

УДК 550.83

**Р. С. КУДЕРАВЕЦЬ, В. Ю. МАКСИМЧУК, І. О. ЧОБОТОК, В. Р. ТИМОЩУК**

Карпатське відділення Інституту геофізики ім. С. І. Субботіна НАН України, вул. Наукова, 3-Б, Львів, Україна, 79060, тел.+38(032)2648563, ел.пошта: romankud@cb-igph.lviv.ua

## **ОСОБЛИВОСТІ АНОМАЛЬНОГО МАГНІТНОГО ПОЛЯ В ЗОНАХ РОДОВИЩ ВУГЛЕВОДНІВ У ПЕРЕДКАРПАТСЬКОМУ ПРОГИНІ**

**Мета.** Виявлення особливостей аномального магнітного поля над нафтогазоносними структурами Передкарпатського прогину та його взаємозв'язків із покладами нафти та газу. **Методика.** Вимірювання модуля повного вектора геомагнітного поля  $T$  під час пішохідного магнітного знімання за системою геомагнітних профілів. Вимірювання магнітної сприйнятливості кернавого матеріалу із пошуково-розвідувальних свердловин. Дослідження виконані на дев'яти родовищах вуглеводнів та шести перспективних структурах у межах північно-західної частини Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину. **Результати.** Проведено аналіз аномального магнітного поля та отримано нові дані про характер локального аномального магнітного поля в межах північно-західної частини Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину. На фоні регіональної складової геомагнітного поля виявлено локальні магнітні аномалії амплітудою від  $-10$  до  $+10$  нТл, завширшки від 2 до 5 км, складної морфології, які просторово тяжіють до тектонічно екранованих пасток вуглеводнів у алевритисто-піщаній товщі дашавської світи. Виявлено вертикальну мінливість магнітної сприйнятливості гірських порід осадового чохла Передкарпатського прогину. Джерела локальних магнітних аномалій розміщені на незначних глибинах (перші сотні метрів) та представлені неоднорідностями, утвореними внаслідок епігенетичних змін за участю флюїдів вуглеводнів під час їх мікропросочування до денної поверхні. Район робіт у північно-західній частині зовнішньої зони Передкарпатського прогину загалом сприятливий для проведення магніторозвідувальних досліджень. **Наукова новизна.** На основі аналізу структури аномального магнітного поля у межах північно-західної частини Передкарпатського прогину виявлено чотири типи локальних магнітних аномалій, які тяжіють до контурних ділянок із розвіданими покладами вуглеводнів. **Практична значущість.** Результати магніторозвідувальних досліджень можна використати для побудови комплексних геофізичних моделей родовищ вуглеводнів та перспективних вуглеводневих структур на стадії їх підготовки під розвідувальне та пошукове буріння у межах північно-західної частини зовнішньої зони Передкарпатського прогину.

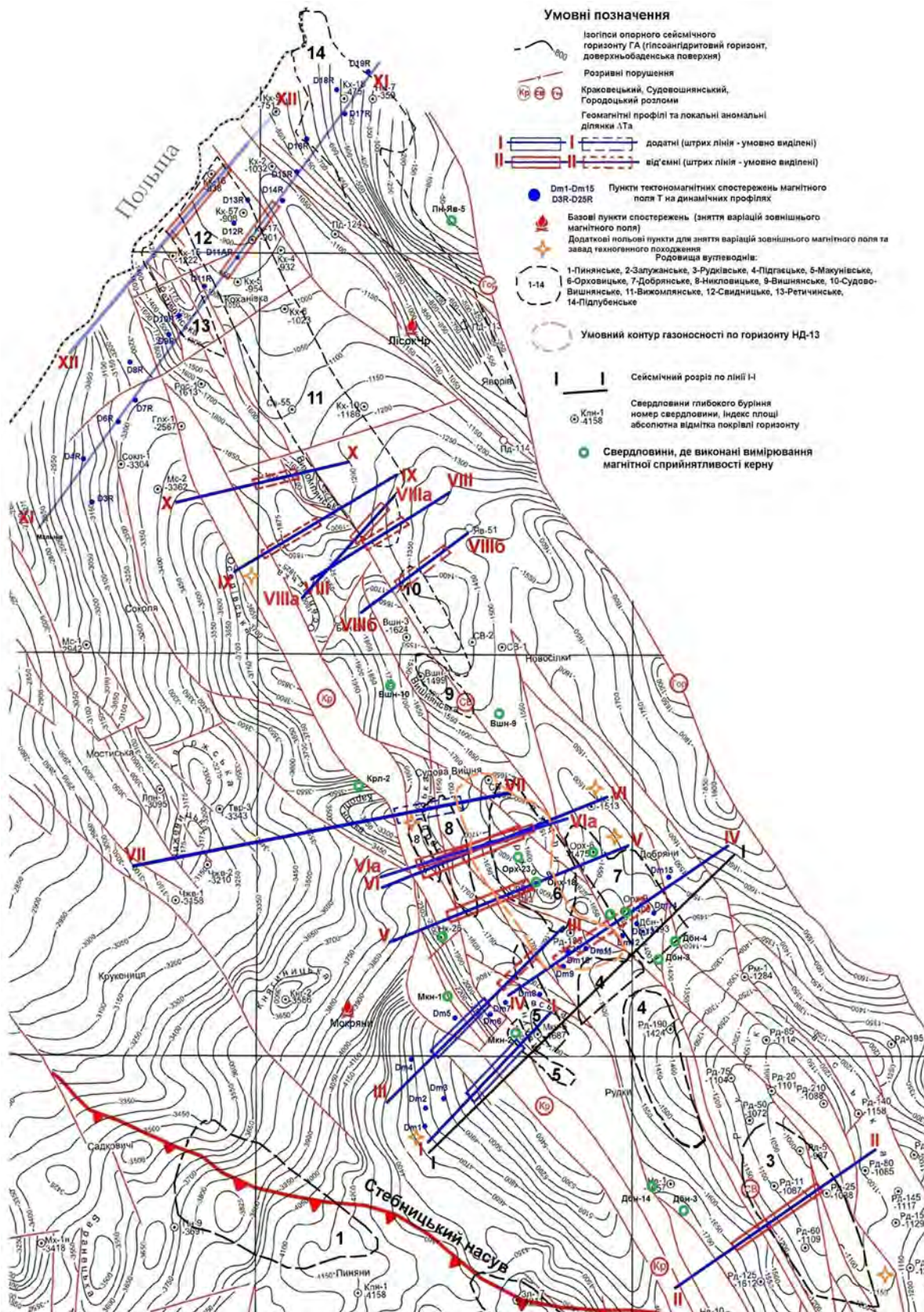
*Ключові слова:* магніторозвідка, аномальне магнітне поле, магнітна сприйнятливість, осадові породи, нафтогазоносність.

### **Вступ**

Практичний досвід використання магніторозвідки під час нафтопошукових геофізичних робіт свідчить про її ефективність та інформативність як допоміжного методу на стадії підготовки виявлених сейсморозвідкою геологічних структур під розвідувальне та пошукове буріння [Gadirov V. G., 2012, Schumacher D., 2010, Rajaram M., 2008]. В останні десятиліття питанням методики постановки магніторозвідувальних робіт, інтерпретації даних, побудови гемагнітних моделей, розроблення пошукових критеріїв нафтогазоносності геологічних структур приділяють багато уваги, вони залишаються актуальними досі [Gadirov V.G., 2012; Орлюк М. И., 2011; LeSchack L. A., 2002]. Як відомо, над покладами нафти і газу в магнітному полі часто спостерігаються незначні за амплітудою та просторовими розмірами локальні магнітні аномалії [Dopovan T. J., 1984, Березкин В. М., 1998]. Нашими попередніми магніторозвідувальними дослідженнями у Дніпровсько-Донецькій западині над родовищами нафти і газу із нафтогазоносністю у нижньокам'яновугільному карбонатному комплексі (Селюхівське, Прирічне, Шатравинське родовища) виявлено складну струк-

туру аномального магнітного поля (АМП) із наявністю на фоні регіональної складової загалом додатних куполоподібних локальних аномалій  $\Delta T_a$  амплітудою, переважно, від 4 до 6 нТл і завширшки від 3 до 7 км [Орлюк М. И., 1998, Максимчук В. Ю. та ін., 2001, Максимчук В. Ю., 2007]. Проведене моделювання цих аномалій показало, що джерела аномалій  $\Delta T_a$  містяться у приповерхневій частині на глибині до 1 км, представлені магнітними неоднорідностями епігенетичного походження і генетично пов'язані з покладами нафти у біогермно-рифогенних спорудах [Кудеравець Р. С., 2009]. Подібного характеру локальні аномалії  $\Delta T_a$  виявлено також у межах Волино-Подільської нафтогазоносної області, на Бучацькій та Ліщинській структурах із перспективами нафтогазоносності у карбонатно-рифогенних комплексах силуру та піщано-алевритистих відкладах кембрію. В утворенні таких аномальних ефектів основну роль відводять процесам епігенезу за участю вуглеводневих газів та сполук, які впливають на магнітні властивості геологічного середовища під час їх міграції у пастку та подальшого мікропросочування флюїдів вуглеводнів (ВВ) із покладу у породи покришки, аж до





**Рис. 2.** Структурна карта гіпсоангідритового горизонту (за матеріалами ЗУГРЕ) та геомагнітні профілі із локальними аномальними ділянками  $\Delta T_a$   
**Fig. 2.** Structural map of gypsum-anhydrite layer (the seismic data from “Ukrgeofizyka” West Ukrainian Geophysical Prospecting Expedition) and geomagnetic profiles with the section of local magnetic anomalies  $\Delta F_a$

Отже, на досліджуваній ділянці завдовжки близько 60 км та завширшки близько 20 км для вивчення структури АМП над покладами нафти та газу було вибрано дев'ять родовищ вуглеводнів та шість перспективних структур (рис. 1, 2). Врахо-

вуючи усі обставини, а також геологічні умови, прокладено 15 геомагнітних профілів. У табл. 1 наведено список досліджуваних об'єктів, геомагнітні профілі, характеристику АМП та дані про нафтогазоносність.

Таблиця 1

**Результати вивчення аномального магнітного поля над родовищами вуглеводнів і перспективними структурами у північно-західній частині Передкарпатського прогину**

Родовище, перспективна структура	Геомагнітні профілі наземного магнітного знімання	Морфологія та амплітуда локальних аномалій $\Delta T_a$	Ширина аномальної ділянки $\Delta T_a$ , км	Нафтогазоносність
Макунівське, Північно-Залужанська, Луківська	I-I	додатна, куполоподібної форми, 8-10 нТл	2,5	газ із ВД-14, НД-7, НД-15
	III-III	додатна, від 2 до 8 нТл, витягнутої форми, та від'ємна	3 (додатна) та 2 (від'ємна)	
Рудківське, Південно-Рудківська	II-II	від'ємна, 2-3 нТл	3,5-4	газ із J <sub>3</sub> , НД-4, 5, 7
Добрянське	IV-IV	від'ємна, ускладнена, зубчастої форми, 4-6 нТл	3-3,5 км	газ із НД-9
Орховицьке	V-V	від'ємна, куполоподібної форми, до 10 нТл	2,5	бітум, нафта із J <sub>3</sub> , газ НД-9, 10, 11, 13-15
	VI-VI	від'ємна, ускладнена, зубчастої форми, 6-8 нТл	3,5	
	VIa-VIa	від'ємна, ускладнена, зубчастої форми, 4-6 нТл	4	
Никловицьке, Чижевицька, Каролінська	VII-VII	регіональна аномалія		
Віжомлянське, Оселівська	VIII-VIII	від'ємна, ускладнена додатними максимумами, 3-4 нТл	2,5	газ, НД-8-10
	VIIIa-VIIIa	від'ємна, ускладнена додатними максимумами на краях, 4-6 нТл	3,25	
	IX-IX	знакозмінна, мінімуми до 10 нТл	1,5	
	X-X	знакозмінна, мінімуми до 15-20 нТл	2	
Судововишнянське	VIIIb-VIIIb	від'ємна, ускладнена додатними максимумами на краях, 4-6 нТл, завади	3	газ із ВД-13, 14, НД-3-7, НД-10-12
Свидницьке Ретичинське Коханівське	XI-XI	від'ємна, 5 нТл	5	газ із ВД-6-ВД-12
	XII-XII	від'ємна, ускладнена додатними максимумами на краях, 3-4 нТл	5	нафта із J <sub>3</sub> , газ НД-9, 10, 11, 13-15

На рис. 2 показано структурну карту гіпсоангідритового горизонту баденію, геомагнітні профілі та пункти довготривалих спостережень за динамікою магнітного поля. Більшість із геомагнітних профілів перетинають зону Краковецького глибинного розлому вхрест простяганню досліджуваних геологічних структур.

Вимірювання модуля повного вектора геомагнітного поля  $T$  під час знімання на рядовій мережі профілів виконані протонним магнітометром ММП-203, який має чутливість  $\pm 1,0$  нТл. Крок спостережень – 50 м. Реєстрацію варіацій змінного магнітного поля проводили на базовому пункті за допомогою магнітоваріаційної станції МВ-01 (чутливість 0,1 нТл) у неперервному режимі з необхідною дискретністю (1 вимір за 20 с). Первинна обробка магнітометричних профільних спостережень полягає у визначенні середніх значень  $T_{cp}$  із трьох незалежних вимірів на кожному пункті. Після цього вводили поправку за сонячно-добові варіації магнітного поля, знайшовши різницю  $\Delta T$  між середнім значенням поля на рядовому пункті  $T_{cp}$  і синхронно вимірним полем на базовому пункті  $T_b$ :  $\Delta T = T_{cp} - T_b$ . Зі спостережених даних вилучались локальні “вискакування” у десятки, іноді сотні нТл, котрі, як правило, викликані впливом ЛЕП, трубопроводів, обсадних труб у свердловинах, будівель тощо.

Наступним етапом в обробці результатів геомагнітного знімання є виділення локальної частини із АМП  $\Delta T$ . Проаналізовано методи із застосуванням автокореляційної та взаємкореляційної функцій, методи оптимальної фільтрації, спосіб оберненої ймовірності. Використовуючи інформацію про те, що аномалії у геофізичних полях часто мають бухтоподібну форму, в роботі використано метод виділення малоамплітудних аномалій на основі кореляції вихідних даних з півперіодом синусоїди [Максимчук В. Ю., 2011]. Крім того, для кращого виділення аномалій  $\Delta T_a$  використано комбінаційний метод: на основі кореляції вихідних даних з півперіодом синусоїди, метод апроксимації поліномами різних порядків, метод графічного усереднення.

### Магнітні властивості порід

Магнітні властивості гірських порід вивчено на основі вимірювань магнітної сприйнятливості (МС,  $\chi$ ) керну із пошуково-розвідувальних свердловин у районі робіт.

Відсоток відібраних зразків керну порівняно із розрізом геологічної структури для повноцінних досліджень магнітних властивостей середовища та його зміни внаслідок міграції сполук вуглеводнів є вкрай незначним. Здебільшого відбір керну обмежується декількома інтервалами у перспективній в плані газоносності товщі дашавської світи. Ця газоносна теригенна товща дашавської світи міоцену є слабкомагнітною, значення  $\chi$  основної вибірки – у межах  $\chi = (10-20) \cdot 10^{-5}$  Сі. Однак

дослідження виявили мінливість МС порід із глибиною, із порівняно високими значеннями МС глинисто-піщаних порід верхньої дашави,  $\chi \approx 22 \cdot 10^{-5}$  Сі із помірними величинами МС теригенних глинисто-піщаних відкладів косівської світи верхнього бадену та нижньодашавської підсвіти сармату,  $\chi \approx 12 \cdot 10^{-5}$  Сі, до найменш магнітних сульфатно-глинистих утворень бадену тираської світи та баранівських верств і значно вищими значеннями відкладів палеозою і рифею,  $\chi \approx 20-25 \cdot 10^{-5}$  Сі [Кудеравець Р. С., 2011, Кудеравець Р. С., 2013]. Виявлено також закономірність зменшення значень  $\chi$  осадової товщі міоцену в зонах розривних порушень, до яких приурочена більшість покладів газу. Для карбонатно-теригенних відкладів верхньої юри характерна значна дисперсія величин МС,  $\chi_{мода} = (2-9) \cdot 10^{-5}$  Сі,  $\delta_\chi = (10-57) \cdot 10^{-5}$  Сі. Висока дисперсія значень  $\chi$  порід характерна також для товщі дашавської світи, де поширені лінзи та прошарки туфів і туфітів із вмістом залістистих мінералів (піротин, ільменіт, магеміт, магнетит). Оскільки четвертинні відклади є продуктом вивітрювання дашавської світи сармату, то слід очікувати магнітних неоднорідностей у верхній частині розрізу, що вплине на характер АМП.

### Аналіз результатів досліджень аномального магнітного поля

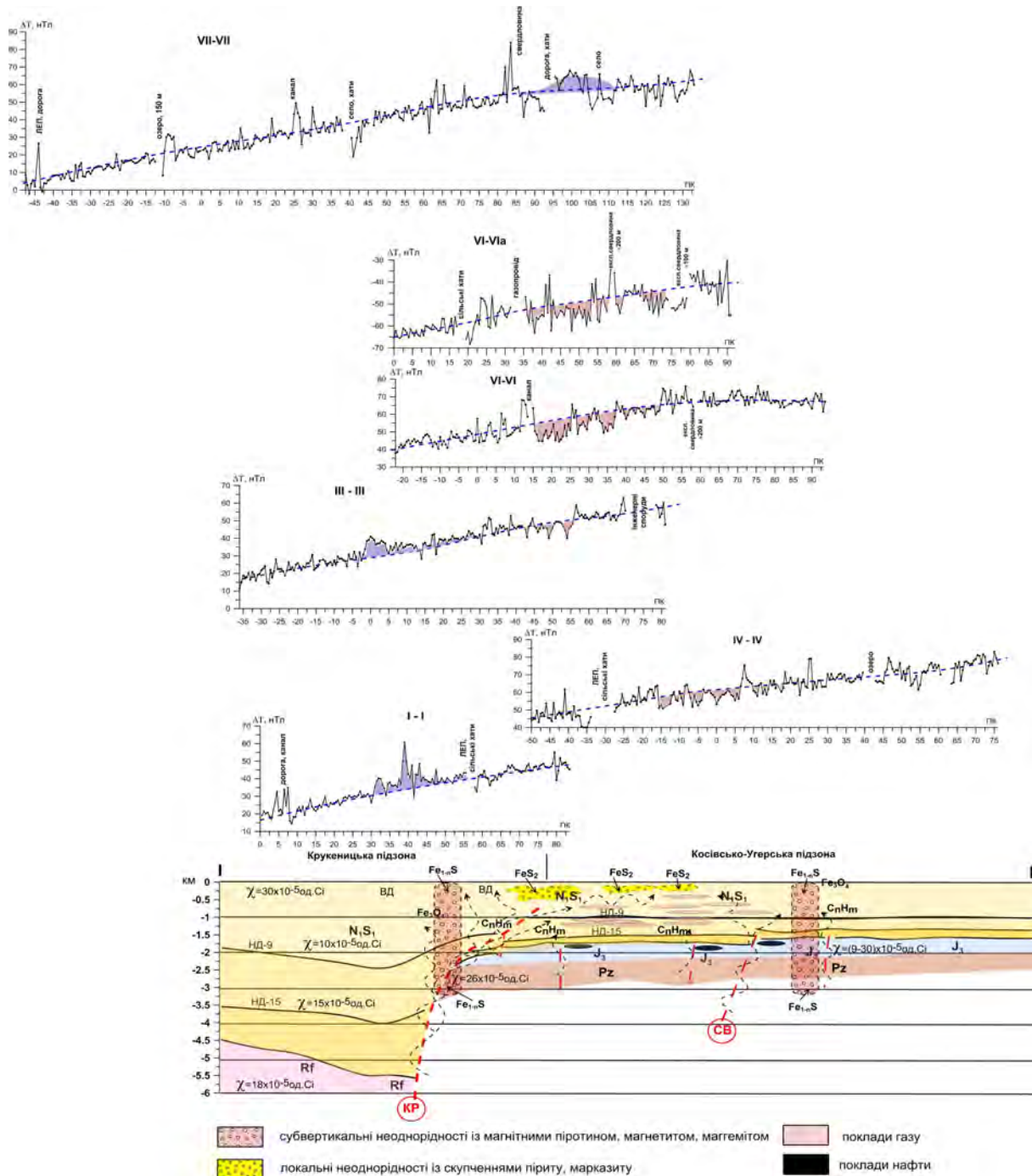
Регіональне аномальне магнітне поле в районі досліджень, який охоплює північно-західну частину Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину та його зону членування із Східно-Європейською платформою, вивчено на основі карти аеромагнітного знімання [Карта..., 2002]. Ізодинами поля  $\Delta T$  витягнуті вздовж простягання прогину та Складчастих Карпат із поступовим зростанням інтенсивності поля із південного заходу на північний схід у напрямку Львівської регіональної магнітної аномалії інтенсивністю більше ніж 600 нТл [Кузнецова В. Г., 2011].

Для вивчення локальних особливостей АМП над родовищами вуглеводнів необхідне наземне магнітне знімання з точністю до 2 нТл. У межах Передкарпатського прогину однією із перших робіт з використання наземної магніторозвідки в комплексі геофізичних методів для «прямих» пошуків нафти та газу стали дослідження у 1978–1980 рр. на родовищах Пиняни та Залужани [Кузнецова В. Г., 1981]. Відзначимо доволі великі обсяги експериментальних спостережень, в які входило площівне магнітне знімання 21 профіля, які прокладено вхрест простягання структур. В результаті досліджень виявлена складна структура АМП, яка має тенденцію до відносного зменшення поля  $\Delta T_a$  на ділянках із встановленою газоносністю. Проте методика обробки результатів вимірювань на основі фільтрації поля зі згладжуванням та усередненням часто залишала поза увагою «корисні» сигнали, які могли б бути

викликані вторинними змінами порід над покладом та в його флангових частинах.

Останніми роками ми отримали нові дані про характер АМП у північно-західній частині зовнішньої зони Передкарпатського прогину за результатами наземного профільного високочастотного магнітного знімання (15 профілів). Проілюструємо

отримані результати на прикладі центральної частини ділянки, де, завдяки порівняно незначній кількості завад, прокладено сім геомагнітних профілів, розміщених над зоною Краковецького глибинного розлому, та проєктуються над Макунівським, Орховицьким, Добрянським та частково Нікловицьким родовищами ВВ.



**Рис. 3.** Різницеве магнітне поле  $\Delta T$ , локальні магнітні аномалії  $\Delta T_a$ :

заштриховано синім – додатні аномалії, червоним – від’ємні аномалії, геологічний розріз I-I зі схематичними моделями джерел аномалій  $\Delta T_a$  та значеннями магнітної сприйнятливості гірських порід у північно-західній частині зовнішньої зони Передкарпатського прогину

**Fig. 3.** Difference  $\Delta F$  magnetic field, local magnetic anomalies  $\Delta F_a$ :

shaded blue – positive anomalies, red – negative anomalies, geological section I-I with schematic models of anomalies sources  $\Delta F_a$  with values of magnetic susceptibility of rocks in the NW part of the Outer zone of Carpathian Foredeep

На ділянці Макунів (пр. I-I), на фоні спокійного регіонального тренду та збільшення інтенсивності магнітного поля у північно-східному напрямку до платформи, чітко виділяється позитивна аномальна зона  $\Delta T_a$  із амплітудою в 8–10 нТл, протяжністю близько 2,5 км складної форми (рис. 3). Ця сама аномалія, корелюючи у просторі із попередньою, щоправда, меншої амплітуди, простежується і на профілі III-III на ширину також близько 2,5 км. Згідно зі структурними побудовами по гіпсоангідритовому горизонту ці додатні аномалії розміщуються над Краковецьким розломом і зміщені від контуру газоносності Макунівського родовища [Kuderavets R. S., 2013].

Над рештою ділянок спостерігаються аномалії  $\Delta T_a$  дещо іншого характеру. Вони мають від'ємний знак, є ширшими (3–5 км), амплітудою від 3 до 8 нТл і тяжіють до контурів вуглеводневих структур. Найвиразніше такий тип аномалій фіксується над Орховицьким нафтогазовим родовищем [Кудеравев Р. С., 2013]. На профілі VI-VI амплітуда аномалії досягає –10 нТл, ширина 4–4,5 км, ділянка в екстремумі аномалії  $\Delta T_a$  додатково ускладнена кількома максимумами (рис. 3). Цікаво, що повторні спостереження (через п'ять років) на профілі VIa-VIa, який дещо зміщений під невеликим кутом від профіля VI-VI, зафіксували за своїми амплітудними та морфологічними характеристиками подібну аномалію  $\Delta T_a$ . Зіставлення цих локальних аномалій  $\Delta T_a$  зі структурними побудовами по горизонту GA дає змогу констатувати їх приуроченість до склепінної частини Орховицької структури та контуру газоносності по горизонту НД-13. В межах аномалій та на їхньому фланзі розміщені продуктивні свердловини Орховичі-4 та Орховичі-11.

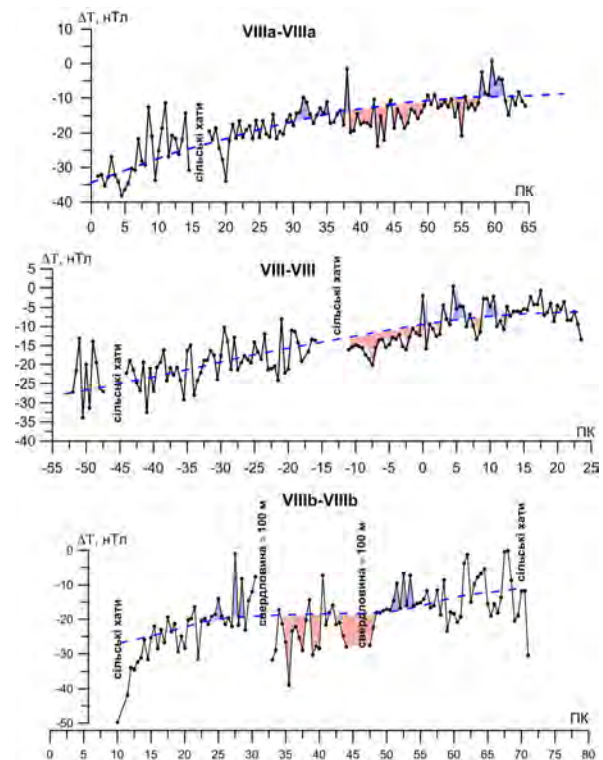
Спостережувані аномальні ділянки  $\Delta T_a$  розташовані між двома регіональними розломами, Краковецьким та Судово-Вишнянським. Дещо інша картина спостерігається на профілі VII-VII. Більша його частина розміщена з південно-східної сторони Краковецького розлому і перегинає склепіння Каролінської та Чижевицької структур, над якими чітких аномалій за структурою та амплітудою, аналогічних попереднім, не виділяється. Лише над припіднятим північно-східним блоком розлому на ділянці профіля ПК90-ПК115 у крайовій північній частині Нікловицького родовища дещо невпевнено через низку завод можна спостерігати додатну аномалію  $\Delta T_a$ .

Аналізуючи специфіку АМП району далі у північно-західному напрямку, розглянемо профілі VIII-VIII, VIIIa-VIIIa і VIIIb-VIIIb (рис. 4). Ці профілі розміщені над ділянкою між Краковецьким та Судово-Вишнянським розломами. У структурі АМП спостерігаються негативні локальні аномалії  $\Delta T_a$ , які характеризуються значною дисперсією поля. На профілі VIII-VIII південно-східне крило аномалії  $\Delta T_a$  ускладнено заводою, тому був прокладений додатковий профіль VIIIa-VIIIa, на якому впевненіше виділяється аномалія  $\Delta T_a$  на

ділянці ПК37,5–ПК57,5 км амплітудою –4–6 нТл, ускладненою на краях максимумами  $\Delta T$  близько 10 нТл. На профілі VIIIb-VIIIb поле істотно ускладнене наявністю свердловин Судово-Вишнянського родовища, проте на ньому можна простежити наявність вже характерної негативної аномалії амплітудою 5–7 нТл та завширшки 2 км у її центральній частині. Під час порівняння просторових положень цих аномальних ділянок помітна їхня задовільна кореляція, а також те, що вони зміщені від склепін антиклінальних піднять і тяжіють до крилових частин структур та регіонального Судово-Вишнянського розлому.

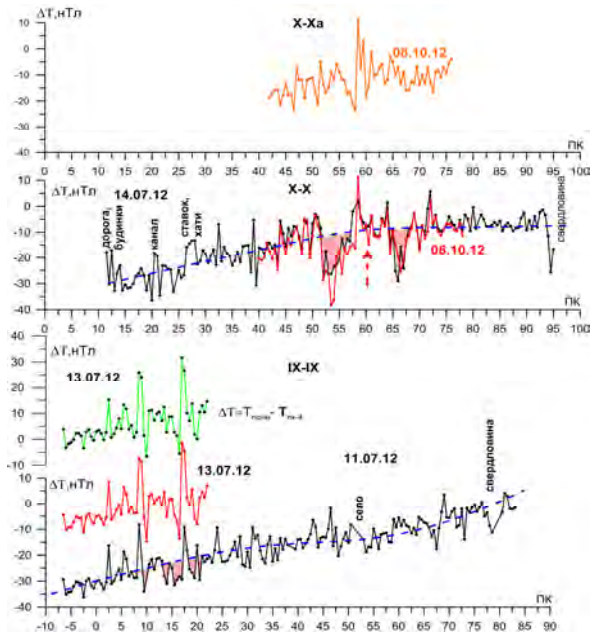
Дещо інший характер локальних аномалій  $\Delta T_a$  притаманний ділянці над Вижомлянським родовищем (рис. 5). У південній частині профілю IX-IX можна зауважити короткоперіодну аномалію (ПК7,5–ПК22), ускладнену високочастотними аномаліями амплітудою 15–20 нТл (ПК8, ПК17,5).

Для перевірки отриманих даних і зменшення впливу завод проведено контрольні виміри на цій ділянці профіля в інший час та із додатковим пунктом варіаційних спостережень у районі ПК-4. Результати показали наявність на графіках  $\Delta T$  аналогічних високочастотних складових у межах ПК10-ПК20, що дає підстави стверджувати про наявність на цій ділянці знакозмінної аномалії  $\Delta T_a$ .



**Рис.4.** Різницеве магнітне поле  $\Delta T$  та локальні магнітні аномалії  $\Delta T_a$  на Вижомлянській і Судово-Вишнянській структурах (ум. позначення на рис. 3)

**Fig. 4.** Difference  $\Delta F$  magnetic field and local magnetic anomalies  $\Delta F_a$  on the Vigomla and Sudova-Vyshnia structures (notation on fig. 3)



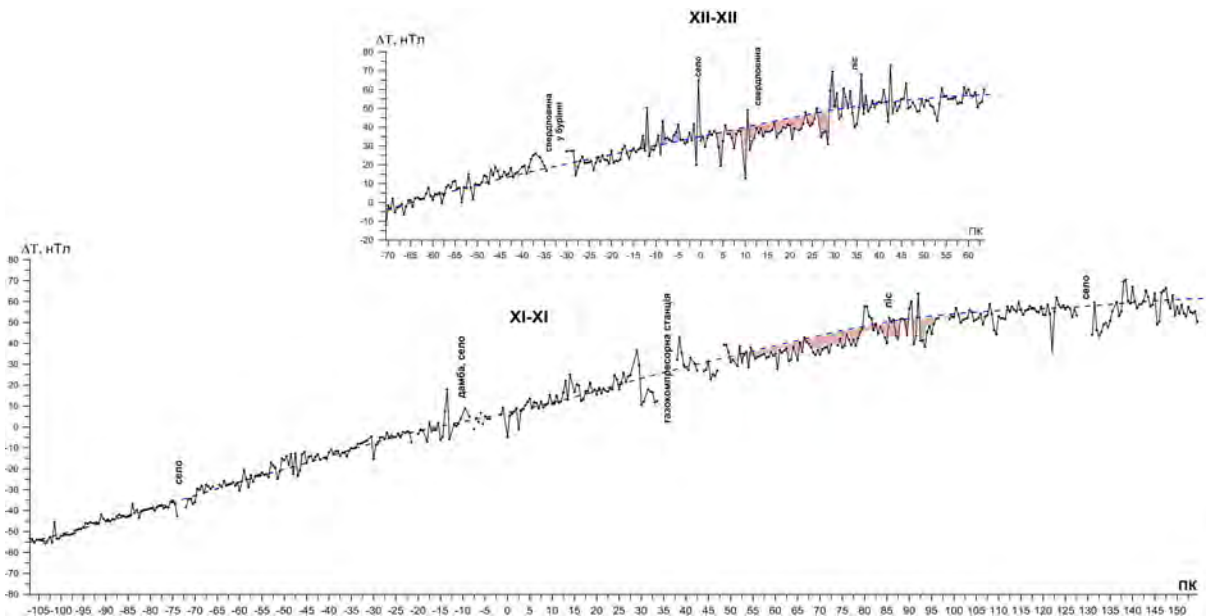
**Рис. 5.** Різницеве магнітне поле  $\Delta T$  та локальні магнітні аномалії  $\Delta F_a$  на Вижомлянській структурі  
**Fig. 5.** Difference  $\Delta F$  magnetic field and local magnetic anomalies  $\Delta F_a$  on the Vigomlia structure

Найцікавішим є аномальне поле  $\Delta T$  на профілі X–X (рис. 5). У центральній частині профіля спостерігаються дві негативні високоамплітудні короткоперіодні аномалії ( $>20$  нТл) на ділянці ПК50–ПК55 і ПК60–ПК75 у вільній від видимих завад ділянці. Для перевірки кондиційності отриманих результатів проведено контрольні виміри, рознесені

у часі, на ділянці профіля ПК40–ПК80. Також було прокладено додатковий паралельний профіль X–Xa на відстані близько 200 м у північно-західному напрямку. Як видно із контрольного графіка  $\Delta T$ , інтенсивність і характер поля повторюються аналогічно на цих самих пікетах. На додатковому профілі помітні також ці аномальні ефекти, але меншої амплітуди.

Це може свідчити про їхнє природне походження. Якщо зіставити ці аномальні ділянки зі структурними побудовами, то помітне деяке зміщення екстремумів аномалій  $\Delta T_a$ : у східному напрямку від антиклінального підняття Оселівської структури і приурочення східного крила аномалії  $\Delta T_a$  до західної частини Віжомлянського родовища (рис. 2).

У північно-західній частині району робіт прокладено два профілі, які перетинають межі Свидницького, Коханівського і Ретичинського родовищ ВВ [Максимчук В. Ю., 2013]. Профіль XI–XI завдовжки більше ніж 26 км тектонічно розміщений над Краковецьким, Судововишнянським і Городоцьким розломами. Аномальне магнітне поле  $\Delta T$  вздовж цього профіля показано на рис. 6. На ньому достатньо чітко помітна наявність малоамплітудної (до  $-5$  нТл) від'ємної аномальної зони плавного характеру завширшки близько 5 км у межах ПК50–ПК100, яка у своєму північно-східному крилі додатково ускладнюється височастотними складовими короткого періоду ПК80–ПК100. Для підтвердження наявності цієї аномальної ділянки вибрано додатковий профіль XII–XII. Результати досліджень показали простягання цієї аномальної зони далі у північно-західному напрямку, завширшки до 3 км. Як видно із профіля XII–XII, від'ємна аномалія між ПК0 і ПК30 ускладнюється на флангах височастотними додатними аномаліями, ПК-5-ПК-13 і ПК30 ПК35.



**Рис. 6.** Різницеве магнітне поле  $\Delta T$  та ділянки локальних магнітних аномалій  $\Delta F_a$  на Свидницькій, Ретичинській і Коханівській структурах  
**Fig. 6.** Difference  $\Delta F$  magnetic field and the section of local magnetic anomalies  $\Delta F_a$  on the Svydnycia, Retychyn and Kochanivka structures



### Обговорення результатів

Проаналізовано особливості АМП у зонах родовищ вуглеводнів північно-західної частини зовнішньої зони Передкарпатського прогину, виділено кілька типів локальних магнітних аномалій  $\Delta T_a$ . Перший тип – це куполоподібна додатна із високою дисперсією поля в екстремумі (пр. I–I, III–III) з амплітудою до +10 нТл, 2–3 км ширини. Другий тип аномалій подібний до першого за формою і характеристиками, лише з від'ємним знаком (пр. IV–IV, V–V, VI–VI, VIa–VIa), –4–6 нТл, до 5 км. Наступна аномалія характеризується знакозмінністю з амплітудами в зонах максимумів та мінімумів  $\pm 15$  нТл та шириною в перші км (пр. IX–IX, X–X). Останній тип аномалій – від'ємна (–5–7 нТл, 3 км) із високочастотними ускладненнями поля в крайових частинах до +8–10 нТл, завширшки 0,2–0,5 км (XII–XII).

Зіставивши ці локальні аномальні ділянки  $\Delta T_a$  на всіх відпрацьованих профілях зі структурними побудовами по гіпсоангідритовому горизонту і контурами родовищ, можна зробити висновок про те, що вони, здебільшого, зміщені від склепінних частин антикліналей, приурочені до зон розломів (Краковецького, Судовошишнянського, Городоцького), а також розташовані як у контурах родовищ, так і в їхніх флангових частинах (рис. 2). Зауважимо також, що додатні аномалії (пр. I–I, III–III, VII–VII) тяжіють до зони Краковецького розлому, а всі решта зосереджені з північного сходу цього розлому та приурочені до наявних тут вуглеводневих структур. На інших профілях (X–X, XI–XI, XII–XII), які перетинають Краковецький глибинний розлом скидового типу амплітудою в кілька кілометрів, ознак його проявів у структурі магнітного поля не виявлено.

Просторовий характер виділених аномальних ділянок  $\Delta T_a$  від'ємного знака не дозволяє однозначно вести мову про їх простягання вздовж смуги чи лінії з південного сходу на північний захід. Враховуючи морфологію аномалій, достатньо складно визначити їх просторовий характер. Скоріше за все – це знакозмінні аномальні зони із відносним локальним мінімумом, ширина якого 2–3 км, що тяжіють до контурної частини родовища, а також локальні додатні ділянки, приурочені до флангових частин структур.

Питання генетичного зв'язку виявлених аномальних магнітних ефектів із нафтоносністю підгіпсової частини розрізу і газоносністю дашавської світи нижнього сармату є доволі неоднозначним. Необхідно враховувати вплив ґрунтового покриву на дисперсію поля на профілях [Liu Q. S., 2004]. З цією метою виконано капаметрію ґрунтового покриву вздовж профілю VIa–VIa, який проектується над Орховицьким нафтогазовим родовищем. Виявлено декілька максимумів МС ґрунту в місцях продуктивних свердловин. Зміну МС ґрунтів уздовж профілю можна проінтерпретувати як ландшафтну аномалію, спричинену характером

рельєфу та типів ґрунтового покриву, а з іншого боку, можна вести мову й про зміну магнітних властивостей, яка, ймовірно, спричинена наявністю поруч розвіданих покладів ВВ та їх видобутком нині, що неодноразово спостерігалось і в інших регіонах [Кудеравець Р. С., 2013; Меньшов О. І., 2014].

Як показали дані про розподіл МС осадової товщі міоцену, юри та палеозою, значної диференціації за параметром  $\chi$  порід не виявлено. Спостережені локальні аномалії не контролюються самою геологічною структурою, скоріше вони проектується над розломами, які часто екранують пастки ВВ.

Наявність декількох типів аномалій, різних за морфологією, однак близьких за амплітудою і просторовими розмірами (3–4 км), вказує на те, що їх джерела містяться на незначних глибинах.

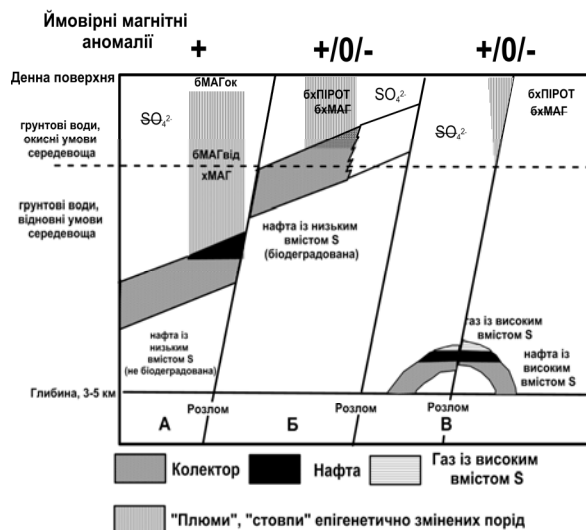
Згідно з теоретичними напрацюваннями геомагнітних моделей АМП над покладами ВВ [Березкин В. М., 1982], джерело спостережених від'ємних аномалій  $\Delta T_a$  можна інтерпретувати як результат утворення епігенетичного піриту в глинисто-алевритистих породах покришки над покладами газу та нафти, яке розміщене на невеликих глибинах, 0,5–1 км. На рис. 3 схематично показано ймовірне розташування таких епігенетичних тіл. Поряд із піритом, можливо, первинний гематит наявний у відновній зоні або новоутворені магнетитові чи піротинові вкраплення у зоні окиснення, що веде до збільшення намагніченості товщі й ускладнення кривої  $\Delta T_a$  окремими максимумами. Це також пояснює і збільшення МС ґрунтів над покладами ВВ. У випадках позитивних аномалій у зоні Краковецького розлому можна припустити істотнішу роль процесів епігенезу, які привели до утворення магнетиту або піротину в крайових частинах вуглеводневих структур і, як наслідок, на поверхні спостерігаються неширокі, амплітудою до +10 нТл додатні локальні магнітні аномалії.

Специфіку АМП району досліджень можна також пояснити на основі робіт [Machel H. G., 1991a, 1991b], які запропонували концептуальну модель причин і просторового розподілу магнітних аномалій у середовищі, яке зазнає впливу потоків ВВ. Їхні дослідження показали, що магнітні мінерали (магнетит, піротин і гематит) можуть бути утворені або заміщені хімічним шляхом за певних РТ, рН, еН-умов, а також за участю аеробних і анаеробних мікроорганізмів (сульфатредукувальні бактерії, магнітосоми). На рис. 7 схематично показано модель тектонічних пасток та можливий аномальний ефект у магнітному полі від мінералогічних змін порід під впливом ВВ.

Зв'язок локальних аномалій  $\Delta T_a$  із нафтогазоносністю геологічних структур зовнішньої зони Передкарпатського прогину можна пояснити випадками А і Б. У випадку А колектор вміщує малосірчисту нафту на середніх глибинах, потоки ВВ просочуються від покривлі покладу до по-

верхні, поклад локалізований в умовах відновних водоносних горизонтів, тобто у цьому випадку аеробна діяльність бактерій виключена. Навпаки, у верхній частині може бути сформований магнетит бактеріальним (бМАГ) або хімічним шляхом (хМАГ). У найбільш верхніх шарах магнетит утворюється за участю магнітосом в окисних умовах (бМАГо). У відновних умовах він може бути наявним також (участь магнітостатичних і немагнітостатичних анаеробних бактерій). Тому на поверхні спостерігатимуться додатні магнітні аномалії [Machel H. G., 1991b].

Для випадку Б характерні такі умови: незначна глибина покладу, окисні умови водоносного горизонту; нафта зазнала часткової біодеградації; ґрунтові води багаті на сульфати, оскільки поклад "запечатаний" на краю гіпсами; висока активність мікроорганізмів. Отже, можуть бути сформовані: піротин (бхПРТ – бактеріально чи хімічно), магнетит (бхМАГ) випадає або заміщується. Піротин може бути магнітним і немагнітним. На поверхні можуть спостерігатись додатні, від'ємні аномалії або їх може не бути взагалі.



**Рис. 7.** Схематичні моделі пасток вуглеводнів та ефект у магнітному полі від мінералогічних змін порід під впливом мікропросочування флюїдів вуглеводнів (бМАГок – утвор. за участі бактерій в окисних умовах, бхПРТ – бакт. або хіміч. утворений піротин, бМАГвід – магнетит бакт. у відновних умовах, бхМАГ – бакт. або хіміч. утворений магнетит, хМАГ – хімічно утворений магнетит), [Machel H.G., 1991b]

**Fig. 7.** Schematic models of hydrocarbon traps and magnetic effect of mineralogical changes of rocks under the influence of hydrocarbon microseepage (bMAGox – bacter. magnetite, oxydizing conditions, bcPYRR – bacter. or chemical pyrrhotite, bMAGred – bacter.magnetite, reducing conditions, bcMAG – bacter. or chemical magnetite, cMAG – chemically formed magnetite)

Для обґрунтованішого трактування генезису виявлених аномалій проведених досліджень недостатньо. Через відсутність керна з матеріалу із неглибоких горизонтів, а також опосередкований його відбір у дуже незначній кількості із перспективних горизонтів дашавської світи, проблематично вивчити їхні магнітні властивості, а також приповерхневих шарів (до 1 км), у яких слід сподіватись на наявність епігенетично утворених тіл, що генерують та ускладнюють магнітне поле над покладами нафти і газу в цьому регіоні.

**Наукова новизна та практична значущість**

На основі аналізу структури аномального магнітного поля виявлено чотири типи локальних магнітних аномалій, які тяжіють до контурних ділянок із розвіданими покладами вуглеводнів у межах північно-західної частини Передкарпатського прогину. Результати магніторозвідувальних досліджень можуть бути використані для побудови комплексних геофізичних моделей родовищ вуглеводнів та перспективних вуглеводневих структур на стадії їх підготовки під розвідувальне та пошукове буріння в межах північно-західної частини зовнішньої зони Передкарпатського прогину.

**Висновки**

Підводячи підсумки досліджень, можна зробити певні висновки. Специфічні умови району робіт – висока густота населених пунктів, щільна мережа автомобільних доріг, електрифікована залізниця, газогони та лінії електропередач значно ускладнюють постановку магніторозвідувальних робіт та не дають змоги повною мірою вивчити особливості аномального магнітного поля над розвіданими покладами нафти та газу та перспективними структурами. Проте загалом район досліджень є сприятливим для виконання високоточних магніторозвідувальних робіт, а використані під час досліджень методичні прийоми (встановлення додаткових пунктів варіаційних спостережень, проведення контрольних вимірів магнітного поля, рознесення у часі на аномальних ділянках, вимірювання на додаткових паралельних профілях тощо) дали змогу отримати нові достовірні дані про характер аномального магнітного поля у північно-західній частині зовнішньої зони Передкарпатського прогину:

1. На фоні регіональної складової геомагнітного поля виявлені локальні магнітні аномалії амплітудою від -10 до +10 нТл та завширшки від 2 до 5 км, складної морфології, які просторово тяжіють до тектонічно екранованих пасток вуглеводнів у алевритисто-піщаній товщі дашавської світи.

2. Джерела локальних магнітних аномалій розміщені на незначних глибинах (перші сотні метрів) та представлені неоднорідностями, утвореними внаслідок епігенетичних змін за участю флюїдів вуглеводнів під час їх мікропросочування до денної поверхні.

3. Для однозначнішої інтерпретації результатів досліджень магнітного поля, природи локальних аномалій над покладами вуглеводнів зовнішньої зони Передкарпатського прогину необхідне комплексування із іншими геофізичними методами (електро- та гравірознавство, геохімія), виконання площинного магнітного знімання та капаметрії ґрунтового шару із відбором проб з еталонних зрізів верхнього шару завглибшки 1–2 м для вивчення їх магнітних властивостей та мінерального складу.

4. Виявлені локальні аномальні магнітні ефекти можуть бути ознаками наявності покладів вуглеводнів та мають бути враховані під час комплексної інтерпретації сейсмічних, електро- та гравіметричних, геохімічних даних, побудови геофізичних моделей перспективних ділянок та їх підготовки до пошуково-розвідувального буріння.

### Література

- Атлас родовищ нафту і газу України: в 6 т., т. 4. Західний нафтогазоносний регіон / ред. Іванюта М. М., Федішин В. О., Деніга Б. І. та ін. – 1998. – Львів, Центр Європи. – УНГА.
- 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. Овсепян // Прикладная геофизика. – 1998. – № 132. – С. 156–164.
- Карта аномального магнітного поля України. Висота 2000 м. М-6 1:1000000. ПДРГП “Північукргеологія” / Т. С. Нечаєва, В. М. Гаркавко, Л. М. Шимків, В. А. Єнтін. – 2002.
- Кудеравец Р. С. Изучение магнитной восприимчивости отложений дашавской свиты в северо-западной части Предкарпатского прогиба / Р. С. Кудеравец // Геодинаміка. – 2013. – № 2 (15). – С. 183–185.
- Кудеравец Р. С. Результаты магниторазведки та капаметрії ґрунтового шару на Орховицькому нафтогазовому родовищі у Передкарпатському прогині / Р. С. Кудеравец, О. І. Меньшов, І. О. Чоботок // Геодинаміка. – 2013. – 2 (15). – С. 189–191.
- Кудеравец Р. С. Геомагнітні моделі родовищ вуглеводнів та перспективних структур центральної частини Дніпровсько-Донецької западини / Р. С. Кудеравец, В. Ю. Максимчук, Ю. М. Городиський // Науковий вісник ІФНТУНГ. – 2009. – № 1 (19). – С. 73–81.
- Кузнецова В. Г. Аномальне магнітне поле та його зв'язок з глибинною будовою і тектонікою Українських Карпат / В. Г. Кузнецова, В. Ю. Максимчук // Геодинаміка. – 2011. – № 2(10). – С. 127–133.
- Кузнецова В. Г. Методика и результаты высокоточной магнитометрии на месторождениях газа в Предкарпатье / В. Г. Кузнецова, Е. П. Демицкий, М. Н. Введенская // Труды Института геологии и геохимии горючих ископаемых АН УССР. – 1981. – Вып.16. – С. 201–214.
- Максимчук В. Ю. Використання даних магніторозвідки для вивчення нафтогазоносності геологічних структур Передкарпатського прогину / В. Ю. Максимчук, Р. С. Кудеравец // мат. 9-ї міжн. наук.-практ. конф. «Нафта і газ України-2013», Яремче, 4–6 вересня 2013. – Львів: Центр Європи. – С. 52–53.
- Максимчук В. Ю. Результати вивчення аномального магнітного поля на родовищах вуглеводнів у північно-західній частині Передкарпатського прогину / В. Ю. Максимчук, Кудеравец Р. С., Т. А. Климкович, І. О. Чоботок, В. Р. Тимошук // Нафтогазова геофізика – інноваційні технології : міжнар. наук.-практ. конф., 25–28 квітня, 2011 р.: тези допов. – Івано-Франківськ. – 2011. – С. 135–139.
- Максимчук В. Ю. Особливості аномального магнітного поля та магнітних властивостей гірських порід на Прирічному газоконденсатному родовищі / В. Ю. Максимчук, Ю. М. Городиський, Р. С. Кудеравец, Р. Гаупп // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2007. – № 1. – С. 19–30.
- Максимчук В. Ю. Динаміка аномального поля Землі / В. Ю. Максимчук, Ю. М. Городиський, В. Г. Кузнецова. – Львів: ЄвроСвіт, 2001. – 308 с.
- Орлюк М. И. Магнитная характеристика и разломная тектоника земной коры Шебелинской группы газовых месторождений как составная часть комплексных поисковых критериев углеводородов / М. И. Орлюк, И. К. Пашкевич // Геофизический журнал. – 2011. – № 6, Т. 33. – С. 136–151
- 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.
- 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.
- Gadirov V. G. Detailed gravity, magnetic successful in exploring Azerbaijan onshore areas / V. G. Gadirov, L. V. Eppelbaum // Oil&Gas Journal. – 2012. – November, 5. – P. 60–73.
- Gay S. P. Syngenetic magnetic anomaly sources: Three examples / S. P. Gay, B. W. Hawley. // Geophysics. – 1991. – Vol. 56, № 7. – P. 902–913.
- Kuderavets R. S. Practice of Magnetic Surveys over Hydrocarbon Fields in Carpathian Foredeep Ukraine / R. S. Kuderavets, V. Yu. Maksymchuk, I. O. Chobotok, T. A. Klymkovych, V. R. Tymoschuk, N. B. Pyrizhok // Geodynamics. – 2013. – № 2 (15). – С. 186–188.

- LeSchack L. A. High-resolution ground-magnetic (HRGM) and radiometric surveys for hydrocarbon exploration: six case histories in Western Canada / L. A. LeSchack, D. R. Van Alstine // Schumacher D., LeSchack L. A. Surface exploration case histories: applications of geochemistry, magnetics and remote sensing. – 2002. – AAPG Studies in Geology. – № 48 and № 11. – P. 67–156.
- Liu Q. S. Relationship between magnetic anomalies and hydrocarbon microseepage above the Jingbian gas field, Ordos basin, China / Q. S. Liu, L. Chan, Q. Liu, H. // AAPG Bull. – 2004. – Vol. 88, № 2. – P. 241–251.
- Machel H. G. Causes and spatial distribution of anomalous magnetization in hydrocarbon seepage environments / H. G. Machel, E. A. Burton // AAPG Bulletin. – 1991a – Vol.75. – P. 1864–1876.
- Machel H. G. Chemical and microbial processes causing anomalous magnetization in environments affected by hydrocarbon seepage / H. G. Machel, E. A. Burton. // Geophysics. – 1991b. – Vol. 56. – P. 598–605.
- Menshov O. Magnetic Studies Associated with Hydrocarbon Fields in the Ukrainian Part of Carpathian Foredeep / O. Menshov, R. Kuderavets, I. Chobotok, V. Tymoschuk // 7<sup>th</sup>EAGE Conference&Exhibition 2014, Amsterdam, 16–19 June, 2014, WePO5 14, Available at: <http://earthdoc.eage.org/publication/publicationdetails/?publication=76123>
- Rajaram M. Recent Developments in Magnetic Method for Hydrocarbon Exploration / M. Rajaram // 7<sup>th</sup> International Conference and Exposition on Petroleum Geophysics / Hyderabad. – 2008. – P212. Available at: <http://www.spgindia.org/2008/212.pdf>.
- Pirson S. J. New electric technique can locate gas and oil / S. J. Pirson // World oil. – 1971. – p. 1. – vol. 172. – № 5. pp.69–72. – p. 2. – vol. 172. – № 6, pp. 72–74.
- Schumacher D. Hydrocarbon migration and its near-surface expression / D. Schumacher, M. Abrams – AAPG Memoir 66, 1996. – 446 p.
- Schumacher D. Non-Seismic Detection of Hydrocarbons / D. Schumacher // AAPG European Region Annual Conference. – Kiev, Ukraine. – October 17–19. – 2010. Available at: [http://www.searchanddiscovery.com/documents/2011/40722schumacher/ndx\\_schumacher.pdf](http://www.searchanddiscovery.com/documents/2011/40722schumacher/ndx_schumacher.pdf).

Р. С. КУДЭРАВЕЦ, В. Е. МАКСИМЧУК, И. О. ЧОБОТОК, В. Р. ТЫМОЩУК

Карпатское отделение Института геофизики им. С. И. Субботина НАН Украины, ул. Научная, 3-Б, Львов, Украина, 79060, тел.+38(032)2648563, эл.почта: romankud@cb-igph.lviv.ua

#### ОСОБЕННОСТИ АНОМАЛЬНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ В ЗОНАХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ В ПРЕДКАРПАТСКОМ ПРОГИБЕ

**Цель.** Выявление особенностей аномального магнитного поля над нефтегазоносными структурами Предкарпатского прогиба и его взаимосвязей с залежами нефти и газа. **Методика.** Измерения модуля полного вектора геомагнитного поля  $T$  при пешеходной магнитной съемке по системе геомагнитных профилей. Измерения магнитной восприимчивости кернового материала с поисково-разведочных скважин. Исследования выполнены на девяти месторождениях углеводородов и шести перспективных структурах в пределах северо-западной части Бильче-Волицкой зоны Предкарпатского прогиба. **Результаты.** Проведен анализ аномального магнитного поля и получены новые данные о характере локального аномального магнитного поля в пределах северо-западной части Бильче-Волицкой зоны Предкарпатского прогиба. На фоне региональной составляющей геомагнитного поля обнаружены локальные магнитные аномалии амплитудой от  $-10$  до  $+10$  нТл и шириной от 2 до 5 км, сложной морфологии, которые пространственно тяготеют к тектонически экранированным ловушкам углеводородов в алевролитско-песчаной толще дашавской свиты. Выявлено вертикальную изменчивость магнитной восприимчивости горных пород осадочного чехла Предкарпатского прогиба. Источники локальных магнитных аномалий расположены на небольших глубинах (первые сотни метров) и представлены неоднородностями, образовавшимися в результате эпигенетических изменений при участии флюидов углеводородов при их микропросачивании к дневной поверхности. Район работ в северо-западной части внешней зоны Предкарпатского прогиба в целом является благоприятным для постановки магниторазведочных исследований. **Научная новизна.** На основе анализа структуры аномального магнитного поля в пределах северо-западной части Предкарпатского прогиба выявлено четыре типа локальных магнитных аномалий, которые тяготеют к контурным участкам с разведанными залежами углеводородов. **Практическая значимость.** Результаты магниторазведочных исследований могут быть использованы для построения комплексных геофизических моделей месторождений углеводородов и перспективных углеводородных структур на стадии их подготовки под разведывательное и поисковое бурение в пределах северо-западной части внешней зоны Предкарпатского прогиба.

*Ключевые слова:* магниторазведка, аномальное магнитное поле, магнитная восприимчивость, осадочные породы, нефтегазоносность.

R. S. KUDERAVETS, V. J. MAKSYMCHUK, I. O. CHOBOTOK, V. R. TYMOSCHUK

Carpathian Branch of Subbotin Institute of Geophysics of NAS of Ukraine, 3-B Naukova street, Lviv, Ukraine, 79060, tel.+38(032)2648563, e-mail: romankud@cb-igph.lviv.ua

PECULIARITIES OF THE ANOMALOUS MAGNETIC FIELD IN THE AREAS  
OF HYDROCARBON FIELDS IN THE CARPATHIAN FOREDEEP

**Purpose.** Identifying of anomalous magnetic field peculiarities upon oil-and-gas bearing structures in the Carpathian Foredeep and its relationships with oil and gas deposits. **Methodology.** Measuring of geomagnetic field T total vector modulus during surface magnetic survey on a geomagnetic profiles network. Measuring of core magnetic susceptibility of searching-prospecting wells. Investigations were done for 9 hydrocarbon deposits and 6 perspective structures in the NW part of Bilche-Volytsa zone, Carpathian Foredeep. **Results.** The analysis of anomalous magnetic field is shown. The new results about features of local anomalous field in the NW part of Bilche-Volytsa zone were obtained. On the background of regional geomagnetic field component were stated local magnetic anomalies (– 10 to + 10 nT amplitude and 2–5 km width) of complex morphology and correlation with tectonic-shielded hydrocarbon traps in siltstone-sandstone layer of Dashava formation. Was stated vertical variability of rocks magnetic susceptibility in sedimentary cover of the Carpathian Foredeep. Sources of local magnetic anomalies located on the shallow depth (a few hundred meters) and are presented as heterogeneities, generated during epigenetic changes as hydrocarbon fluids infiltrates up to the surface. The area in the NW part of Carpathian Foredeep Outer zone is favorable for magnetic investigations in total. **Originality.** On the base of hydrocarbon anomalous magnetic field structure analysis in the NW part of the Carpathian Foredeep were stated four types of local magnetic anomalies, related with prospected areas of hydrocarbon deposits. **Practical significance.** Results of magnetic-prospecting investigations can be used for creation of complex geophysical models of hydrocarbon deposits and perspective hydrocarbon structures during their preparation for searching and prospecting drilling in the NW part of Carpathian Foredeep's Outer zone.

*Key words:* magnetic survey, anomalous magnetic field, magnetic susceptibility, sediments, oil-and-gas content.

REFERENCES

- Atlas rodovyshch naftu i hazu Ukrayiny: v 6 t., t.4. Zakhidnyy naftohazonosnyy rehion* / red. Ivanyuta M. M., Fedyshyn V.O., Deneha B.I. ta in. [Atlas of Oil and Gas Fields of Ukraine in Six volumes, vol. 4. Western Oil and Gas-Bearing Region], Lviv, Tsentr Yevropy, UNHA, [Lviv, Center of Europe, UNGA], 1998.
- Berezkin V. M., Filatov V. G., Ovsepjan M. L. *Geomagnitnaja model' mestorozhdenija uglevodorodov i vyjavlenija lokal'nyh magnitnyh anomalij ot epigeneticheskikh mineraloobrazovanij na fone geologicheskikh i promyshlennyh pomeh* [Geomagnetic model of hydrocarbons field and identify of local magnetic anomalies of epigenetic mineralization on the background of geological and industrial noise] *Prikladnaja geofizika*. [Applied Geophysics], 1998, no. 132, pp. 156–164.
- Karta anomal'noho mahnitnoho polya Ukrayiny. Vysota 2000 m. M-b 1:1000000* / Nechayeva T. S., Harkavko V. M., Shymkiv L. M., Yentin V. A. [Map of anomalous magnetic field of Ukraine. Altitude 200 m, Sc. 1:1000000], PDRHP "Pivnichukrheolohiya, 2002.
- Kuderavets R. S. *Izuchenie magnitnoj vospriimchivosti otlozhenij dashavskoj svity v severo-zapadnoj chasti Predkarpatskogo progiba*. [Study of magnetic susceptibility of Dashava formation sediments in NW part of Carpathian Foredeep]. *Heodynamika* [Geodynamics], 2013, no. 2 (15), pp. 183–185.
- Kuderavets R. S., Men'shov O. I., Chobotok I. O. *Rezultaty mahnitrozvidky ta kapometriyi gruntovoho sharu na Orkhovyts'komu naftohazovomu rodovyshchi u Peredkarpats'komu prohyni*. [Results of magnetometry and soil's  $\chi$ -measuring on Orkhovychi oil and gas field in Carpathian Foredeep]. *Heodynamika* [Geodynamics], 2013, 2 (15), pp. 18–191.
- Kuderavets R. S., Maksymchuk V. Yu., Horodys'kyy Yu. M. *Heomahnitni modeli rodovyshch vuhlevodniv ta perspektyvnykh struktur tsentral'noyi chastyny Dniprovs'ko-Donets'koyi zapadyny*. [Geomagnetic models of hydrocarbon deposits and perspective structures of central part of Dnipro-Donets depression]. *Naukovy visnyk Ivano-Frankivs'koho Natsional'noho tekhnichnoho universytetu naftu ta hazu* [Scientific Bulletin of Ivan-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas], 2009, no. 1 (19), pp. 73–81.
- Kuznetsova V. H., Maksymchuk V. Yu. *Anomal'ne mahnitne pole ta yoho zv'yazok z hlybinnoyu budovoyu i tektonikoyu Ukrayins'kykh Karpat* [Anomalous magnetic field and its relationship with deep structure and tectonic of Ukrainian Carpathians] *Heodynamika*, [Geodynamics], 2011, vol. 1 (10), pp. 127–133.
- Kuznecova V. G., Dembickij E. P., Vvedenskaja M. N. *Metodika i rezultaty vysokotochnoj magnitometrii na mestorozhdenijah gaza v Predkarpat'e*. [Methodology and results of high-resolution magnetometry on gas fields in Precarpathians]. *Trudy Institutu geologii i geohimii gorjuchih iskopaemyh AN USSR* [Proceedings of the Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals UkSSR], 1981, vol. 16, pp. 201–214.
- Maksymchuk V. Yu., Kuderavets R. S. *Vykorystannya danykh mahnitrozvidky dlya vyvchennya naftohazonosnosti heolohichnykh struktur Peredkarpat's'koho prohynu* [Using magnetometry data for

- studying of oil-gas bearing geological structures in Carpathian Foredeep], *Tezy 9-oyi mizhn.nauk-prakt.konf. «Nafta i haz Ukrainy-2013»*, (Yaremche, 04.09.2013-06.09.2013) [Proc. of the 9rd Int. Scientific and Practical Conf. «Oil and Gas of Ukraine-2013»], 2013, Lviv, Centr of Europe, pp. 52–53.
- Maksymchuk V. Yu., Kuderavets R. S., Klymkovych T. A., Chobotok I. O., Tymoshchuk V. R. *Rezultaty vyvchennya anomal'noho mahnitnoho polya na rodovyshchakh vuhlevodniv u pivnichno-zakhidniy chastyni Peredkarpats'koho prohynu* [Results of anomalous magnetic Field investigations in the hydrocarbon deposits of NW part of the Carpathian Foredeep], *Tezy mizhnar.nauk.-prak. konf.: «Naftohazova heofizyka – innovatsiyini tekhnolohiyi» (25-28.04.2011)*, [Proc. of the Int. Scientific and Practical Conf: «Oil and gas geophysics – innovative technologies»], 2011, Ivano-Frankiv'sk, pp. 135–139
- Maksymchuk V. Yu., Horodys'kyy Yu. M., Kuderavets R. S., Gaupp R. *Osoblyvosti anomal'noho mahnitnoho polya ta mahnitnykh vlastyivostey hirs'kykh porid na Pryrichnomu hazokondensatnomu rodovyshchi*. [Anomalous magnetic field and roks magnetic peculiarities on the Pryrichna gas-condensate deposit]. *Rozvidka ta rozrobka naftovykh i hazovykh rodovyshch* [Prospecting and Development of Oil and Gas Fields], 2007, no. 1, pp. 19–30.
- Maksymchuk V. Yu., Horodys'kyy Yu. M., Kuznetsova V. H. *Dynamika anomal'noho mahnitnoho polya Zemli*. [Dynamics of Earth's anomalous magnetic field]. – Lviv. Yevrosvit [Yevrosvit], Lviv, 2001, 308 p.
- Orljuk M. I., Pashkevich I. K. *Magnitnaja harakteristika i razlomnaja tektonika zemnoj kory Shebelinskoj grupy gazovyh mestorozhdenij kak sostavnaja chast' kompleksnyh poiskovykh kriteriev uglevodorodov*. [Magnetic characteristic and fault tectonics of the Earth's crust of the Shebelynka gas deposits group: as a part of complex exploration criteria for hydrocarbons]. *Geofizicheskij zhurnal* [Geophysical Journal], 2011, T.33, no. 6, 136–151.
- Orljuk M. I., Maksimchuk V. E., Vakarchuk G. I., Chepil' P. M. *Magnitometricheskie issledovanija pri regional'nom i lokal'nom prognoze neftegazonosnosti zemnoj kory Dneprovsko-Donckoj vpadiny*. [Magnetometric studies with regional and local prognosis of oil and gas potential of the Earth's Crust in the Dniepr-Donets basin]. *Geofizicheskij zhurnal* [Geophysical Journal], 1998, no. 3, 92–102.
- Donovan T. J., Hendricks J. D., Roberts A. A., Eliason P. T. Low altitude aeromagnetic reconnaissance for petroleum in the Arctic National Wildlife Refuge. *Geophysics*, 1984, vol.49, no. 8, pp.1338–1353.
- Gadirov V. G., Eppelbaum L. V. Detailed gravity, magnetic successful in exploring Azerbaijan onshore areas. *Oil&Gas Journal*, 2012, November, 5, pp. 60–73.
- Gay S. P., Hawley B. W. Syngenetic magnetic anomaly sources: Three examples. *Geophysics*, 1991, vol.56, no. 7, pp.902–913.
- Kuderavets R. S., Maksymchuk V. Yu., Chobotok I. O., Klymkovych T. A., Tymoshchuk V. R., Pyrizhok N. B. Practice of Magnetic Surveys over Hydrocarbon Fields in Carpathian Foredeep, Ukraine. *Geodynamics*, 2013, no. 2 (15), pp.186-188.
- LeSchack L. A., Van Alstine D. R. High-resolution ground-magnetic (HRGM) and radiometric surveys for hydrocarbon exploration: six case histories in Western Canada / Schumacher D., LeSchack L. A. Surface exploration case histories: applications of geochemistry, magnetics and remote sensing. *AAPG Studies in geology*. 2002, № 48 and no. 11, pp. 67–156.
- Liu Q. S., Chan L., Liu Q., Li H. Relationship between magnetic anomalies and hydrocarbon microseepage above the Jingbian gas field, Ordos basin, China. *AAPG Bulletin*, 2004, vol.88, no. 2, pp.241–251.
- Machel H. G., Burton E. A. Causes and spatial distribution of anomalous magnetization in hydrocarbon seepage environments. *AAPG Bulletin*, 1991a, Vol. 75, pp. 1864–1876.
- Machel H. G., Burton E. A. Chemical and microbial processes causing anomalous magnetization in environments affected by hydrocarbon seepage. *Geophysics*, Vol. 56, – 1991b, pp. 598–605.
- Menshov O., Kuderavets R., Chobotok I., Tymoshchuk V. Magnetic Studies Associated with Hydrocarbon Fields in the Ukrainian Part of Carpathian Foredeep / 76<sup>th</sup>EAGE Conference&Exhibition 2014, Amsterdam, 16-19 June, 2014, WePO5 14, Available at: <http://earthdoc.eage.org/publication/publicationdetails/?publication=76123>.
- Rajaram M. Recent Developments in Magnetic Method for Hydrocarbon Exploration. 7<sup>th</sup> International Conference and Exposition on Petroleum Geophysics, 2008, Hyderabad, P212, Available at: <http://www.spgindia.org/2008/212.pdf>
- Pirson S. J. New electric technique can locate gas and oil. *World oil*, 1971, p.1, vol.172, no. 5. pp. 69–72, p. 2., vol.172, no. 6, pp. 72–74.
- Schumacher D. Non-Seismic Detection of Hydrocarbons AAPG European Region Annual Conference, Kiev, Ukraine, October 17–19, 2010. Available at: [http://www.searchanddiscovery.com/documents/2011/40722schumacher/ndx\\_schumacher.pdf](http://www.searchanddiscovery.com/documents/2011/40722schumacher/ndx_schumacher.pdf).
- Schumacher D., Abrams M. Hydrocarbon migration and its near-surface expression. *AAPG Memoir 66*, 1996, 446 p.

Надійшла 20.11.2014 p.