

## **АЕРОГЕОФІЗИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДОМ АНАЛІЗУ СПОНТАННОЇ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ЕМІСІЇ ЗЕМЛІ НА ПРИКЕРЧЕНСЬКОМУ ШЕЛЬФІ ЧОРНОГО МОРЯ**

**Н.П. Лойко<sup>1</sup>, І.Г. Захаров<sup>2</sup>, О.П. Калашнік<sup>3</sup> Д.О. Яцюта<sup>4</sup>**

*(Рекомендовано чл.-кор. НАН України О.Б. Гінтовим)*

<sup>1</sup> ТОВ «Південь-Нафтогазгеологія», Київ, Україна, E-mail: yacik2007@ukr.net  
Директор ТОВ «Південь-Нафтогазгеологія».

<sup>2</sup> ТОВ «Південь-Нафтогазгеологія», Київ, Україна, E-mail: yacik2007@ukr.net  
Геолог відділу геології ТОВ «Південь-Нафтогазгеологія».

<sup>3</sup> ТОВ «Південь-Нафтогазгеологія», Київ, Україна, E-mail: yacik2007@ukr.net  
Геофізик ТОВ «Південь-Нафтогазгеологія».

<sup>4</sup> ТОВ «Південь-Нафтогазгеологія», Київ, Україна, E-mail: yacik2007@ukr.net  
Дочірнє підприємство «Науково-дослідний інститут нафтогазової промисловості  
«НАК «Нафтогаз України». Заступник начальника відділу.

Наведені результати аерогеофізичних досліджень геологічної будови прикерченського шельфу Чорного моря методом аналізу спонтанної електромагнітної емісії Землі. Уточнено геологічну будову по відкладах крейди, палеогену, неогену. Підтверджено наявність раніше виявлених структур та виділені нові перспективні у нафтогазоносному відношенні об'єкти.  
**Ключові слова:** прикерченський шельф, електромагнітна емісія, аерогеофізичні дослідження.

## **AEROGEOPHYSICAL RESEARCHES BY ANALYZING THE SPONTANEOUS ELECTROMAGNETIC EMISSION OF THE EARTH ON THE PRIKERCHENSKIY SHELF OF THE BLACK SEA**

**N.P. Loyko<sup>1</sup>, I.G. Zakharov<sup>2</sup>, A.P. Kalashnik<sup>3</sup>, D.A. Iatsiuta<sup>4</sup>**

*(Recommended by correspondend member NAS of Ukraine O.B. Gintov)*

<sup>1</sup> «Yug-Neftegazgeologiya», Kyiv, Ukraine, E-mail: yacik2007@ukr.net  
Director «Yug-Neftegazgeologiya».

<sup>2</sup> «Yug-Neftegazgeologiya», Kyiv, Ukraine, E-mail: yacik2007@ukr.net  
Geologist Geology Department «Yug-Neftegazgeologiya».

<sup>3</sup> «Yug-Neftegazgeologiya», Kyiv, Ukraine, E-mail: yacik2007@ukr.net  
Geophysicist «Yug-Neftegazgeologiya».

<sup>4</sup> «Yug-Neftegazgeologiya», Kyiv, Ukraine, E-mail: yacik2007@ukr.net  
Subsidiary enterprise «Scientific-Research Institute of Oil and Gas Industry»,  
National Joint Stock Company «Naftogaz of Ukraine». Deputy Head of Department.

The results of Aerogeophysical researches of the geological structure of the Prikerchensky shelf of the Black Sea by analyzing the spontaneous electromagnetic emission of the Earth. Clarified geological structure Cretaceous, Paleogene, Neogene. Existence of earlier revealed structures is confirmed and new perspective objects in the oil-and-gas relation are allocated.

**Key words:** Prikerchensky shelf, electromagnetic emission, Aerogeophysical researches.

# АЭРОГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТОДОМ АНАЛИЗА СПОНТАННОЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ЭМИССИИ ЗЕМЛИ НА ПРИКЕРЧЕНСКОМ ШЕЛЬФЕ ЧЕРНОГО МОРЯ

Н.П. Лойко<sup>1</sup>, И.Г. Захаров<sup>2</sup>, А.П. Калашник<sup>3</sup>, Д.А. Яцюта<sup>4</sup>

*(Рекомендовано чл.-кор. НАН Украины О.Б. Гинтовим)*

<sup>1</sup> ООО «Юг-Нефтегазгеология», Киев, Украина, E-mail: yacik2007@ukr.net  
Директор ООО «Юг-Нефтегазгеология».

<sup>2</sup> ООО «Юг-Нефтегазгеология», Киев, Украина, E-mail: yacik2007@ukr.net  
Геолог отдела геологии ООО «Юг-Нефтегазгеология».

<sup>3</sup> ООО «Юг-Нефтегазгеология», Киев, Украина, E-mail: yacik2007@ukr.net  
Геофизик ООО «Юг-Нефтегазгеология».

<sup>4</sup> ООО «Юг-Нефтегазгеология», Киев, Украина, E-mail: yacik2007@ukr.net  
Дочернее предприятие «Научно-исследовательский институт нефтегазовой промышленности» НАК «Нефтегаз Украины».  
Заместитель начальника отдела.

Приведены результаты аэрогеофизических исследований геологического строения прикерченского шельфа Черного моря методом анализа спонтанной электромагнитной эмиссии Земли. Уточнено геологическое строение по отложениям мела, палеогена, неогена. Подтверждено наличие ранее выявленных структур и выделены новые перспективные в нефтегазовом отношении объекты.

**Ключевые слова:** прикерченский шельф, электромагнитная эмиссия, аэрогеофизические исследования.

## Вступ

Пошукові аерогеофізичні роботи на Прикерченській акваторії методом аналізу спонтанної електромагнітної емісії Землі (АСЕМЕЗ) виконані ТОВ «Південь-Нафтогазгеологія» згідно з договором з НАК «Нафтогаз України» в 2009-2011 рр. В межах площі досліджень сейсморозвідкою виявлена низка антиклінальних структур у палеогенових і крейдяних відкладах: Субботіна, Абіха, Керченська і Південно-Керчинська, Глибока, Кавказька, Якірна, Соколове, Привітна та ін. (рис. 1). У 2006 р. параметричною св. 403 відкрите перше на прикерченському шельфі Субботінське нафтове родовище.

Аерогеофізичні дослідження виконані з використанням літального апарату Diamond DA42 Twin Star виробництва австрійської компанії Diamond Aircraft Industries. Швидкість літака (150-160 км/год.) забезпечувала відстань між сусідніми фізичними точками спостережень у середньому 60 м.

Зйомка проведена на висоті 300 м за мережею поздовжніх і поперечних профілів. Всього виконано 233 поздовжніх профілів, довжиною 50 км кожний на відстані 0,5 км та 65 поперечних, довжиною 70 км кожний на відстані 0,25 км. Загальна довжина профілів спостережень становить 15286,5 км на площі 2071 км<sup>2</sup>.

Спостереження виконані широкосмуговою 3-координатною антеною, що реєструє магнітну компоненту літосферного сигналу в діапазоні частот 2,5-50 кГц з інтервалом в 1 с. Динамічний діапазон приймача сягає від 55 до 15 нТл. Вимірюваним показником є число імпульсів електромагнітного випромінювання з інтенсивністю вище заданого порогу, що надходять на приймач за час експозиції [Богданов и др., 2009].

З метою фільтрації спостереженого сигналу від радіомагнітних завад в якості стаціонарних варіаційних станцій було задіяно дев'ять комплексів «Астрогон», які працювали цілодобово впродовж всієї зйомки.



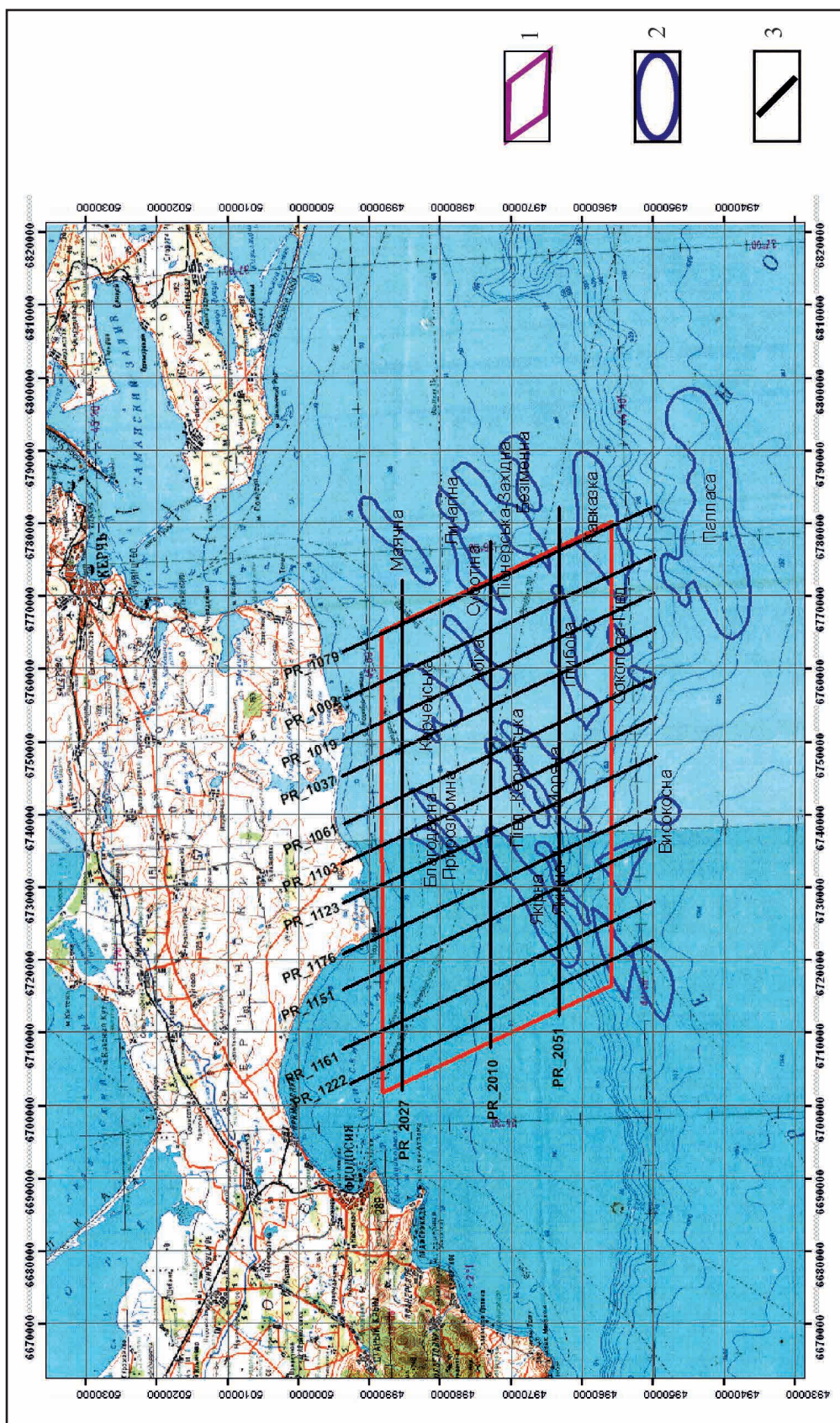


Рис. 1. Оглядова карта акваторії досліджень

1 – площа робіт; 2 – перспективні структури; 3 – лінії опорних профілів

Fig. 1. Overview map of the water area of research

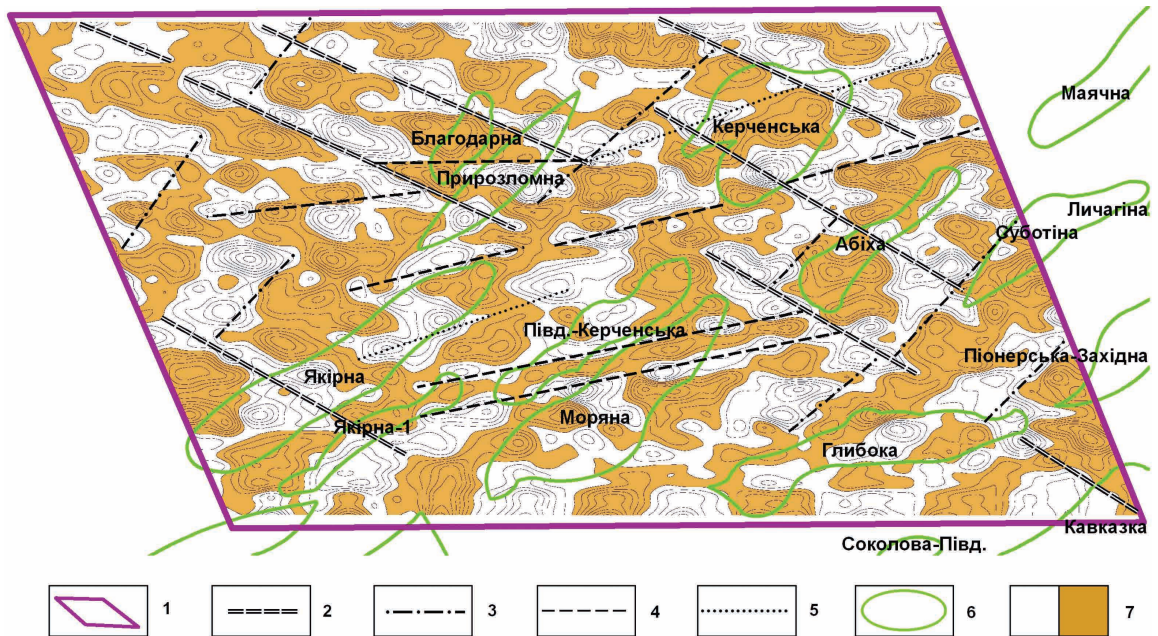
1 – Area of work; 2 – perspective structures; 3 – lines of reference profiles



## Результати досліджень

Інтерпретація даних за методом АСЕМЕЗ базується на емпіричних правилах, які апробуються на відомих геологічних об'єктах в межах ділянки досліджень або на прилеглих територіях. З метою виділення об'єктів різного рангу було побудовано близько 20 схем неоднорідності інтегрального поля з використанням вихідного сигналу і різноманітних спектральних компонент з різними параметрами настроювання. Найбільш інформативною вияви-

лася схема, яку отримано за даними рівня декомпозиції Н06 вейвлет-перетвореного сигналу з фільтрацією даних з вікном 600x900 м. Виходячи з характеру лінійного розподілу локальних максимумів (білий колір) і мінімумів (жовтий колір) на схемі інтегральної інтенсивності електромагнітного випромінювання, виділено чотири основні системи лінеаментів певного напрямку, що відповідають розривним порушенням або зонам концентрації напружень (рис. 2).



**Рис. 2.** Схема неоднорідності інтегрального поля за даними рівня декомпозиції Н06 вейвлет-перетвореного сигналу та основна система лінеаментів

1 – площа досліджень; лінеаменти: 2 – аз. 315-320°; 3 – аз. 45°; 4 – аз. 65-70°; 5 – аз. 75-80°; 6 – перспективні структури; 7 – інтенсивність поля: а – максимум, б – мінімум

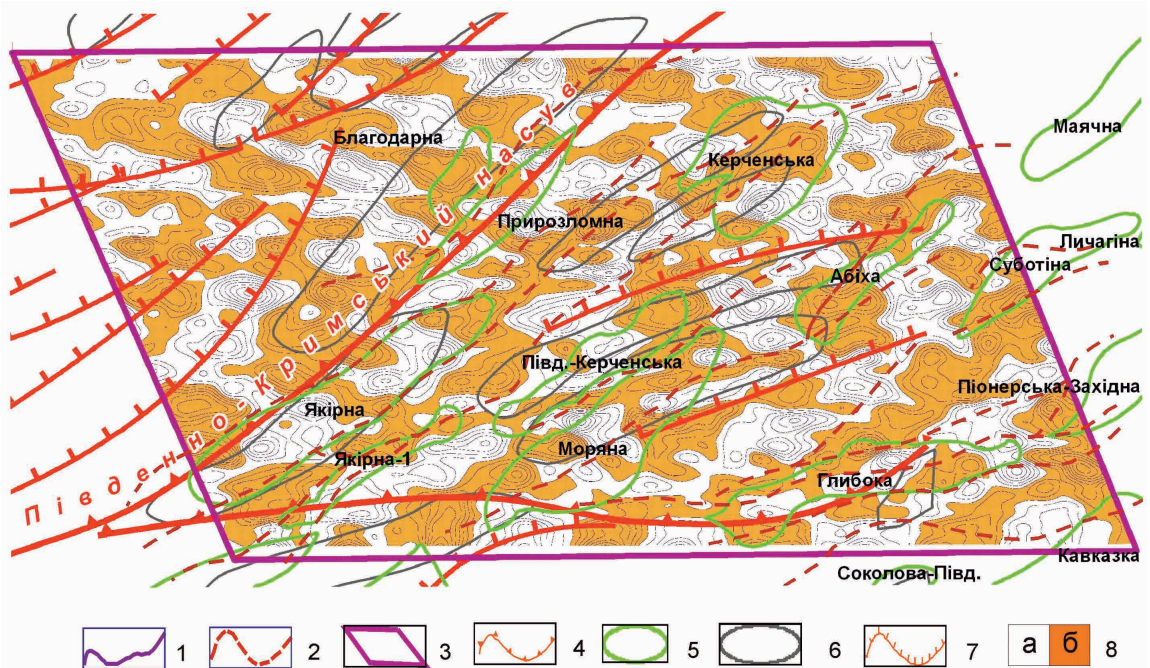
**Fig. 2.** Scheme of heterogeneity integral field according to the decomposition of H06 wavelet-transformed signal and the main system of lineaments

1 – the area of studies; lineaments: 2 – az. 315-320°, 3 – az. 45°, 4 – az. 65-70°, 5 – az. 75-80°; 6 – perspective structures; 7 – the intensity of the field: a – maximum, b – the minimum

Лінеаменти північно-східного напрямку (аз. 65-70°, аз. 75-80°) відповідають різноманітним розривним порушенням і осям локальних складок. Вони узгоджуються з напрямком раніше встановлених розломів за результатами сейсмозвідки [Ночвай, Маркова та ін., 2003; Маркова, Ночвай та ін., 2008]. Північно-західний напрямок лінеаментів (аз. 315-320°) найбільш чітко простежується на півночі і північному заході площі досліджень. Просторова відповідність лі-

неаментів на схемі неоднорідності поля із розривними порушеннями різного рангу і напрямку, встановленими за даними попередніх геолого-геофізичних досліджень, свідчить про їх напружений стан (рис. 3).

Для виконання повного комплексу розрахунків (положення у розрізі локальних випромінювачів різних типів, яким відповідають аномалії поля СЕМЕЗ різної форми та амплітуди, неоднорідність інтенсивності випромінювання у вертикальній площині по



**Рис. 3.** Відображення розломів та локальних структур на схемі неоднорідності інтегрального поля СЕМЕЗ та його спектральних компонент

1 – границя суша – море; 2 – розривні порушення за даними сейсмозв'язки (горизонт відбиття III г, 2001-2003 рр.); 3 – площа досліджень; 4 – підкидо-насув і насув (за Юдіним, 2001р.); 5 – перспективні структури; 6 – локальне підняття; 7 – скид; 8 – інтенсивність поля СЕМЕЗ: а – мінімум, б – максимум

**Fig. 3.** Display faults and local structures on the scheme of heterogeneity for integrated field of SEMEZ and its spectral components

1 – land and sea boundary; 2 – faults according to seismic (reflection horizon III d, 2001-2003); 3 – area of research; 4 – overthrusts (by Yudin, 2001); 5 – perspective structures; 6 – local uplift; 7 – discharge; 8 – SEMEZ: field intensity (a – minimum, b – maximum)

лінії профілю, поляризаційні властивості випромінювання, що визначаються на основі кореляційного аналізу) в межах території досліджень обрано 14 опорних профілів, з яких 11 поперечних і три поздовжніх. Два з них – поперечний і поздовжній – проходять через пробурені на площі Суботіна свердловини (рис. 1) для здійснення стратиграфічної прив'язки горизонтів випромінювання і перевірки встановлених раніше ознак покладів вуглеводнів (ВВ). Для порівняння для кожного з них наявну геолого-геофізичну інформацію представлено у вигляді сейсмічних горизонтів відбиття (всього сім горизонтів) та результатів буріння і випробування на структурі Суботіна.

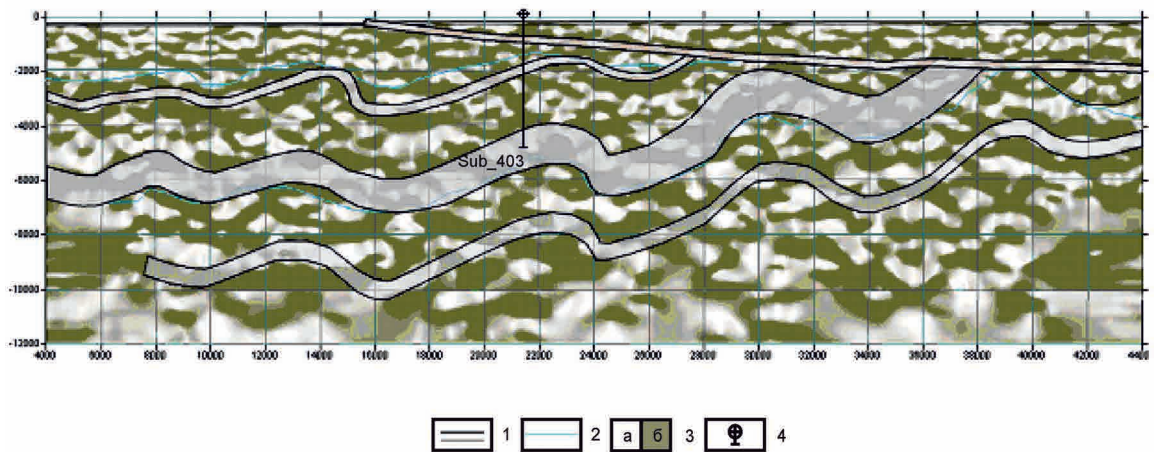
На рис. 4 показано, що шари поблизу покритті з кожного з горизонтів простежуються у вигляді вузьких зон підвищеного рівня випромінювання (світлі частини розрізу). А саме вони відповідають переходу від зон

пониженого випромінювання (підшва лежачого вище шару) до підвищеного (покриття лежачого нижче шару). Діагональні смуги підвищеного і пониженого рівнів випромінювання поблизу св. 403, які утворюються, мабуть, похилими зонами тріщинуватості, свідчать, що пакети ВВ у склепінній частині складки, найімовірніше, не є безперервними, а поділені зонами, несприятливими для накопичення ВВ.

Всього за даними аналізу опорних профілів на Прикерченській ділянці виявлено чотири основних горизонти, які простежуються зазвичай по всій довжині профілів. Ці горизонти були використані як основні для побудови розрізу в цілому. На рис. 5 наведено приклад геолого-геофізичної інтерпретації поперечного профілю 1079.

Стратиграфічна прив'язка геофізичного розрізу проведена за графіками неоднорідності випромінювання з урахуванням даних





**Рис. 4.** Приклад виділення горизонтів за даними методу АСЕМЕЗ (профіль 1079)

1 – горизонти випромінювання; 2 – горизонти відбиття Іb і ІІІh; 3 – інтенсивність поля: а – висока, б – низька; 4 – свердловина

**Fig. 4.** Example of the allocation of horizons according to the method АSEMЕZ (profile 1079)

1 – horizons of emission; 2 – horizon knockouts Іb and ІІІh; 3 – intensity fields: а – high, б – low; 4 – well

сейсморозвідки та буріння. Виділено чотири основних горизонтів випромінювання (в дужках наведено відповідний сейсмічний горизонт):

I - перший – поверхня передпліоценового розмиву  $N_{1m}$  (Ір); II - другий – тотожний покрівлі майкопської серії  $P_3mk_2$ ; III - третій – тотожний покрівлі верхньої крейди  $K_2$  (ІІІm); IV - четвертий – тотожний підшві нижньої крейди  $K_1$  (IV).

Один із найбільш помітних сейсмічних горизонтів Іа (нижня частина майкопської серії  $P_3^1$ ) за даними методу АСЕМЕЗ виділяється тільки на окремих ділянках розрізу, тому в основні горизонти, що простежувалися, він не включений. Одним з помітних є також горизонт випромінювання поблизу покрівлі нижньої крейди, однак в інших місцях він простежується невпевнено. Тому цей горизонт також не використовувався як основний, але на деяких геолого-геофізичних розрізах він присутній і названий ІІа.

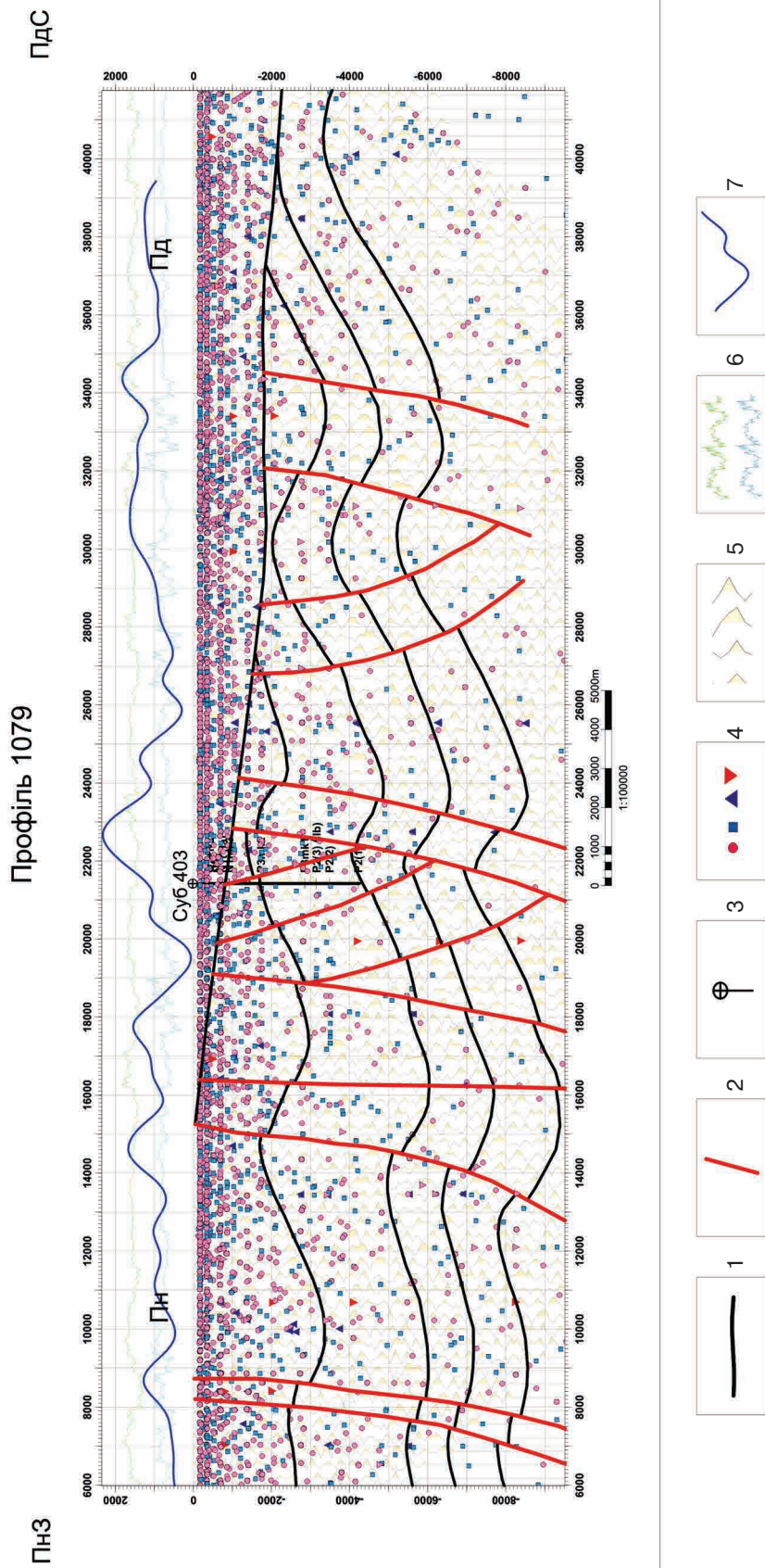
Глибина досліджень методом АСЕМЕЗ обумовлена довжиною профілів, а вони, у свою чергу, залежать від розміру ділянки досліджень. В даному випадку глибина вивчення геологічного розрізу не перевищує 10 000-12 000 м. На Прикерченській акваторії самим глибоким горизонтом випромінювання є горизонт IV, що отожднюється з покрівлею нижньої крейди. На підставі виконаних структурних побудов було встановлено,

що саме цей структурний план відбиває основні риси геологічної будови ділянки, що успадковані майже всім розрізом. Тільки найбільш молода – верхня частина (пліоцен–голоцен) розрізу має інший вигляд. З огляду на це детально розглянута при побудові тектонічної карти поверхня самого нижнього з випромінюючих горизонтів, який дозволяє виявити основні закономірності геологічної будови ділянки в цілому.

Складність тектонічної будови прикерченського шельфу Чорного моря зумовлена наявністю розломів, які просліджуються за даними методу АСЕМЕЗ з різним ступенем надійності, крізь майже всю мезокайнозойську товщу порід до регіонального передпліоценового розмиву. Це великі зсуви протяжних тектонічних блоків, які зміщені один відносно одного на відстань до 2000 м. Азимут простягання зсувів –  $290-300^\circ$ , кут їх падіння –  $87^\circ$  на південний захід. Створені зсувами блоки сягають ширини 15-18 км.

У цілому, проведеними роботами за методом АСЕМЕЗ підтверджено наявність розломів, основні з яких (північно-східного простягання) близькі до напрямків, встановлених сейсморозвідкою. Підтверджено існування локальних підняттяв та прогинів, що їх поділяють.

Виконані зіставлення з даними випробування св. 403, 1, 2 на площі Субботіна дозволили підтвердити інформативність



**Рис. 5.** Приклад геолого-геофізичної інтерпретації опорного профілю 1079

1 – горизонт випромінювання; 2 – розривні порушення; 3 – свердловина; 4 – локальні випромінювачі; 5 – карелограма кореляції; 6 – інтенсивність електромагнітного випромінювання, ум. од.; 7 – інтегральна інтенсивність електромагнітного випромінювання, ум. од.

**Fig. 5.** Example of geological and geophysical interpretation of the reference profile 1079

1 – horizon of emission; 2 – faults; 3 – well; 4 – local emitters; 5 – correlation; 6 – intensity of electromagnetic emission, conv. units; 7 – integrated intensity of electromagnetic emission, conv. units

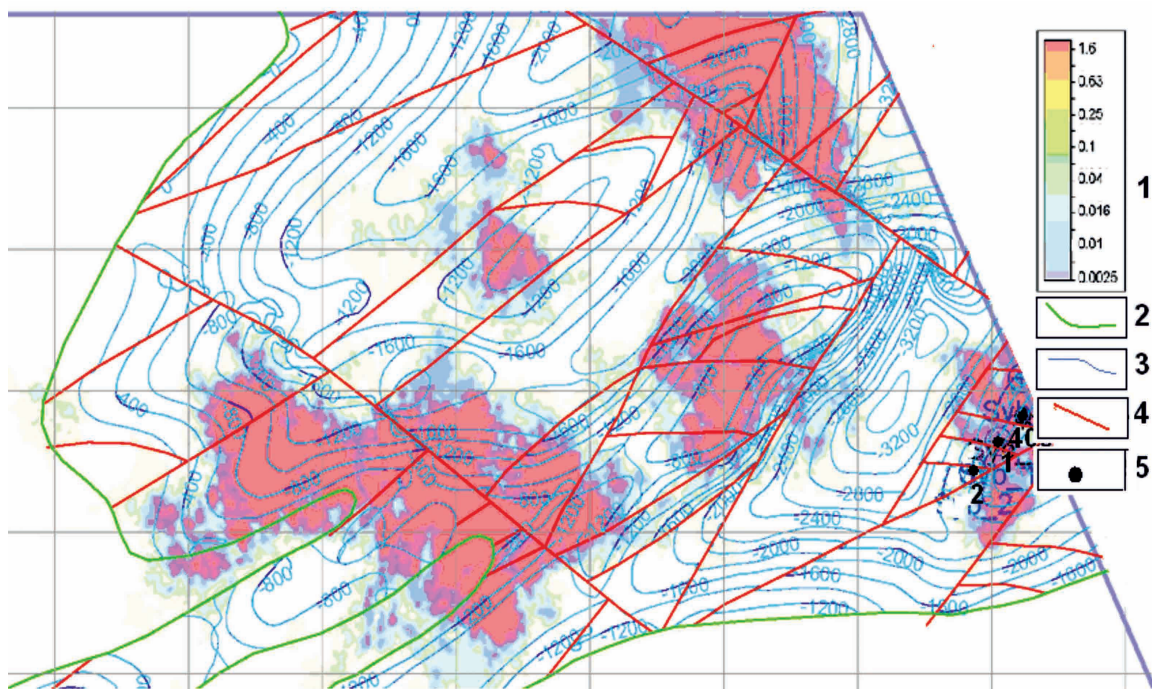


виявлених раніше ознак ВВ і встановити їх деякі особливості, притаманні об'єктам на Прикерченській ділянці. Для підтвердження реальності виявлених структур з використанням 3D технології проведено узагальнюючу оцінку умов, сприятливих для формування покладів ВВ. На рис. 6 наведено їх поширення по площі для відкладів майкопу. Чіткі аномалії (червоні відтінки) фіксуються поблизу структур Субботіна, Абіха, Керченська, Південно-Керченська і Моряна. Аномалія в північно-східному куті площі, можливо, пов'язана з реальними властивостями гірських порід або є крайовим ефектом, що не несе інформації.

У цілому, ознаки ВВ виявилися подібними до тих, що раніше багаторазово виділялись за даними методу АСЕМЕЗ на інших ділянках робіт у різних регіонах. У той же час на Прикерченській ділянці встановлено і деякі особливості проявів покладів ВВ у сигналі, що реєструється. Основна з них поля-

гає в тому, що в багатьох місцях зміни характеристик випромінювання свідчать про поступове чи раптове погіршення властивостей шарів-колекторів у міру наближення до апікальної частини структури, тоді як зазвичай буває навпаки. Деякі блоки тут значно ущільнені. Можливим поясненням такої ситуації може бути зростання тектонічних напруг поблизу осі складки, про що насамперед свідчить значне (часто у декілька разів) зростання кількості локальних випромінювачів. Мабуть, через цю закономірність майже не проявляється ще одна особливість у змінах сигналу СЕМЕЗ, а саме – зменшення амплітуди високочастотної складової випромінювання над покладами нафти.

Як наслідок, тільки на окремих профілях у межах окремих структур виявлено одночасно більшість з відомих нам ознак ВВ, тоді як в усіх інших випадках встановлено тільки окремі ознаки. Це, безумовно, знижує на-



**Рис. 6.** Модель розповсюдження зон знижених значень електромагнітного випромінювання, що пов'язуються з зонами розущільнення порід майкопу

1 – шкала значень електромагнітного випромінювання; 2 – границя розповсюдження відкладів майкопу; 3 – ізогпси горизонту випромінювання II; 4 – розлом за даними методу АСЕМЕЗ; 5 – свердловини

**Fig. 6.** Model of proliferation zones of lower values electromagnetic emission associated with decompaction areas of Maikop rocks

1 – scale of values of electromagnetic emission; 2 – boundary proliferation Maikop deposits; 3 – contour line of the horizon emission II; 4 – fault according to the method АСЕМЕЗ; 5 – wells



дійність виявлення покладів ВВ за прямими ознаками і, на жаль, вказує на те, що колекторські властивості у багатьох місцях виявлених структур не найкращі з тих, що зазвичай фіксуються методом АСЕМЕЗ (оскільки реєстрація здійснюється у відносних одиницях, ми можемо дати тільки порівняльну характеристику умовам формування покладу).

Це може бути пов'язане як з частковим руйнуванням пор колекторів під час тектонічного стиснення, так і з дробленням покладу на окремі невеличкі блоки, що може призвести до помітної неоднорідності умов для накопичення ВВ навіть в межах одного покладу. Найбільш несприятливі умови для формування і зберігання покладу відмічаються на крутих крилах складок з південного сходу, де розміри таких блоків не перевищують 600 м. Все це зумовлює необхідність проведення детальних геологорозвідувальних робіт у межах кожної струк-

тури з метою виявлення окремих блоків, в яких можна очікувати більш значні поклади ВВ.

### **Висновки**

Результати аерогеофізичних досліджень методом АСЕМЕЗ підтверджують наявність та, в цілому, розташування основних відомих структур Прикерченської ділянки. Крім того, в межах дослідної ділянки визначені 23 позитивні локальні структурні форми, з яких 9 найбільших за розмірами (загальною площею до 145 км<sup>2</sup>) здебільшого або частково збігаються з встановленими сейсморозвідкою та 14 нових. З нових об'єктів шість розташовані на вивченій сейсморозвідкою території, з яких одна є самостійною антиклінальною складкою, решта – продовження відомих антиклінальних складок, зміщених зсувами і відокремлених підкидонасувами. Загальна площа цих структур становить близько 30 км<sup>2</sup>.

### **Список літератури / References**

1. Богданов Ю.А., Бондаренко Н.В., Захаров И.Г., Лойко Н.П., Лукин В.В., Черняков А.М., Чертов О.Р. Аппаратурно-методическое обеспечение метода анализа спонтанной электромагнитной эмиссии Земли. *Геофиз. журн.* 2009. Т. 31, № 4. С. 34-43.

*Bogdanov Y.A., Bondarenko N.V., Zakharov I.G., Loiko N.P., Lukin V.V., Chernjakov A.M., Chertov E.R., 2009. Apparaturno-metodycheskoe obespechenye method of analysis spontaneus electromagnetic emission of the Earth. Geophys. zhurnal, Vol. 31, № 4, P. 34-43 (in Russian).*

2. Маркова Г.Г., Ночвай М.В. та ін. Уточнення геологічної будови відкладів мезозою та кайнозою у східній частині прикерченського шельфу Чорного моря / ДГП «Укргеофізика». Київ, 2008. 55 с.

*Markova G.G., Nochvay M.V. et al. Refinement of the geological structure of Mesozoic and Cenozoic sediments in the eastern part of the Black Sea Prikerchenskiy / DCF «Ukrgeofizika». Kyiv, 2008. 55 p. (in Ukrainian).*

3. Ночвай М.В., Маркова Г.Г. та ін. Звіт про пошукові і сейсморозвідувальні роботи MBX СГТ на Керченському шельфі Чорного моря в 2001-2003 рр. (титул 406) / ДГП «Укргеофізика». Київ, 2003. 96 с.

*Nochvay M.V., Markova G.G. et al. Report about survey and seismic work MBX СГТ on the Kerch shelf of the Black Sea in 2001-2003 GG (Title 406) / DCF «Ukrgeofizika». Kyiv, 2003. 96 p. (in Ukrainian).*

Стаття надійшла  
08.11.2013