

## АНОМАЛЬНА ДИНАМІКА ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПОЛІВ НА ПЕРЕМИШЛЯНСЬКІЙ НАФТОГАЗОПЕРСПЕКТИВНІЙ СТРУКТУРІ

Проведено експериментальні польові електророзвідувальні дослідження на Перемишлянській нафтогазоперспективній ділянці. За даними методу ЗСБ виявлено аномальну добову динаміку електромагнітних полів. За результатами досліджень виділено аномалію, яка корелює з перспективними на вуглеводні зонами за даними інших методів (сейсміки, геохімії, гравіметрії).

**Ключові слова:** аномальна динаміка електромагнітних полів; поклади вуглеводнів; електророзвідка.

### *Вступ*

Незважаючи на широке застосування і постійне вдосконалення методів сейсмозвідки, комплексування їх з іншими методами (електро- та магніторозвідкою, гравікою, геохімією, дистанційними зондуваннями Землі) для виявлення покладів вуглеводнів, підтвердженість прогнозу бурінням все ж залишається на доволі низькому рівні. Для підвищення ефективності методів геофізичної розвідки при пошуках нафтогазових покладів в останні десятиліття пропонують нові методики або модифікації наявних методів, які дають змогу виявляти додаткові пошукові критерії і, тим самим, підвищувати ймовірність позитивного прогнозу. До таких методів можна зарахувати і спостереження за аномальною динамікою електромагнітних полів у зонах нафтогазових покладів.

### *Аналіз досліджень динаміки електромагнітних полів*

Такі роботи започатковано у Карпатському відділенні Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України (КВ ІГФ) у 2001 р. за ініціативи тодішнього керівника відділення, доктора геолого-мінералогічних наук, професора Я.С. Сапужака. Ідею таких досліджень найповніше обґрунтовано теоретично та підтверджено експериментальними лабораторними і натурними спостереженнями С.Ю. Баласаняном [Баласанян, 1990]. Відповідно до розробленої ним інтегральної геоелектричної моделі геологічного середовища Земля постійно піддається дії екзо- і ендегенних природних фізичних сил з періодами від  $10^{18}$  с (планетарний масштаб) до  $10^{-18}$  с (рентгенівська частина сонячного спектра), які викликають відповідну динаміку локальних геофізичних полів над енергоактивними зонами. І якщо навіть природа і генезис останніх вважаються дискусійними, то існування їх, як свідчать численні експериментальні спостереження, сумнівів не викликає і може бути використане для прогнозу геодинамічних явищ, зокрема, у нафтогазоперспективних та сейсмоактивних регіонах.

З широкого спектра природних коливань для практичних досліджень вибрано добові варіації, які можна вважати оптимальними для спостережень як за їх протяжністю, так і за амплітудою аномалій. Вони базуються на теоретично передбаченому і експериментально встановленому яви-

щі аномальної добової динаміки локальних геофізичних полів (АДДЛГП) [Баласанян, 1990] у зонах, до яких крім тектонічних енергоактивних об'єктів зараховують також і поклади корисних копалин. Свої експериментальні дослідження ефекту АДДЛГП С.Ю. Баласанян проводив на рудних родовищах, проте зазначав, що подібний ефект повинен спостерігатись і на нафтогазових покладах, враховуючи геодинамічні ознаки нафтогазових покладів та наявність якісно "рудної" (в електророзвідувальному сенсі) аномалії, хоча й меншої амплітуди.

Виявлення ефекту АДДЛГП та встановлення його закономірностей для нафтогазових родовищ за допомогою методів електророзвідки й було основним завданням таких робіт у КВ ІГФ. Вже перші польові експерименти на одному з газових родовищ Дніпровсько-Донецької западини з використанням зондувань становленням електромагнітного поля у ближній зоні (ЗСБ) дали обнадійливі результати [Сапужак та ін., 2001; Полівцев та ін., 2002; Сапужак, Сапужак, 2002а]. Наступні дослідження аномальної динаміки електромагнітних полів було проведено на Перемишлянській ділянці, яка належить до Волино-Подільської перспективної області.

### *Коротка геолого-геодинамічна характеристика району робіт*

До головних критеріїв, які мають визначальне значення у формуванні вуглеводневих покладів, належать: геотектонічне положення регіону, наявність потужного (не менше 1 км) осадового чохла з колекторськими і екрануючими горизонтами, структури-пастки, розривні тектонічні порушення, геодинамічний режим та час формування покладів. Південно-західна окраїна Східно-Європейської платформи (СЄП) охоплює древню пасивну континентальну окраїну Європейського континенту. Пасивні континентальні окраїни, як древні, так і сучасні, вважаються головними поясами нафтогазонагромадження [Хаин, 1985].

Розривні тектонічні порушення, як виразник геодинамічних процесів, мають важливе значення у формуванні нафтових і газових покладів у двох головних аспектах: формуванні структур-пасток і міграції вуглеводнів. Південно-західна окраїна СЄП покрита густою сіткою розривних тектонічних порушень.

Геодинамічні умови нафтогазоносності південно-західної окраїни Східно-Європейської платформи формувались під впливом ендегенних і екзогенних процесів, які відбувались впродовж неогену на стику літосферних плит у зоні зчленування древньої платформи з рухливим Середземноморським поясом, і відобразились у виникненні низки геоструктурних елементів та формуванні Волино-Подільської перспективної нафтогазоносноної області.

Перемишлянська ділянка розташована в центральній частині Волино-Поділля на східному борті Львівського палеозойського прогину у смузі розвитку високоомних верхньодевонських відкладів.

Підняття покрівлі останніх в районі м. Перемишляни, виявлене в 50-х роках ХХ ст. електророзвідувальними дослідженнями, стало в 60-х роках об'єктом подальших геофізичних і, передусім, сейсмічних досліджень, які підтвердили існування Перемишлянської структури і в нижніх кембрійському та протерозойському горизонтах. Наступне глибоке параметричне і структурно-пошукове буріння підтвердило існування структури та її перспективність (наявність газопроявів) на вуглеводні.

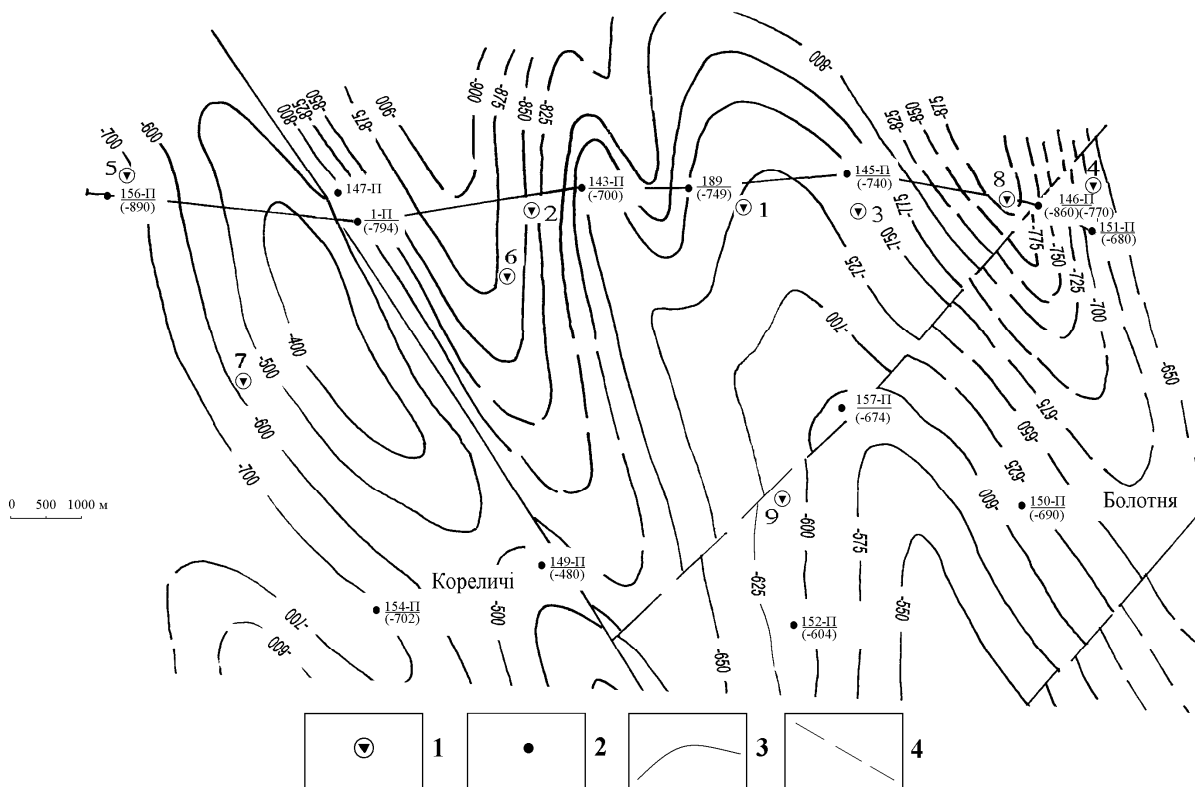
**Результати експериментальних спостережень**

Саме тому цю ділянку, яку детально досліджували різними геофізичними і геохімічними методами, ми обрали для дослідження динаміки електромагнітних полів. Основною метою електромаг-

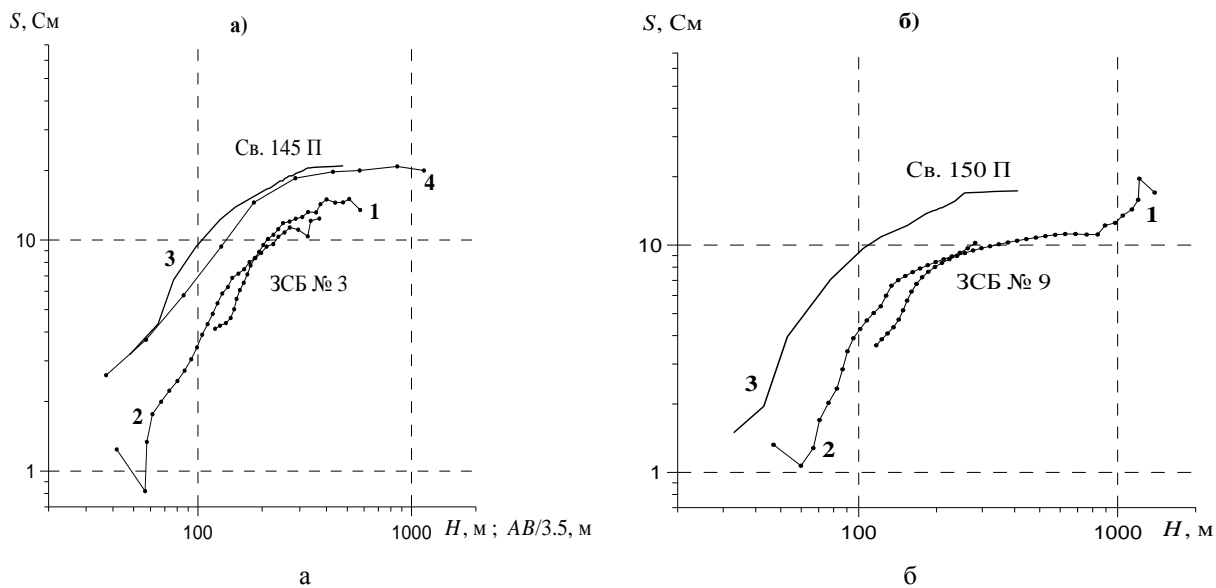
нітних досліджень на цій ділянці було з використанням методу ЗСБ з'ясування наявності добових варіацій процесу становлення електромагнітного поля та відповідно інших похідних параметрів, а у разі позитивних результатів – дослідження просторового розподілу таких варіацій.

Відповідно до цього на усіх пунктах (загалом їх 9) проводились режимні добові, півдобові або дещо коротші з інтервалом 0,5–1 год переважно денні спостереження ЗСБ, які намагались максимально наблизити до свердловин глибокого або структурно-пошукового буріння (рис. 1). Як видно з наведеної схеми, суміщеної з структурною картою покрівлі верхньодевонського горизонту, це вдалось не завжди, як через топографічні умови, так і через наявність інтенсивних промислових завод, створених лінією електропередач 750 кВ, яка під невеликим кутом перетинає профіль свердловин.

Розглянемо коротко стратиграфічну прив'язку та відповідно інтервал досліджуваних глибин, хоча структурні побудови ЗСБ, зважаючи на задачу аномальної динаміки, вважались допоміжними і не планувались. Як показує порівняння найзручніших для цього кривих сумарної провідності  $S$  [Сапужак та ін., 2002] за даними ЗСБ, ВЕЗ та обробки діаграм електрокаротажу (рис. 2, а), реальна глибинність досліджень обмежується поверхнею верхньодевонських відкладів і переважно не перевищувала 500–600 м, але в окремих пунктах (ЗСБ № 9, рис. 2, б) становила близько 1 км.



**Рис. 1.** Структурна карта Перемишлянської ділянки з нанесеними пунктами динамічних зондувань методом ЗСБ: 1 – пункти зондувань ЗСБ; 2 – свердловини; 3 – ізолінії покрівлі пелченського горизонту  $D_2$ ; 4 – тектонічні порушення



**Рис. 2.** Зіставлення кривих сумарної провідності  $S$  за даними ЗСБ

(1 – генераторна петля розміром  $500 \times 500 \text{ м}^2$ , 2 –  $60 \times 60 \text{ м}^2$ ), каротажних діаграм (3) та ВЕЗ (4) у пунктах ЗСБ № 3 (а) та № 9 (б)

Зазначимо водночас, що незважаючи на цілком задовільний якісний збіг конфігурації кривих  $S$  за даними ЗСБ і свердловин, а також глибин досліджень, абсолютні значення сумарної провідності помітно розходяться. Переважно такі розбіжності пояснюють впливом бурового розчину при каротажі свердловин, але в даному випадку з останнім майже ідеально збігається крива  $S$  за даними трансформації кривих ВЕЗ. І хоча для динамічних спостережень абсолютні значення вимірюваних величин мають другорядне значення, при переході до структурних побудов подібні факти повинні стати предметом аналізу ймовірних причин розбіжностей. До останніх, насамперед, можна зарахувати вплив скінченних розмірів живильних і приймальних петель, а також вибір оптимальних режимів і еталонування апаратури.

#### Результати досліджень

Розглядаючи результати динамічних спостережень, відзначимо, що, враховуючи досвід досліджень на Кохівській площі Дніпровсько-Донецької западини [Сапужак, Сапужак, 2002б], основним параметром для відображення добової динаміки вибрано відносну зміну або відхилення  $\delta_{ij}$  величини сигналу ЗСБ, де  $i=1, \dots, N$ ,  $N$  – кількість затримок часу, на яких відбувалось вимірювання,  $j=1, \dots, P$ ,  $P$  – кількість вимірів ЗСБ на одному пікеті. Параметр  $\delta_{ij}$  зображається у вигляді часової розгортки (рис. 3): вздовж горизонтальної осі відкладено час доби  $T$  у годинах та хвилинах, а на вертикальній – відносна зміна величини (у відсотках) сигналу для кожної часової затримки (у мікросекундах), на якій відбувались вимірювання сигналу ЗСБ. Фактично, на одному графіку суміщено набір кривих  $\delta_{ij}$  для одного пікету. Для кращого сприйняття наведених графіків докладніше розглянемо алгоритм отримання зображених

кривих. У загальному випадку вимірний сигнал прийнято позначати  $E(t)$ , де  $t$  – час (або затримка, зазвичай у мкс або мс) після вимикання імпульсу збудження у генераторному контурі. Враховуючи дискретність реальних вимірів ЗСБ, можемо записати сигнал як  $E(t_i)$ ,  $i=1, \dots, N$ , де  $N$  – кількість затримок часу, на яких відбувалось вимірювання. Якщо впродовж доби (чи іншого достатньо тривалого часового інтервалу) на тому ж пікеті зроблено  $P$  вимірів і ці виміри позначити  $E_j(t_i)$ ,  $j=1, \dots, P$ , то середнє значення сигналу для затримки  $t_i$  можемо записати так:

$$E_c(t_i) = \sum_{j=1}^P E_j(t_i) / P,$$

а відносну зміну або відхилення від середнього на часовій затримці  $t_i$  для кожного  $j$ -го виміру:

$$\delta_{ij} = \sum_{j=1}^P (E_j(t_i) - E_c(t_i)) / E_c(t_i) \cdot 100\%.$$

Відповідно до цього алгоритму для кожної часової затримки (рис. 3) відкладено відносну зміну сигналу  $\delta_{ij}$ , причому штрихова горизонтальна лінія визначає її нульовий рівень.

Наведений рисунок містить результати цілодобових спостережень (ЗСБ № 6) і наочно демонструє наявність добових варіацій. Практично на всіх часових затримках спостерігається достатньо гладка крива зміни сигналу з інтенсивним максимумом у нічні години. Зауважимо, що гладкість кривих дещо порушується на пізніх затримках (приблизно від  $t=3980$  мкс і більших), що очевидно пов'язано зі зменшенням абсолютного рівня сигналу ЗСБ і, як наслідок, збільшенням впливу зовнішніх завод. Для кращого візуального розрізнення змін сигналів на сусідніх часових заримках криві позначені різними лініями: суцільними або пунктирними, з крапками або без.

На інших пікетах (№ 1–5, № 7–9) зондування проводились впродовж істотно коротшого інтервалу часу (5–8 год) у денні години (див. рис. 4, 5). Незважаючи на невелику тривалість спостережень, тенденція до зростання сигналу надвечір більш або менш чітко проглядається на усіх пунктах. Їх можна розділити на три групи: № 1–3, 5; № 7–9 та № 4.

До першої групи зараховано пікети, на яких зміни (збільшення) сигналу впродовж дня проявляються достатньо чітко (рис. 4) і порівняно з кривими ЗСБ пікету № 6 свідчать про добові варіації сигналів доволі великої амплітуди.

Для другої групи пунктів спостережень (№ 7–9) характерні невеликі зміни величин сигналів (рис. 5, а, в, г), за винятком початкових затримок на пікеті № 8 (рис. 5, а).

Виділений окремо пункт № 4 (рис. 5, б) істотно відрізняється від інших різкими, особливо на малих часових затримках, змінами сигналів впродовж навіть невеликого проміжку часу. Проте загальна тенденція до вечірнього збільшення рівня сигналу проглядається доволі таки очевидно.

Отже, наведений аналіз характеру добових динамічних змін сигналів у різних пунктах засвідчив їх значну відмінність і за формою, і за амплітудою.

### ЗСБ № 6

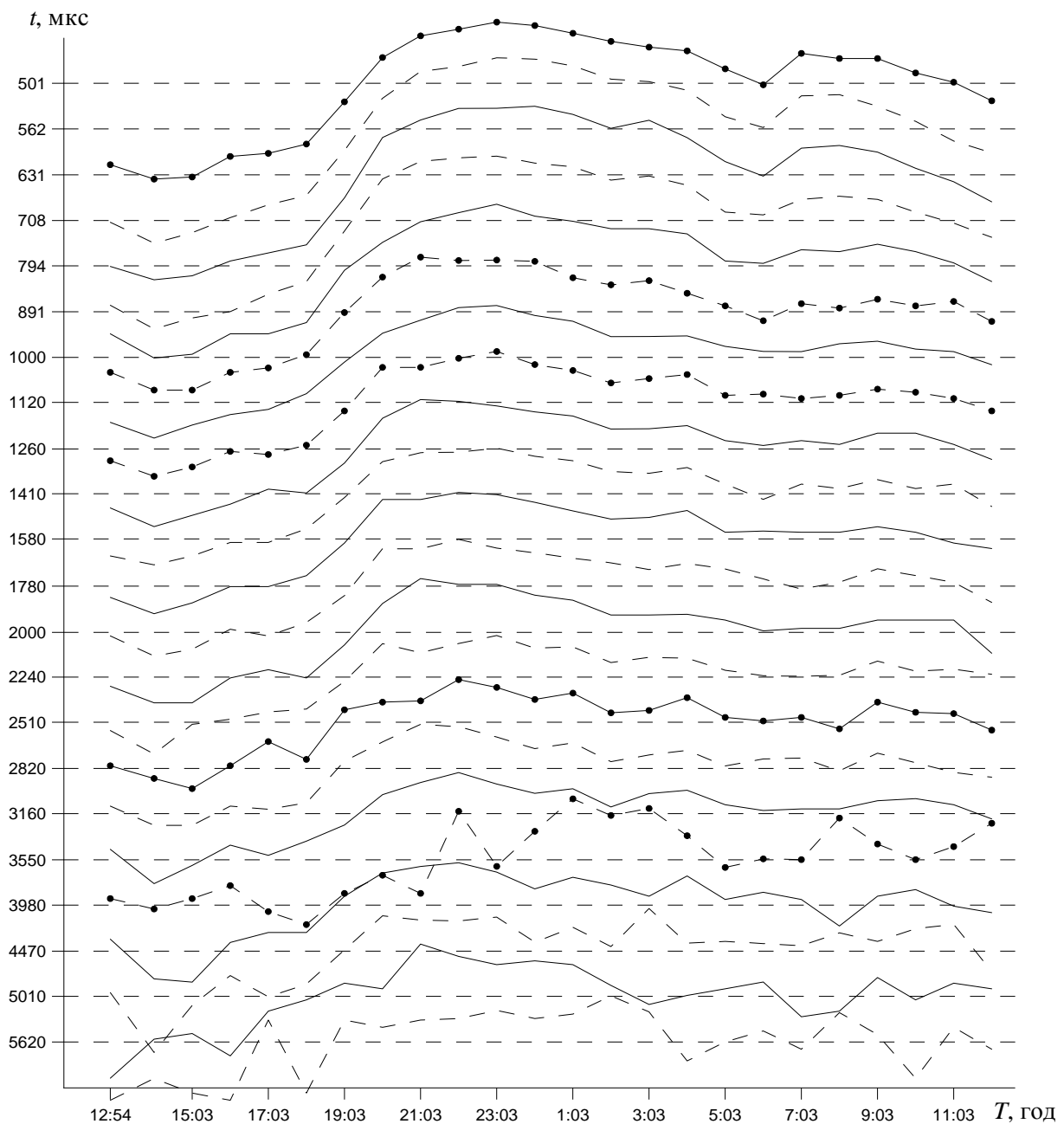
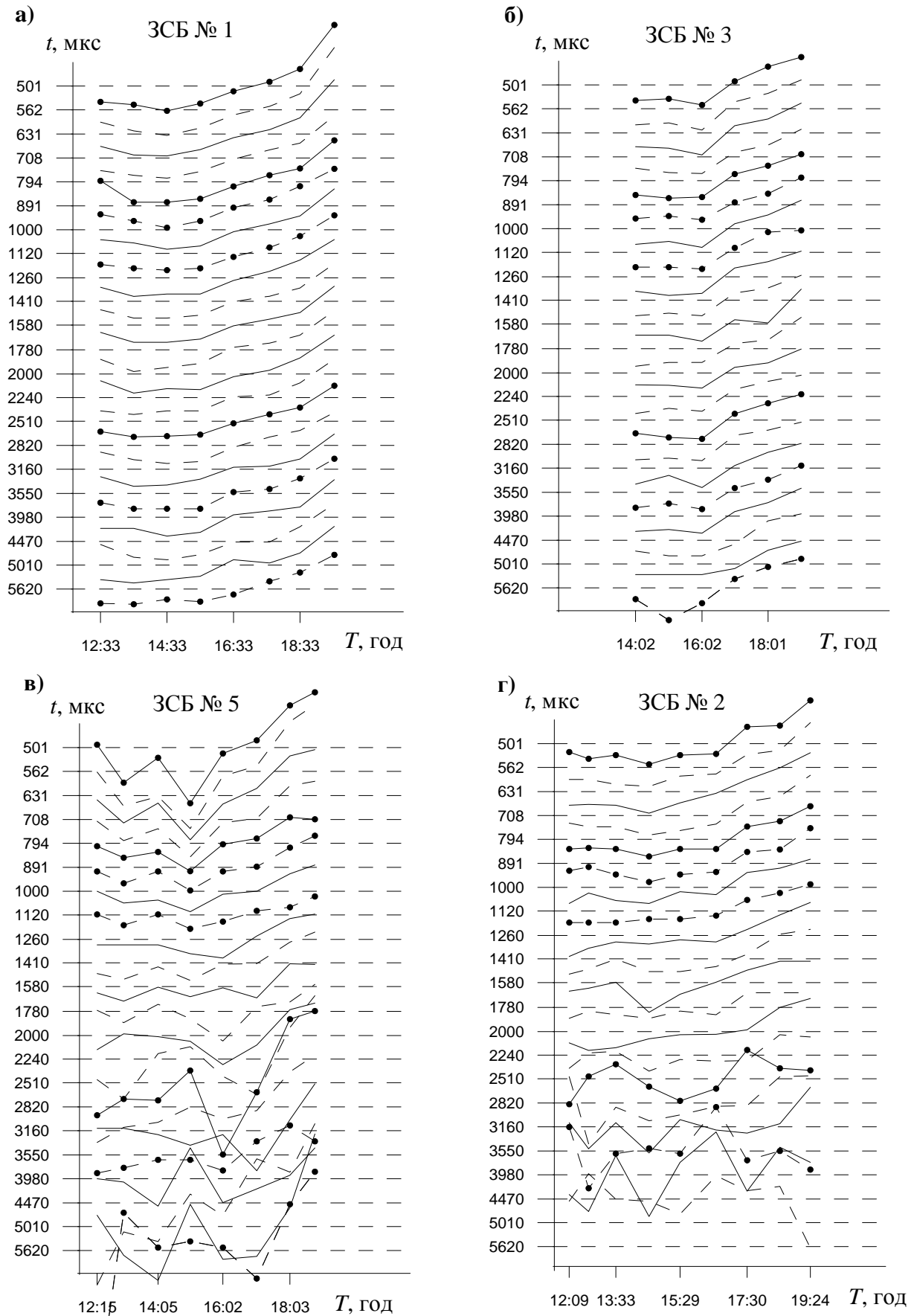
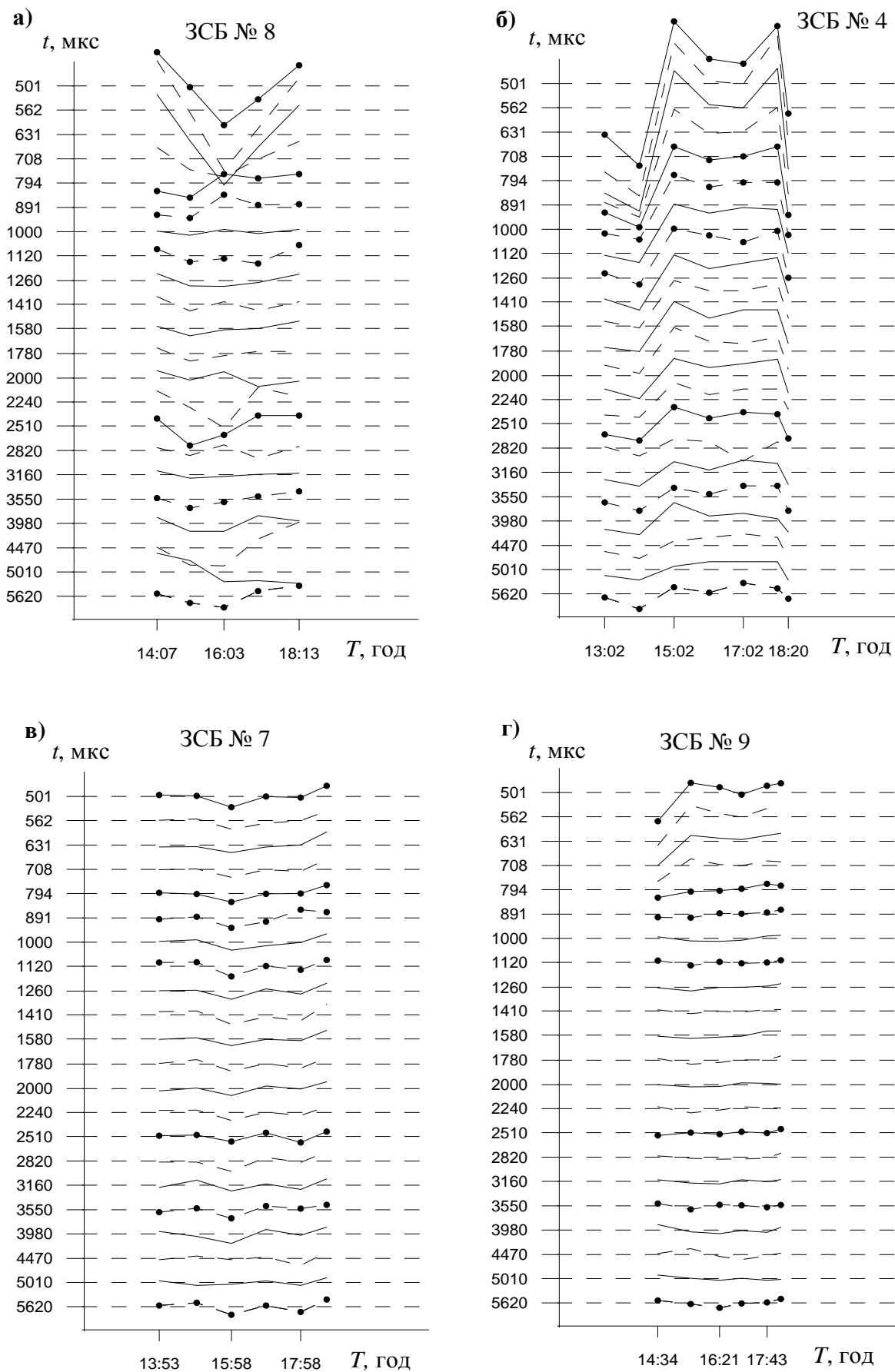


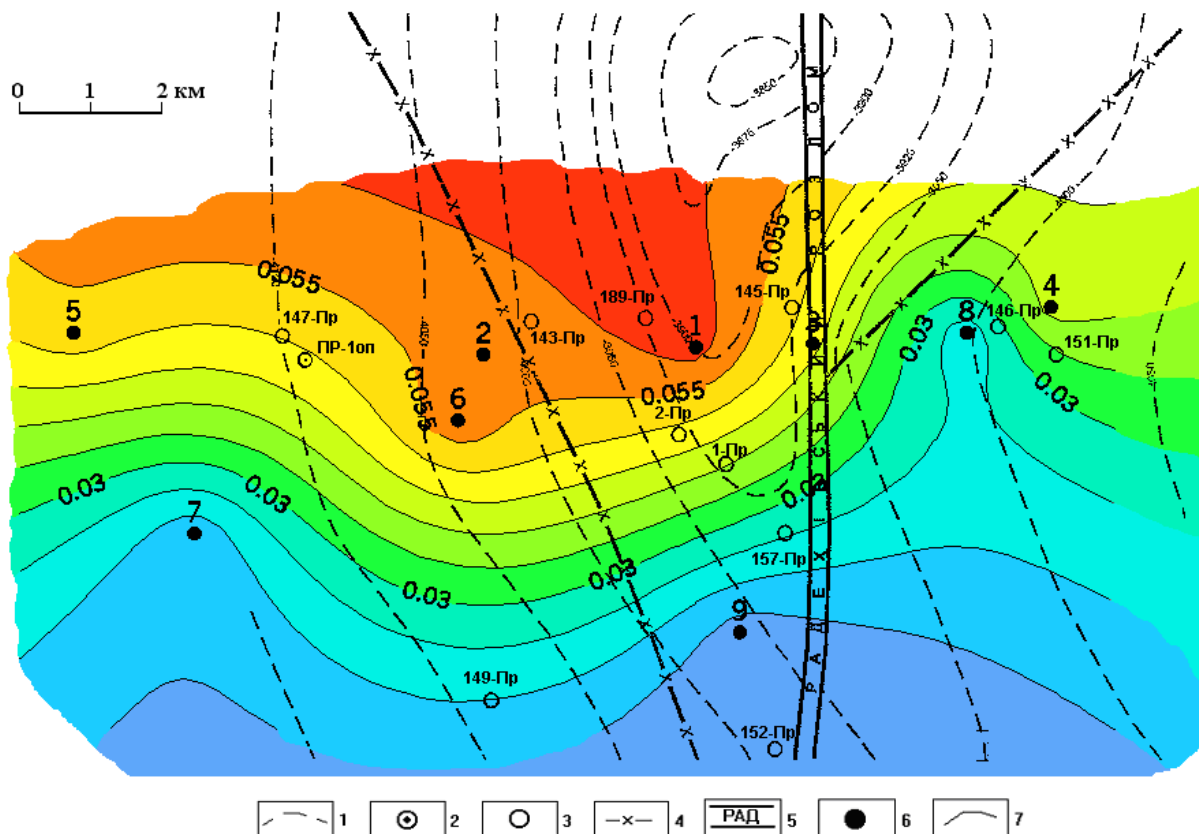
Рис. 3. Розгортка відносних змін  $\delta_{ij}$  величин сигналів ЗСБ № 6 залежно від часу спостережень



**Рис. 4.** Розгортка відносних змін  $\delta_{ij}$  величин сигналів ЗСБ №№ 1, 3, 5, 2 залежно від часу спостережень



**Рис. 5.** Розгортка відносних змін  $\delta_{ij}$  величин сигналів ЗСБ №№ 8, 4, 7, 9 залежно від часу спостережень



**Рис. 6.** Структурно-тектонічна карта Перемишлянської ділянки з нанесеними ізолініями відносних змін  $\delta$  величин сигналів ЗСБ:

1 – ізохрони умовного відбиваючого сейсмічного горизонту  $PR_{3v1}$ ; свердловини: 2 – глибини, 3 – структурно-пошукові; розривні порушення: 4 – за даними гравіметрії, 5 – за сейсмічними даними; 6 – пункти динамічних зондувань ЗСБ; 7 – ізолінії відносних змін  $\delta$  величин сигналів ЗСБ

Для з'ясування просторових особливостей аномальних динамічних змін електромагнітних сигналів для кожного пункту розраховувалось середнє значення зміни сигналу ЗСБ:

$$\delta = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^P \delta_{ij}.$$

Оскільки на пікетах була різна тривалість спостережень, для знаходження  $\delta$  було вибрано проміжок часу, для якого є дані у всіх пунктах досліджень – з 14-ї до 18-ї год. Зазначимо також, що впродовж цього періоду доби аномальне зростання сигналу вже достатньо чітко проявляється.

На основі отриманих даних було побудовано просторову карту розподілу величини  $\delta$ , яка характеризує аномальну добову динаміку електромагнітних параметрів середовища (рис. 6). Незважаючи на невелику густоту пікетів, все ж можна зробити певні висновки у зіставленні із наведеною тут же структурно-тектонічною картою. Виявлена нами варіаційна аномалія має вигляд структурного носа, орієнтованого на південний схід з підйомом в районі профілю структурних свердловин. Останні на жаль не глибокі і, якщо не зважати на параметричну свердловину Перемишляни-1, що відзначила газопрови в протерозойських відкладах, не можуть бути використані для оцінки перспек-

тив нафтогазоносності, тому опосередковано останні можна визначити тільки на підставі порівнянь з даними інших методів. Так, зокрема, максимальні значення  $\delta$  знаходяться в районі свердловин 143 і 189, що збігається з центром геохімічної аномалії потоку метану за даними досліджень ЗУГРЕ.

Також підвищеним величинам динамічних змін відповідають схил максимуму гравітаційної аномалії у відкладах верхнього девону ( $D_3$ ) і структурне підняття верхнього протерозою ( $PR_3$ ) за сейсмічними даними. Крім того, враховуючи особливий характер варіацій у пункті № 4, можна припустити, що існує тектонічне порушення між цим пікетом та № 8. На жаль, північніше продовження електричних аномалій залишилось нез'ясованим через брак даних і вимагає додаткових досліджень.

### Висновки

На Перемишлянській нафтогазоперспективній ділянці проведено експериментальні спостереження з метою виявлення ефекту АДДЛГП методом ЗСБ. У результаті досліджень проаналізовано характерні параметри (амплітуду, гладкість, поворюваність тощо) та інформативність добових варіацій електромагнітного поля. Незважаючи на невелику кількість пунктів спостережень, підтверджено наявність добо-

вої динаміки електромагнітних параметрів геосередовища. Характер та просторовий розподіл величини варіацій електромагнітного поля порівняно із структурно-тектонічною картою Перемишлянської перспективної структури та даними інших методів пошуку нафтогазових покладів дають підстави для твердження про існування зв'язку між аномальною добовою динамікою електромагнітних полів і наявністю вуглеводнів.

Для впевненого підтвердження існування явища АДДЛГП у зонах нафтогазових родовищ необхідна більша статистика спостережень та дослідження покладів вуглеводнів.

#### Література

- Баласанян С.Ю. Динамическая геоэлектрика. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд., 1990. – 232 с.
- Полівцев А.В., Сапужак Я.С., Чепіль П.М. та ін. Комплексування геолого-геофізичних і геохімічних методів при пошуках нафти і газу в бортових частинах Дніпровсько-Донецької западини // Сборник научных трудов Национальной горной академии Украины. – Днепропетровск: НГАУ. – 2002. – № 13, т. 4. – С. 61–70.
- Сапужак О.Я., Сапужак Я.С. Деякі особливості електромагнітних геодинамічних спостережень

над покладами вуглеводнів // Збірник матеріалів науково-технічного симпозиуму “Геомоніторинг-2002”. (Славське, 11-17 лютого 2002) – Львів: вид-во ЛАГТ. – 2002. – С. 50–52.

- Сапужак Я., Сапужак О. До візуалізації даних геофізичних динамічних спостережень // Тези доповідей VII Міжнародного науково-технічного симпозиуму “Геоінформаційний моніторинг навколишнього середовища – GPS і GIS-технології”. (Алушта, 7–14.09. 2002). – Львів: Вид-во ЛАГТ. – 2002б. – С. 58–59.
- Сапужак Я.С., Сапужак О.Я., Романюк О.І. Електромагнітні дослідження геодинамічних явищ при пошуках покладів вуглеводнів // Тези доповідей Третьої міжнародної конференції “Крим-2001” “Геодинаміка і нафтогазоносні системи Чорноморсько-Каспійського регіону”. – Гурзуф, 17–21 вересня 2001. – С. 76.
- Сапужак Я.С., Сапужак О.Я., Сирожко О.В. Про доцільність і можливості комплексування різних видів електромагнітних зондувань // Науковий Вісник ІФНТУНГ. – 2002. – № 3(4). – С. 129–131.
- Хаин В.Е. Тектоническая обстановка нефтегазообразования и нефтегазоаккумуляции на территории СССР // Тектоника плит и полезные ископаемые. – М.: Изд-во МГУ. – 1985. – С. 124–131.

### АНОМАЛЬНАЯ ДИНАМИКА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА ПЕРЕМЫШЛЯНСКОЙ НЕФТЕГАЗОПЕРСПЕКТИВНОЙ СТРУКТУРЕ

О.Я. Сапужак, С.А. Дешиця, Е.В. Сыроечко, Р.И. Кусайло, О.И. Романюк

Проведены экспериментальные полевые электроразведочные наблюдения на Перемишлянской нефтегазоперспективной площади. По данным метода ЗСБ выявлена аномальная суточная динамика электромагнитных полей. По результатам наблюдений выделена аномалия, которая коррелирует с перспективными на углеводороды зонами по данным других методов (сейсмики, геохимии, гравиметрии).

**Ключевые слова:** аномальная динамика электромагнитных полей; залежи углеводородов; электроразведка.

### ANOMALOUS DYNAMICS OF ELECTROMAGNETIC FIELDS ON THE PEREMYSHLIANSKA OIL AND GAS PERSPECTIVE AREA

O.Ya. Sapuzhak, S.A. Deshchytsia, O.V. Syrojezhko, R.I. Kusajlo, O.I. Romanjuk

The experimental field geoelectric observations on the Peremyslyanska oil and gas perspective area are done. The anomalous daily dynamics of electromagnetic fields using the TEM method is detecting. As a result of observations the anomalous zone is distinguished. It correlates with the oil and gas perspective zones which are distinguished by other methods (seismics, geochemistry, gravimetry).

**Key words:** anomalous dynamics of electromagnetic fields; hydrocarbon deposits; electrical prospecting.