0,18	0,03	0	0,08
	<b>Сума</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,02</b>	<b>100,03</b>	<b>100,00</b>
PPM (г/г)	As	14	47	34	0	7
	Ba	219	276	253	257	498
	Pb	37	38	70	6	24
	Co	24	18	27	8	17
	Ni	49	59	69	12	64
	Cu	16	21	16	3	39
	S	9139	10220	31089	823	673
	V	140	239	129	35	167
	Cr	82	104	87	28	104
	Zn	132	74	39	15	133
	Sr	156	180	76	46	117
	Zr	609	400	718	154	148
	U	6	4	7	2	4

аномаліями з амплітудою до 10-15 нТл. Така морфологічна характеристика залишкових аномальних ефектів  $\Delta T_a$  є досить подібною до аномалій, які були виявлені нами на інших родовищах і перспективних площах в ДДЗ [13-20].

Загалом, аналізуючи просторові особливості  $\Delta T_a$ , можна констатувати приуроченість аномалій залишкового поля до склепіння Прирічної структури. В той же час, максимальні значення (5-6 нТл) поля  $\Delta T_a$ , характерні для локальних аномалій, що розташовані на схилах структури. Цікавим є факт їх приурочення до розривних порушень. Оскільки, для Прирічної структури, контур газоносності поки що не встановлений, то неможливо однозначно зробити висновок про зв'язок аномалій  $\Delta T_a$  з покладами вуглеводнів. Складний мозаїчний характер структури поля  $\Delta T_a$ , може свідчити про неоднорідний розподіл у верхній частині розрізу його джерел. Це узгоджується із моделлю В.Берьозкіна [3], про можливість епігенетичних перетворень ферромагнітних мінералів над покладами вуглеводнів. Факт приурочення аномалій  $\Delta T_a$  до розривних порушень може бути пояснений тим, що в тріщинуватих розломних

зонах створюються кращі умови для міграції флюїдів і для інтенсивнішого протікання епігенетичних процесів.

Враховуючи ці експериментальні дані, побудовано магнітну модель в рамках теорії утворення магнітних і немагнітних мінералів внаслідок взаємодії систем: флюїди легких вуглеводнів  $\leftrightarrow$  навколишні породи субстрату. Джерело статичної аномалії  $\Delta T_a$  моделюється системою призм безконечного простягання (рис.7). Вони представлені пластами А і Б, які характеризують частину розрізу з окислювальними умовами із можливими новоутвореними магнітними мінералами та охоплюють інтервал глибин від 1,3 до 3,0 км. Зона В перебуває в інтервалі від 3,0 до 4,2 км і характеризує відновну зону, де утворюються мінерали, які ведуть до зменшення намагніченості товщі (табл. 3). В якісному плані модель не суперечить результатам вивчення магнітної сприйнятливості порід.

Вивчення магнітних властивостей осадових товщ на основі вимірів МС керну із 4 свердловин, дозволило виділити декілька літомагнітних горизонтів, які достатньо добре корелюються між собою за розподілом  $\chi$ .

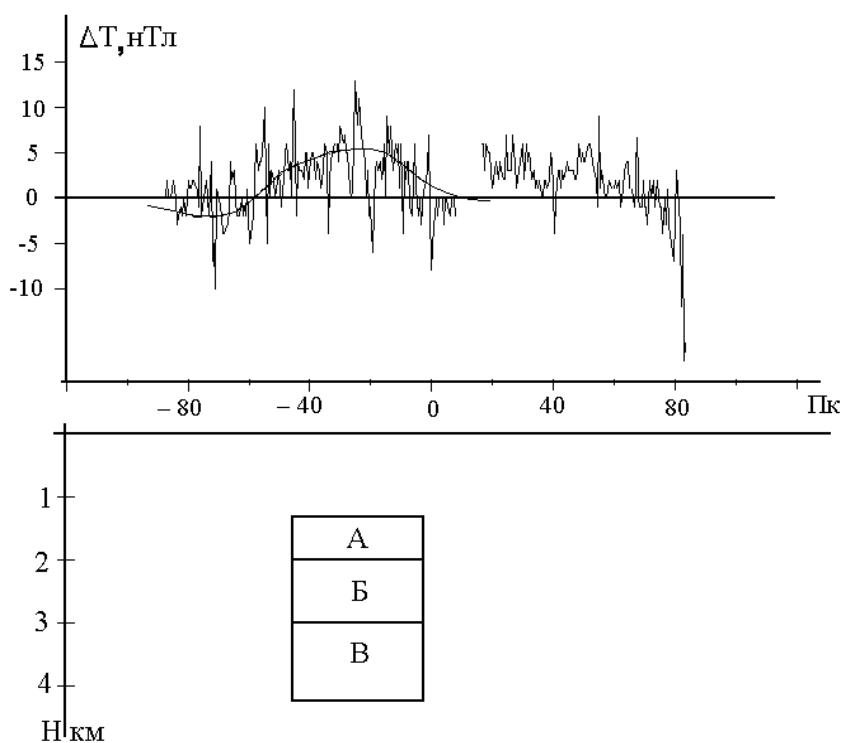


Рисунок 7 — Модель джерела статичної магнітної аномалії по профілю III-III на родовищі Прирічне

Таблиця 3 — Параметри моделі джерела статичної магнітної аномалії по профілю III-III

Елемент моделі	Глибина верхньої кромки	Глибина нижньої кромки	$J_h$	$J_z$
А	1.3 км	2.0 км	0 А/м	0.0027 А/м
Б	2.0 км	3.0 км	0 А/м	0.0190 А/м
В	3.0 км	4.2 км	0 А/м	0.0010 А/м

Вони ототожнюються переважно із світами нижньо- і верхньовізейських підярусів. Це артюхівсько-яблунівський, представлений темно-сірими кремністими вапняками, вапняковистими аргілітами та мілкозернистими пісковиками переважно морських фацій із  $\chi_c=(2-5)\times 10^{-5}\text{Сі}$ , солохівсько-андріяшівський, котрий характеризується поліфаціальними відкладами із розповсюдженням темно-сірих аргілітів, світло-сірих пісковиків з карбонатними прошарками із значеннями МС,  $\chi_c=(15-20)\times 10^{-5}\text{Сі}$  і перекопівський, також охарактеризований утвореннями поліфаціального типу із переважаючими темними аргілітами із  $\chi_c=(20-25)\times 10^{-5}\text{Сі}$ .

У латеральному напрямку виділені горизонти досить добре корелюються за величиною МС. Однак за дисперсією МС є помітною різниця між літомагнітними пачками верхнього візе у св.Прирічна-3, св.Річна-386 і Ісківці-315. Вертикальний розподіл МС порід у св.Прирічна-3 є більш рівномірний і згрупований навколо певних середніх величин.

Таку відмінність у розподілі  $\chi$  порід між св.Прирічна-3 і Ісківці-315, мабуть, можна пояснити наявністю більшої кількості сірки і утворення у відновному середовищі епігенети-

чного піриту, що пов'язано із діяльністю сульфатредуючих бактерій. [21]. Вміст більших концентрацій піриту може призводити до зменшення намагніченості товщ. Про дещо підвищені вмісти сірки і заліза у пробах порід у св.Прирічна-3 свідчать дані рентгенфлуоресцентного аналізу.

Наявність у пробах св.Прирічна-3 високих вмістів важких металів (V, Cr, Zn, Sr, Zr), можливо, можна пояснити у світлі теорії “струменевих” ореолів розсіювання, яка детально описано у роботі [22]. Автори статті наводять дані про наявність кільцевих у плані аномалій важких металів у “струменевих” ореолах розсіювання, проекція яких приблизно співпадає із положенням вуглеводневого покладу.

### Висновки

В результаті проведення магнітометричних досліджень на Прирічній перспективній площі, вивчено особливості тонкої структури аномального магнітного поля, характер вертикального і латерального розподілу МС осадових порід та їх зв'язок з нафтогазоносністю осадового чохла.

В межах Прирічного родовища виявлено локальну магнітну аномалію складної морфології, з декількома локальними максимумами, інтенсивністю 5-6 нТл. За морфологічними особливостями виявлені локальні аномалії  $\Delta T_a$  можна віднести до типових аномалій типу "поклад". Їх джерелами, як показують результати математичного моделювання, можуть бути магнітні неоднорідності у верхніх шарах геологічного розрізу на глибинах 1-2 км.

Виявлено значну диференціацію за МС відкладів верхнього і нижнього візею, яка зумовлена літологічним та фаціальним факторами. Встановлено зменшення МС нафтогазоносною товщі нижнього візею у продуктивній свердловині Прирічна-3, яке пов'язане із наявністю тут зони підвищеної піритизації, що свідчить про можливий вплив на склад і структуру порід вуглеводневих флюїдів.

Наявність на родовищі додатної аномалії  $\Delta T_a$ , приуроченість локальних екстремумів до розривних порушень, свідчить про інтенсивний характер окисних процесів у верхніх (до 2 км) шарах розрізу в межах родовищ вуглеводнів.

Для детального вивчення природи позитивної аномалії  $\Delta T_a$  на газоконденсатному родовищі Прирічне та її зв'язку із нафтогазоносністю, вкрай необхідним є прокладання додаткових профілів на захід від структури, і зв'язуючий профіль у субширотному напрямку, а також проведення вимірювань МС гірських порід приповерхневих відкладів.

### Література

1. Donovan, T.J., Forgey, R.L., Roberts A.A. Aeromagnetic detection of diagenetic magnetite over oil fields // AAPG Bull., 1979, v.63, P.245-248.
2. Березкин В.М., Лощаков А.М., Николаев М.И. Применение магниторазведки для поисков месторождений нефти и газа // Прикладная геофизика. – 1982. – Вып.103. – С.127-136.
3. Fote, R.S. Use of magnetic fields aids in oil search // Oil Gas Journal, 4, 1992, P.137-141.
4. Мавричев В.Г., Козеев С.И., Петрова А.А. и др. Выявление залежей углеводородов в пермских отложениях по материалам аэромагнитной съемки // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2003. – №7. – С. 21–28.
5. Saunders, D.F., Burson, K.R., Thompson, C.K. Observed relation of soil magnetic susceptibility and soil gas hydrocarbon analyses to subsurface hydrocarbon accumulation // The American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 1991, 75, P.389-408.
6. Machel, H.G., Burton. E.A. Causes and spatial distribution of anomalous magnetization in hydrocarbon seepage environments / AAPG Bulletin, v.75, 1991a, P.1864-1876.
7. Machel, H.G., Burton. E.A. Chemical and microbial processes causing anomalous magnetization in environments affected by hydrocarbon seepage / Geophysics, v.56, 1991b, P.598-605.
8. Aldana, M., Costanzo-Alvarez, V., Bolivar, S., Diaz, M. Magnetic and mineralogical studies to characterize oil reservoirs in Venezuela // The Leading Edge, June 2003, P.526-529.
9. Liu, Q Chan, L. and other. Relationship between magnetic anomalies and hydrocarbon microseepage above the Jingbian gas field, Ordos basin, China // AAPG Bull., v.88, No2 (February 2004), P.241-251.
10. Gay, Jr., S.P., Epigenetic versus syngenetic magnetite as a cause of magnetic anomalies // Geophysics, 1992, v.57, P.60-68.
11. Saunders, D.F., Burson, K.R., and Thompson, C.K. Model for hydrocarbon microseepage and related near-surface alterations // AAPG Bull., v.83, No 1 (January 1999), P.170-185.
12. Schumacher, D. Hydrocarbon-induced alteration of soils and sediments / in Hydrocarbon migration and its near-surface expression // AAPG Memoir 66, D.Schumacher and M.A.Abrams, 1996, P.71-89.
13. Максимчук В.Ю., Городиський Ю.М., Кудеравець Р.С. Аналіз магнітних властивостей та мінерального складу нафтогазоносних відкладів центральної частини ДДЗ // Науковий вісник Національної гірничої Академії України. – 2001. – №5. – С.20-21.
14. Максимчук В.Ю., Городиський Ю.М., Кудеравець Р.С. Магнітні властивості відкладів нижнього карбону Селюхівського родовища Дніпровсько-Донецької западини // Зб. наук. пр. УкрДГПІ. – 2003. – №1. – С.120-125.
15. Максимчук В.Ю., Крива І.Г., Кудеравець Р.С. Застосування капаметрії для розчленування та кореляції візейських відкладів Дніпровсько-Донецької западини // Матеріали 8-ої Міжнародної науково-практичної конференції „Нафта і газ України-2004” (Судак, 29 вересня-1 жовтня 2004 р): У 2-х томах. – Львів: Центр Європи, 2004. – Т.1. – С.336-337.
16. Орлюк М.И., Максимчук В.Е., Вакарчук Г.И., Чепиль П.М. Магнитометрическое исследование при региональном и локальном прогнозе нефтегазоносности земной коры Днепровско-Донецкой впадины // Геофизич. журн. – 1998. – Т.20. – №3. – С.92-102.
17. Максимчук В.Ю., Кузнецова В.Г., Чоботок І.О. Досвід застосування високоточної магнітометрії при пошуках родовищ вуглеводнів // Сб. научн. трудов НГА Украины. – Днепропетровск: РИК НГА Украины, 1999. – №6. – Том 3. Геофизика. – с. 154-158.
18. Максимчук В.Ю., Городиський Ю.М., Кузнецова В.Г., Кудеравець Р.С. Магніторозвідка в нафтовій геофізиці // Тезиси міжнародної конференції Крим 2001 "Геодинаміка і нафтогазоносні системи Чорноморсько-Каспійського регіона". – Симферополь, 2001. – С.95-96
19. Максимчук В. Кудеравець Р. Використання геомагнітних даних для прогнозування нафтогазоносності геологічних структур ДДЗ // Зб. доп. конференції молодих вчених і спеціалістів (1-2 листопада 2005). – Львів: ЛВ УкрДГПІ, 2005. – С.86-88.

20. Максимчук В.Ю., Городиський Ю.М., Кудеравець Р.С., Попов С. А. Результати дослідження аномального магнітного поля на Вовківській площі північного борту ДДЗ у зв'язку з прогнозуванням нафтогазоносності // Праці наукового товариства ім.Шевченка. – 2006. – Том XVII. – С.22-35.

21. Лукин А.Е. Формации и вторичные изменения каменноугольных отложений Днепровско-Донецкой впадины в связи с нефтегазоносностью. – М.: Недра, 1977. – 102 с.

22. Путиков О.Ф., Вешев С.А., Ворошилов Н.А. и др. “Струйные” ореолы рассеяния над нефтегазовыми залежами в неоднородных породах // Геофизика. – 2000. – №1. – С.52-56

УДК 550.834.5

## ВИВЧЕННЯ ОСНОВНИХ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ЗМІНИ ШВИДКОСТЕЙ ПРУЖНИХ ХВИЛЬ В РОЗРІЗІ ПЕРЕДКАРПАТСЬКОГО ПРОГИНУ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ГЕОЛОГО-ГЕОФІЗИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

<sup>1</sup> В.В.Гневуш, <sup>2</sup> В.П.Степанюк

<sup>1</sup> ЗУГРЕ, 79040, м. Львів, вул. Данила Апостола, 9А, тел.(0322) 672631  
e-mail: zugre@is.lviv.ua

<sup>2</sup> ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел.(03422) 42098  
e-mail: pngg@nung.edu.ua, ifntungpngg@mail.ru,

*Установлены закономерности распределения скоростей упругих волн в разрезе и их взаимосвязь с геологическим строением региона. Сделан вывод, что скорость упругих волн и ее изменение для осадочных пород Предкарпатского прогиба зависит от литологического типа пород и степени их уплотнения. Даны рекомендации к проведению сейсмокартажных работ как в направлении детализации поля скоростей на отдельных площадях и структурах, так и в направлении их расширения на новые территории.*

*In article attempt of an establishment of laws of distribution of speeds of elastic waves in section and establishments of their interrelation with a geological structure of region is made. It is made a result that value of speeds of elastic waves and its changes for sedimentary rocks of Before Carpathians deflection are depends from litological type of rocks and on degree of their condensation which it is caused by actions of condensing factors (pressure of rocks which lie above, dynamic loading, metamorphological changes). It is given to recommendation on use of works on seismic research of chinks, as in a direction of detailed elaboration of a field of speeds on the separate areas and structures, and in direction of their expansion on new territories.*

В Передкарпатському прогині досягнуто значних успіхів при пошуку і розвідці нафтогазоносних структур з допомогою сейморозвідки. Розвідувальні можливості сейсмічного методу розвідки визначаються не тільки станом теорії методу і удосконаленістю апаратури, але і знанням фізико-геологічних умов регіону. Важливим елементом цих умов є пружні властивості гірських порід. Проте, сейсмічні дослідження на значній частині території прогину пов'язані зі значними труднощами, викликаними несприятливими сейсмогеологічними умовами і частково зі складним характером зміни пружних властивостей порід в розрізі.

Складний характер зміни пружних властивостей порід зумовив труднощі у виборі параметрів при інтерпретації сейсмічних даних і в сейсмогеологічному районуванні території прогину. Як відомо, точність інтерпретації сейсмічних даних залежить від знання швидкості поширення пружних хвиль в розрізі. Тому встановлення закономірностей розподілу швидкостей пружних хвиль в розрізі і виявлення їх

взаємозв'язку з геологічною будовою регіону викликає практичний інтерес з точки зору вибору параметрів при інтерпретації.

Узагальнення всіх матеріалів сейсмокартажу, використання даних раніше проведених польових досліджень швидкостей, а також даних про густини і пористість порід дозволили більш обґрунтовано підійти до аналізу просторової зміни швидкостей і виявлення геологічної будови цих змін.

Безперечно, що зміни швидкості пружних хвиль з глибиною і по площі підпорядковуються певним законам, які тісно пов'язані з умовами залягання порід (глибиною занурення місцеположення на структурі, розміщення в структурному ярусі чи тектонічній зоні і т.д.). На основі аналізу особливостей геотектонічної історії розвитку регіону і закономірностей розподілу швидкостей формуються основні фізико-геологічні фактори, які визначають величину і характер зміни швидкостей пружних хвиль в розрізі Передкарпатського прогину [1, 2].