

Техніка і технології

УДК 550.837

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ЗСБЗ ПРИ НАФТОГАЗОПОШУКОВИХ РОБОТАХ У ЛЬВІВСЬКОМУ ПАЛЕОЗОЙСЬКОМУ ПРОГІНІ (НА ПРИКЛАДІ ЛУДИНСЬКОЇ СТРУКТУРИ)

¹В.Ю.Максимчук, ²В.Д.Чебан, ²М.М.Фреїк, ²Т.М.Йосипенко¹Карпатське відділення інституту геофізики ім. С.І.Суботіна НАН України, 79060, м. Львів, вул. Наукова, 3-б, тел./факс (0322) 648563, e-mail: depart10@cb-igph.lviv.ua²Західно-Українська геофізична розвідувальна експедиція, 79040, м. Львів, вул. Д.Апостола 9-а, тел. (0322) 672631

Приводятся результаты электрометрических исследований методом становления поля в ближней зоне (ЗСБЗ) на Лудинской структуре в северной части Львовского палеозойского прогиба. В интервале протерозой-девон выделены геоэлектрические горизонты и тектонические нарушения. В пределах Лудинской структуры обнаружены латеральные высокоомные неоднородности в кембрийском, силурийском и девонском комплексах, предложена гипотеза об их геологической природе и связи с нефтегазоносностью. Сделан вывод о высоких возможностях метода ЗСБЗ при нефтепоисковых работах во Львовском палеозойском прогибе.

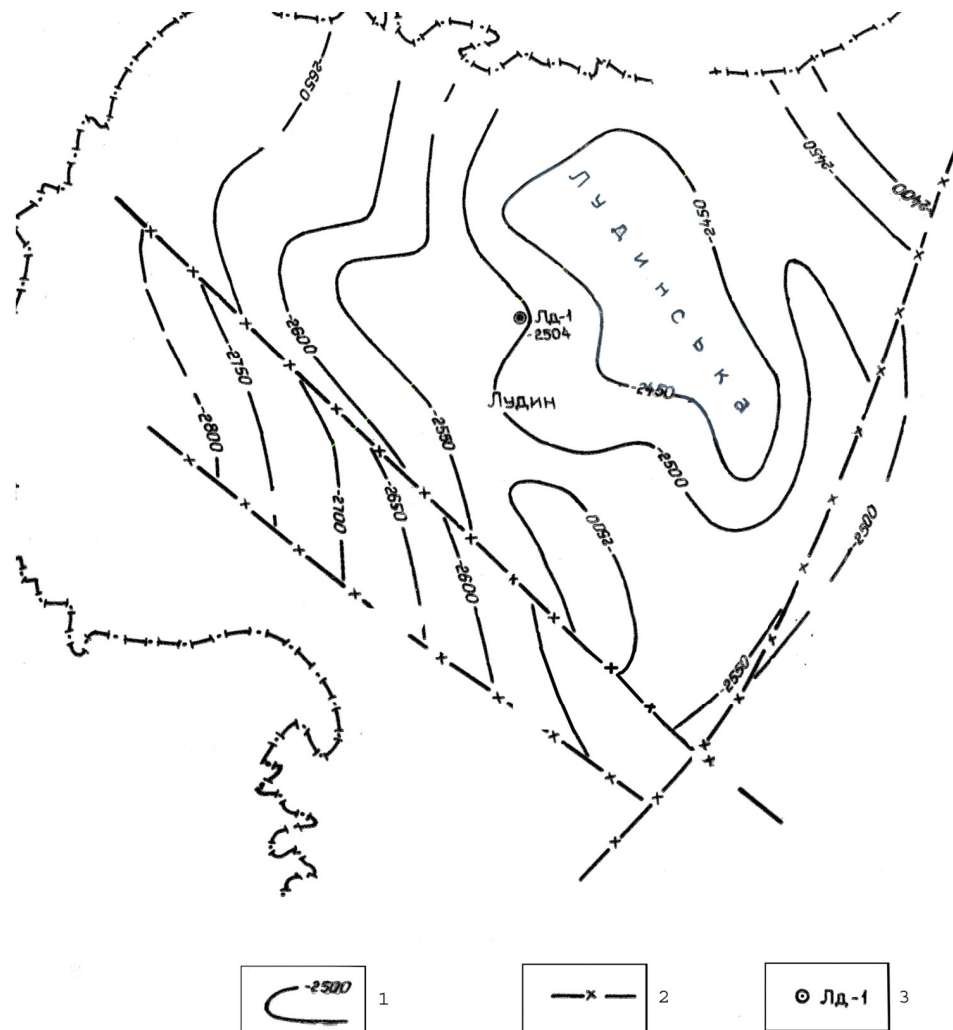
The results of electrometric researches by TEM-method in Ludyn structure in the northern part of the Lviv Paleozoic deflection are reported. In Proterozoic - Devonian interval geoelectric horizons and tectonic infringements are eliminated. Within the Ludyn structure lateral high-resistance heterogeneities in Cambrian, Silurian and Devonian complexes have been revealed and a hypothesis about their geological nature and connection with oil-gas saturation has been offered. The conclusion about high possibilities of TEM-method for oil and gas searching in Lviv Paleozoic deflection was made.

Вступ. Перспективи відкриття нових родовищ вуглеводнів у Львівському палеозойському прогині пов'язуються з кам'яновугільно-девонським, силурійським і кембрійським комплексами [1]. У кам'яновугільно-девонських відкладах тут вже відкрито декілька газових родовищ. Однак ефективність нафтопошукових робіт у Львівському палеозойському прогині, незважаючи на невелику глибину залягання продуктивних горизонтів, залишається невисокою. Серед головних причин – несприятливі сейсмогеологічні умови, в яких можливості сейсморозвідки, орієнтованої переважно на пошуки пасток антиклінального типу, досить обмежені. Підвищення ефективності нафтопошукових робіт в умовах Львівського палеозойського прогину можна досягти за рахунок комплексування сейсморозвідки з іншими геофізичними методами і в першу чергу з електророзвідкою в модифікації зондуванням становлення поля в ближній зоні (ЗСБЗ). Роздільна здатність цього методу завдяки прогресу в обчислювальній техніці, застосуванню нових методів обробки та інтерпретації даних спостережень за

останнє десятиріччя значно зросла. У параметрах становлення електромагнітного поля виділяється не лише поклад, але й зона вторгнення вуглеводнів над покладом, яка може доходити аж до приповерхневих шарів [2, 3]. Це дає змогу використовувати метод ЗСБЗ не лише для картування окремих геоелектричних комплексів і меж, але й вирішувати завдання щодо виділення зон епігенетичних змін порід та безпосереднього виявлення покладів вуглеводнів.

Досвід електророзвідувальних робіт у Львівському палеозойському прогині свідчить, що цей район характеризується сприятливими геоелектричними умовами. Виконані параметричні зондування біля багатьох глибоких свердловин засвідчили, що на кривих ЗСБЗ впевнено виділяються основні геоелектричні горизонти: теригенно-карбонатні відклади карбону, теригенно-карбонатні відклади верхнього девону, карбонатні відклади верхнього девону, теригенні відклади середнього і нижнього девону, силурійські відклади [4].

З метою вивчення можливостей методу ЗСБЗ для пошуків перспективних геологічних



1 – ізогіпси покрівлі кембрію; 2 – тектонічні порушення;
3 – свердловини структурного та пошукового буріння

Рисунок 1 – Структурна карта Лудинської ділянки (ЗУГРЕ, 2002р.)

об'єктів в умовах Львівського палеозойського прогину були виконані електророзвідувальні роботи методом ЗСБЗ на Лудинській структурі.

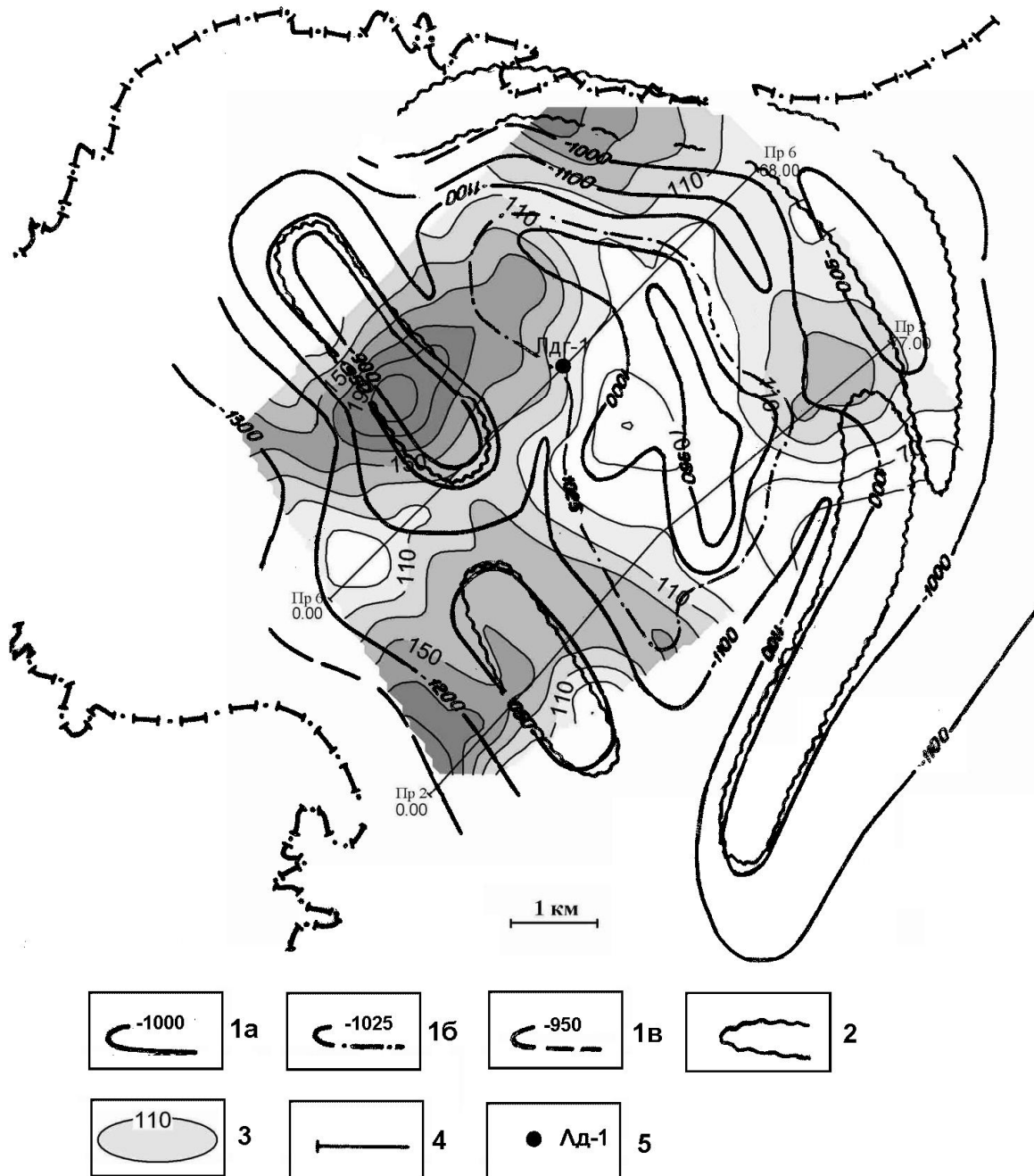
Структурно-тектонічні особливості району робіт. У тектонічному відношенні Лудинська ділянка знаходиться в межах північної частини східного борту Львівського палеозойського прогину, що входить до складу Волино-Подільського закінчення Східно-Європейської платформи. Львівський палеозойський прогин – це асиметрична депресивна структура північно-західного простягання, яка є найбільш зануреною частиною Волино-Подільського закінчення Східно-Європейської платформи.

Лудинська антиклінальна складка виявлена сейсмічними дослідженнями ЗУГРЕ в 1985 р. по поверхні кембрію і являє собою брахіантиклінальну складку північно-західного простягання, яка оконтурюється ізогіпсами –2450 м (рис. 1). У південно-західній частині структури, в районі свердловини 7-Лудин проходить тектонічне порушення північно-західного простягання – Сокальський конседиментаційний скид, який простежується від протерозою до кам'яновугільних відкладів. Його амплітуда становить

близько 100 м, що дає змогу передбачити можливість існування тектонічно-екранованих пасток вуглеводнів у палеозойських відкладах. Ще один поперечний малоамплітудний розріз обмежує Лудинську структуру з південного сходу. З півночі Лудинська структура екранується регіональним Володимир-Волинським скидом, амплітуда якого сягає 2000 м.

Однак, як показали результати структурно-пошукового буріння по верхніх горизонтах (середній і верхній девон), структура має дещо складніший характер. На рівні середнього девону за даними сейсмозвідки тут виділяється вже два окремих підняття. Ще більш складна картина спостерігається по верхньому девону, де фіксується кільцеподібний вал, на якому виділяється вже 5 локальних об'єктів, імовірно рифогенного походження (рис. 2).

Перспективи відкриття пасток вуглеводнів на Лудинській площі пов'язуються з відкладами кембрію, середнього та верхнього девону. Під час випробовування кембрійських відкладів (св. Лудин-1 гл.) з інтервалу 2703-2735 м був отриманий слабкий приплив газу.



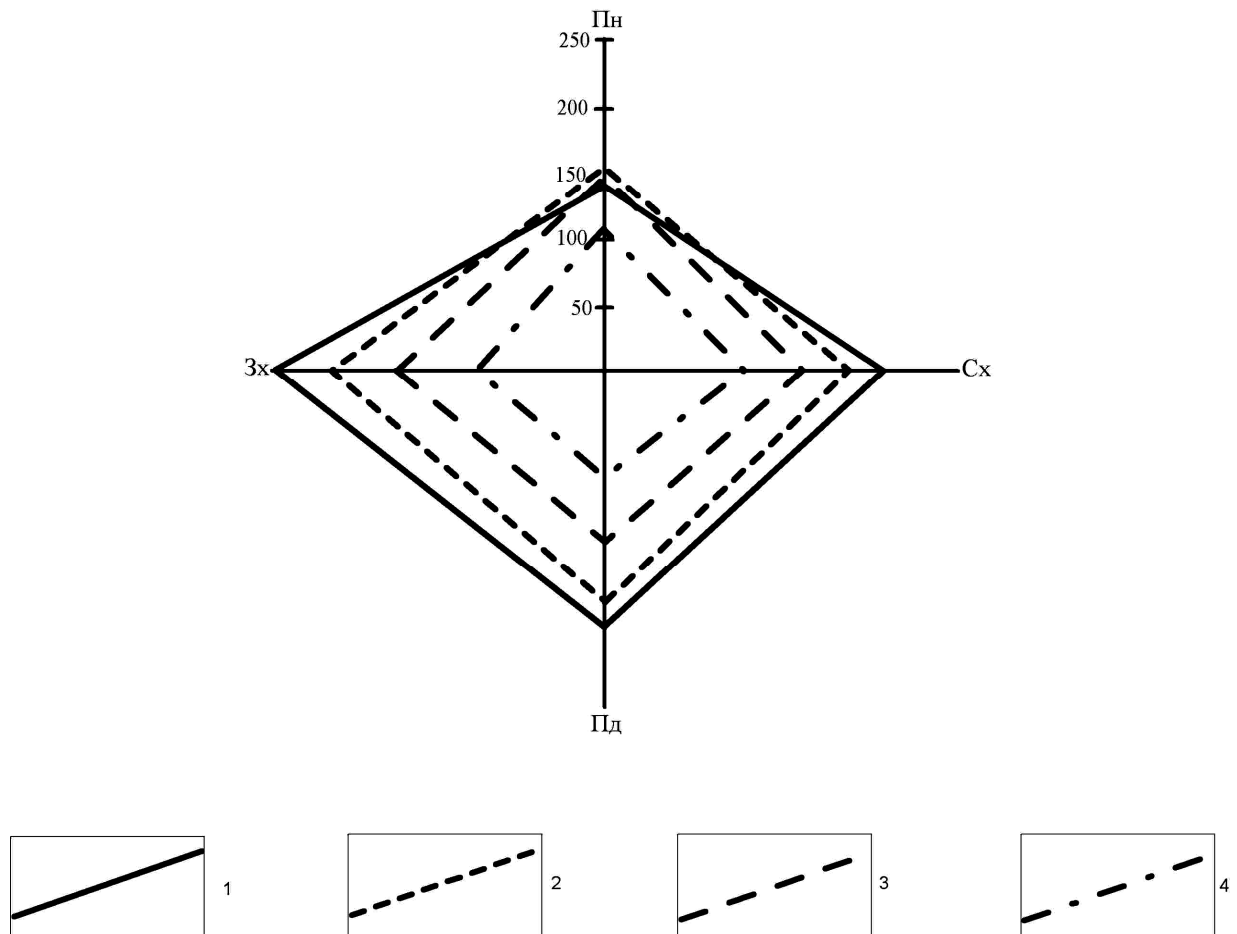
1 – ізогонси покрівлі горизонту D_{3fr}^{v} (ЗУГРЕ, 2002р.): а – основні, б – допоміжні, в – передбачувані;
 2 – осереднений контур сейсмофасіальної зони, зумовленої рифогенним об'єктом; 3 – аномалії та ізолінії позірною опору в Ом-м; 4 – електророзвідувальні профілі; 5 – свердловини пошукового буріння

Рисунок 2 — Карта позірною опору по девонських відкладах та структурна карта верхнього девону

Розріз кембрію представлений потужною товщею теригенних порід, перекритих аргіліто-алевролітовими породами ордовіку. Пластиколектори чергуються з аргілітовими пачками потужністю від 10-15 м до 100 м. Висока газонасиченість вод та пористість пісковиків дає підстави віднести кембрійські відклади Лудинської площі до розряду газоперспективних. У силурійському розрізі зацікавленість викликають карбонатно-теригенні породи сокальського горизонту. За результатами ГДС у свердловині

Лудин-1 виділено пласти вапняків, які оцінені як можливогазонасичені.

Промислово газонасиченість девонських відкладів Львівського палеозойського прогину доведено відкриттям двох родовищ – Локачинського і Велико-Мостівського. Колекторами для покладів газу є пісковики з пористістю до 18% і проникністю до 131×10^{-3} мкм². Обидва родовища приурочені до антиклінального типу прирозломних пасток. Перспективність верхньо-девонського та кам'яновугільного комплексу щодо пошуків вуглеводнів підтверджено на



1 – діаграма анізотропії на глибині 3000 м; 2 – діаграма анізотропії на глибині 2700 м;
3 – діаграма анізотропії на глибині 2200 м; 4 – діаграма анізотропії на глибині 1500 м

Рисунок 3 – Діаграма анізотропії позірнього опору на Лудинській ділянці

суміжній території Польщі, де зі вказаними відкладами пов'язані нафтові та газові поклади низки родовищ.

Завдання та методика робіт. Основним завданням електророзвідувальних робіт методом ЗСБЗ було вивчення можливостей методу для картування поверхні кембрійських, силурійських і девонських відкладів і виявлення геоелектричних неоднорідностей, перспективних для постановки нафтогазопозукових робіт.

Польові роботи проводились установкою „диполь – петля” ($AB=1000$ м, $R=1000$ м, крок спостереження 200 м), станцією „Прогрес-ЕР” та генгрупою „ЕРС-67” у режимі „земля – баласт”. Довжина запису 3 с, крок дискретизації 1 мс. Всього було відпрацьовано 8 профілів. Поряд з профільними спостереженнями на свердловині Лудин-1 виконано дослідження анізотропії позірнього опору геологічного середовища. На діаграмі (рис. 3) зображено збільшення позірнього опору в південному та західному напрямках, а також деяка зміна позірнього опору з глибиною.

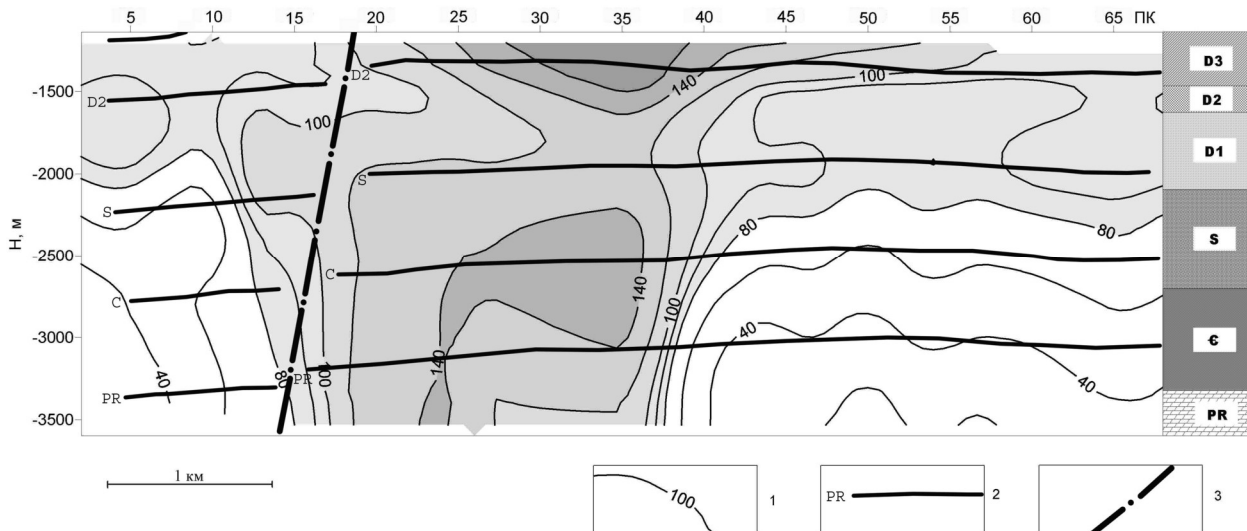
Обробка результатів методу ЗСБЗ проводиться пакетом програм ZSB (розробка ЗУГРЕ), який передбачає активну участь інтерпретатора.

У ході проведення досліджень методом ЗСБЗ кожний запис містить 28 трас на кожному пікеті прийому, з яких при обробці вибирається

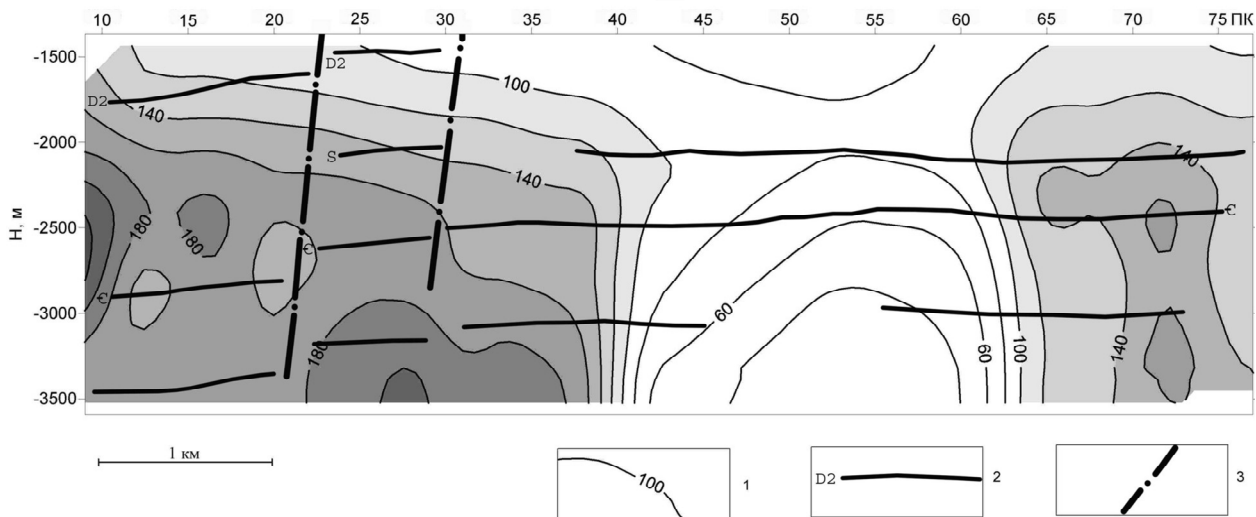
необхідна інформація. На першому етапі обробки проводиться препроцесінг (запис польової інформації на ПК) та вибірка корисної інформації з цих записів. Після вибірки необхідних трас виконуються наступні процедури: фільтрація одиночних імпульсів для послаблення високочастотної завади, медіанна статистична подискретна фільтрація з заданими параметрами, сумування імпульсів на кожному пікеті прийому і запис сумарного імпульсу у відповідний файл, розрахунок оберненої задачі на кожному пункті спостереження, побудова розрізів за профілями та тривимірних моделей для заданої глибини.

Параметри геологічного середовища розраховуються за трьома методиками: диференційній, інтегральній та комбінованій. При цьому визначається: позірний опір (ρ_n), глибина горизонту (H), провідність (S), диференційний опір ($\rho_{диф}$), пластова швидкість ($V_{пласт}$), диференційна провідність ($S_{диф}$).

Результати електрометричних досліджень та їх аналіз. У результаті проведених робіт та інтерпретації отриманих матеріалів побудовані геоелектричні розрізи за відпрацьованими профілями та карти позірнього опору ρ_n Лудинської ділянки. На рис. 4-5, як приклад, наведено розподіл позірнього опору за профіля-



1 – ізолінії позірного опору та його значення; 2 – сейсмічні границі; 3 – тектонічні порушення
Рисунок 4 – Геоелектричний розріз профілю 6



1 – ізолінії позірного опору та його значення; 2 – сейсмічні границі; 3 – тектонічні порушення
Рисунок 5 – Геоелектричний розріз профілю 2

ми 2 і 6, суміщеними з сейсмічними профілями. Фонові значення ρ_n на всіх рівнях становлять 50-60 Ом·м, аномальні до 120-190 Ом·м. Порівняння геоелектричних і сейсмічних розрізів свідчить про певний збіг структурних форм і неоднорідностей, які виділяються обома методами. За характером поведінки ізоліній позірного опору на обох профілях досить виразно відбивається горизонтальна межа на рівні поверхні силуру та середнього девону (профіль 6) (рис. 4). Нижче поверхні силуру на профілі 6 виділяється аномальний блок з підвищеним позірним опором до 130 Ом·м. Від сусідніх блоків, у районі ПК 17-20 і ПК 40, він відділяється зоною високих градієнтів і вертикальним розміщенням ізоліній позірного опору. Поблизу ПК 20 ця зона збігається з виділенням за даними сейморозвідки тектонічним порушенням. Вище поверхні середнього девону у виділеному блоці спостерігається збільшення позірного опору до

150 Ом·м, у той час як на сусідніх ділянках профілю таких аномальних змін не спостерігається. Аналогічна ситуація характерна для профілю 2 (рис. 5). Нижче поверхні силуру на ділянці ПК 0-42 виділяється блок з аномальними значеннями позірного опору (до 180 Ом·м). Внутрішня структура цього блоку досить складна. Окремі локальні неоднорідності до 180 Ом·м тут виділені в кембрії – силурі (ПК 0-25), а також у протерозої (ПК 25-40). Слід зазначити, що за даними сейморозвідки тут впевнено виділяються тектонічні порушення. Аномальним позірним опором до 140 Ом·м характеризується також ділянка ПК 62-77, де електрична неоднорідність охоплює силур-протерозой.

Про наявність латеральних геоелектричних неоднорідностей на Лудинській площі свідчить карта позірного опору (рис. 2), на якій виділяється декілька аномалій ρ_n . Найінтенсивніша аномалія ρ_n (до 200 Ом·м) спостерігається в за-

хідній частині робіт, у районі свердловин Лд-1 і Лд-7. Дещо менша аномалія ρ_n виділяється на сході, поблизу свердловини Лд-3. Центральна частина ділянки робіт характеризується незначним позірним опором (до 70 Ом·м), близьким до фонового. У зв'язку з обмеженою кількістю і довжиною профілів не всі аномалії ρ_n , які намічаються в крайових частинах площі, повністю оконтурені. Однак загалом характер розподілу ρ_n на Лудинській площі нагадує кільцеподібну структуру з низькими значеннями ρ_n в центральній частині, оконтурену локальними аномаліями ρ_n по периферії.

Цікаво зазначити, що подібна просторова структура ρ_n спостерігається і для нижчезалегаючих комплексів. Оскільки якісно вони повторюють структуру ρ_n для девонських відкладів, то за браком місця ці карти тут не наводяться. Кореляція ρ_n зі структурними побудовами за даними сейсмозвідки по верхньому девону (рис. 2) може свідчити про їх успадкованість, причому не лише на рівні структурних форм. Ймовірно, що нижньодевонські відклади послужили цоколем для розвитку рифогенних об'єктів у верхньому девоні, з якими ототожнюються структури поверхні D_3fr . Відсутність ядерного матеріалу із вищезгаданих об'єктів у верхньому девоні не дає змоги однозначно зробити висновки про їх літологію, тобто про природу аномалій ρ_n . Однак, як відомо [5], над покладами вуглеводнів у перекриваючих породах в ореолі вторгнення вуглеводнів мають місце процеси сульфатизації і кальцитизації, які призводять до різкого збільшення їх електричного опору. Вважається, що теригенні і сульфатні товщі є сприятливими для процесу епігенезу. Зони підвищеного опору простягаються на сотні і більше метрів вгору від покладу, досягаючи часто денної поверхні. У зв'язку з цим електричні неоднорідності епігенетичного походження можуть пронизувати осадові товщі різного віку і різної літології. Подібні аномалії ρ_n виявлено над Битківським і Старунським нафтовими родовищами, над багатьма родовищами Поволжя [5]. Враховуючи викладене, можна припустити, що ділянки з аномально високим опором ρ_n , приурочені до рифогенних об'єктів верхнього девону, мають не лише літологічну, але й епігенетичну складову і їх слід розглядати перспективними об'єктами для пошуків покладів вуглеводнів.

Висновки. Результати електророзвідувальних робіт на Лудинській площі продемонстрували високі можливості методу ЗСБЗ для вивчення структури і речовинного складу осадового чохла в умовах Львівського палеозойського прогину. Проведені дослідження дали можливість вивчити геоелектричний розріз Лудинської структури в інтервалі карбон-протерозой. Встановлено, що поверхня кристалічного фундаменту, відклади кембрію, силуру та девону (D_1 і D_2), тектонічні порушення та інші особливості геологічного розрізу чітко відображаються аномальними зонами підвищення або пониження позірного опору. На жаль, розміри за-

стосованої установки не дали змоги вивчити розріз вище верхнього девону. Кореляція геоелектричних даних з даними сейсмозвідки по верхньому девону можуть свідчити, що в електричних параметрах проявляються зони фаціального заміщення або рифогенні комплекси. Що ж стосується можливості методу ЗСБЗ для виявлення епігенетичних зон над покладами вуглеводнів, то це питання на Лудинській площі залишається відкритим. Ми не виключаємо, що виділені зони підвищених опорів можуть бути пов'язані не лише з літологією, але й з наявністю вуглеводнів. Однак більш достовірні висновки про зв'язок геоелектричних параметрів з нафтогазонасиченням розрізу можна буде зробити після проведення глибокого буріння.

Література

1. Павлюк М.С., Різун Б.П. Перспективні нафтогазонасні комплекси Волино-Подільської окраїни Східно-Європейської платформи // Матеріали 5-ї Міжнародної конференції Нафта-Газ України – 98: Збірник наукових праць. – Полтава: УНГА, 1998. – С.341-342.
2. Сидоров В.А. Импульсная индуктивная электроразведка. – М.: Недра, 1985. – 192 с.
3. Кукуруза В.Д., Кривошеев В.Т., Пекельная Е.В., Иванова Е.З. Потенциальные возможности дистанционного обнаружения месторождений нефти и газа в ловушках разных типов. // Матеріали 6-ї Міжнародної Конференції Нафта-Газ України – 2000: Збірник наукових праць – Івано-Франківськ, 2000. – С. 326.
4. Сейфулін Р.С., Хавензон І.В. Прогнозування геологічного розрізу методами електророзвідки у деяких нафтогазонасних регіонах України // Матеріали 5-ї Міжнародної конференції Нафта-Газ України – 98: Збірник наукових праць. – Полтава: УНГА, 1998. – С. 403-404.
5. Сейфуллин Р.С., Романюк О.И, Хавензон И.В., Пилипишин Б.В. Петрофизические особенности эпигенетически измененных пород, перекрывающих залежи углеводородов // Геофиз. журнал. – 2003. – 25. – №5. – С. 61-75.