

# ГЕОЛОГІЯ ТА РОЗВІДКА НАФТОВИХ І ГАЗОВИХ РОДОВИЩ

УДК 550.28

## СТАТИСТИЧНА ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ГАЗОГЕОХІМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

*Т.В.Омельченко*

*ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (0342) 501041,  
e-mail: ovgeo@nuing.edu.ua*

*Розглядається практичне застосування нового способу обробки газогеохімічних даних за допомогою штучних нейронних мереж. Цей спосіб дає змогу з високим ступенем достовірності прогнозувати перспективні на нафту і газ об'єкти в межах виявленої сейсморозвідкою площі, де колектори володіють найкращими нафтогазопромисловими характеристиками. Наведено практичне застосування способу для виділення перспективних ділянок у межах Східно-Долинської площі.*

*Ключові слова:* родовище, структура, пастка, нафта, газ

*Рассматривается практическое применение нового способа обработки газогеохимических данных с помощью искусственных нейронных сетей. Этот способ позволяет с высокой степенью достоверности прогнозировать перспективные на нефть и газ объекты в пределах обнаруженной сейсморазведкой площади, где коллекторы владеют наилучшими нефтегазопромисловыми характеристиками. Приведено практическое применение способа для выделения перспективных участков в пределах Восточно-Долинской площади.*

*Ключевые слова:* месторождение, структура, ловушка, нефть, газ

*Practical application of a new technique for gas and geochemical data processing with the help of artificial neuron networks is considered. This technique allows us with the high level of truth to predict the promising in gas and oil facilities which were explored by seismic logging within the area, where collectors possess the best oil and gas producing characteristics. Practical application of the technique for singling out promising pools within the East-Dolyna area.*

*Keywords:* field, structure, trap, oil, gas

Розвиток промислових, сільськогосподарських і соціально-комунальних структур держави суттєво залежить від рівня забезпечення їх паливно-енергетичними ресурсами, поповнення яких здійснюється здебільшого за рахунок видобування нафти і газу із родовищ. Переважна частина родовищ нафти і газу України перебуває на завершальній стадії розробки, тому актуальним завданням нафтогазовидобувної галузі є приріст запасів нафти і газу за рахунок пошуку та розвідки нових родовищ.

Існує декілька способів підвищення ефективності пошуково-розвідувальних робіт:

- розширення комплексу існуючих традиційних і нетрадиційних методів прогнозування перспективних на нафту і газ об'єктів;
- розробка і впровадження найсучаснішої геофізичної апаратури та бурової техніки;
- удосконалення методики інтерпретації геологічних, геофізичних і геохімічних даних.

На даний час основним методом підготовки структур до глибокого буріння є сейсмороз-

відка. Даний пошуковий метод дає змогу виявляти тільки структурні форми, а для відкриття родовища цього не достатньо. Це лише половина шляху до відкриття родовища нафти і газу оскільки:

– не кожна структурна форма, яка за структурно-тектонічними і літофаціальними умовами є сприятлива до формування пастки для пластових флюїдів, заповнена нафтою або газом;

– не завжди фактична глибина залягання горизонтів, контури і склепінна частина структур відповідають даним сейсмічних досліджень, через це не кожна перша пошукова свердловина закладається в оптимальних структурно-тектонічних умовах.

Тому прогнозувати тип пластових флюїдів у структурах за сейсмічними даними на сучасному рівні сейсморозвідувальних методів неможливо.

Ефективність пошуково-розвідувального глибокого буріння на перспективних структу-

рах може бути суттєво підвищена шляхом проведення комплексування сейсмічних геофізичних досліджень із прямими геохімічними нафтогазопозшуковими методами.

В основі нафтогазопозшукових газогеохімічних досліджень лежить газова зйомка як геохімічний метод пошуків нафти і газу, що полягає у визначенні концентрації вуглеводнів в приповерхневих відкладах [1]. Газова зйомка є прямим методом пошуку нафти і газу, оскільки визначає концентрації вуглеводневих газів, які мігрують безпосередньо з нафтового або газового покладу [2]. В основу теорії газової зйомки покладено уявлення про те, що будь-які газові скупчення підлягають розсіюванню, завдяки чому над нафтовим або газовим родовищем і на деякій відстані навколо нього повинні спостерігатися підвищені концентрації вуглеводневих газів. З віддаленням від родовища концентрації вуглеводневих газів знижуються до нуля або до якої-небудь надзвичайно малої величини. Проте, не слід думати, що в земних надрах відбувається тільки розсіювання газів. У надрах процес концентрації і розсіювання відбувається одночасно, проте в різні періоди геологічної історії даного району переважає то один, то інший процес. Наявність родовища вказує на те, що в історії даної ділянки надр процес концентрації переважав над процесом розсіювання. Виявити сліди мігруючих вуглеводнів, тобто їх мікроконцентрації, можна тільки за допомогою спеціального дуже чутливого приладу. Методика газової зйомки загалом полягає у відборі проб з приповерхневого ґрунтового середовища, їх аналізі з метою встановлення присутності вуглеводнів, нанесенні результатів аналізів на карту.

Враховуючи наведене, на Східно-Долинській площі, розташованій в межах Долинського і Рожнятівського районів Івано-Франківської області, було проведено комплекс робіт нафтогазопозшукового характеру. Спочатку на території Східно-Долинської площі Західноукраїнською геологорозвідувальною експедицією були проведені сейсмозвідувальні роботи, результати яких дали змогу достовірно відтворити геологічну будову Східно-Долинської структури, виявити нові перспективні пастки і дати рекомендації щодо проведення подальших досліджень [3,4,5]. Пізніше на території площі були проведені прямі пошукові газогеохімічні дослідження приповерхневого ґрунтового середовища з метою виділення і підготовки до глибокого буріння нафтогазоперспективних об'єктів [6].

У тектонічному відношенні Східно-Долинська площа належить до центральної частини Бориславсько-Покутської зони Передкарпатського прогину, яка являє собою складнобудований антиклінорій. Він представлений лінійними антиклінальними складками насунутими одна на одну в північно-східному напрямі. Південно-західні крила складок здебільшого пологі, північно-східні – круті, підвернуті або зрізані насувами. Залежно від амплітуди поздовжніх насувів складки групуються в декілька ярусів

структур, перетинаються поперечними скидозсувами амплітудою вертикального зміщення від декількох десятків до 700 м, та горизонтального – до декількох кілометрів. Наявність скидозсувів зумовлює блокову будову антиклінорію. Підкиди і підкидо-насуви мають переважно поздовжнє простягання та ускладнюють лінії складок, окремі складки і блоки.

У нафтогазозносному відношенні Східно-Долинська площа відноситься до Долинського нафтогазопромислового району, де глибоким бурінням і сейсмічними дослідженнями встановлено три яруси структур, що складають Внутрішню зону Передкарпатського прогину. Однак, слід зауважити, що віднесення відповідної групи складок до того чи іншого ярусу структур у ряді випадків має умовний характер, оскільки підвернуті крила Північно-Долинської і Нижньо-Струтинської складок не поступаються за розмірами ширини структурних ярусів у нормальному заляганні, тому на основі проведених палінспастичних реконструкцій вони віднесені до другого ярусу структур [3].

Геологічний розріз площі складають флішові утворення крейдово-палеогенового віку, які представлені відкладами: стрийської світи верхньої крейди, яменської світи палеоцену, манявської, вигодської і бистрицької світи еоцену, менілітової світи олігоцену і нижньоміоценовими моласово-соленосними відкладами (поляницькою і воротищенською світами).

Східно-Долинська площа знаходиться в центральній частині Внутрішньої зони Передкарпатського прогину і приурочена до палеогенових відкладів. Площа включає Турянську та Спаську (опущений блок) структури [4].

Спаська складка за сейсмічним горизонтом  $P_2$  у I ярусі структур (покрівля еоцену) є тектонічно екранованою антиклінальною. З північного заходу на південний схід абсолютні позначки покрівлі палеоцену зростають від мінус 3500 м до мінус 3100 м. Розміри структури - 4,2×1,3 км, амплітуда - 400 м по ізогіпсі - мінус 3500 м.

Турянська складка за сейсмічним горизонтом  $P_2$  у II ярусі структур (покрівля еоценових відкладів підвернутого крила Нижньо-Струтинської складки) є симетричною антиклінальною північно-західного простягання, ускладненою насувною тектонікою. Склепінна частина обмежена ізогіпсою мінус 4100 м. Розміри структури - 4,3×1,5 км, амплітуда - 90 м по ізогіпсі - мінус 4100 м [5].

На території Східно-Долинської площі на даний час вже відкрито цілий ряд родовищ: Спаське, Струтинське, Чечвинське, Рожнятівське, поклади нафти яких пов'язані зі складками різних поверхів Внутрішньої зони, а на Спаському родовищі, крім того, і з Береговою скибою Складчастих Карпат.

До підвернутого крила Берегової скиби, ускладненого насувом верхньої її частини і поперечним порушенням, приурочений нафтовий поклад у відкладах менілітової світи Спаського родовища (Підсухівська площа).

Підсухівська ділянка має вигляд лінійної антикліналі, що простягається вздовж Карпат

від Північно-Оболонського блоку до Струтинського включно на віддалі 12,9 км і шириною від 2,75 до 3,25 км [3]. Південно-західне крило досить круте і крутизна його збільшується з віддаленням від склепіння структури, досягаючи 45-60°. Північно-східне крило більш пологіе (10-20°) і завернуте угору від поздовжнього порушення до площини насуву Лоп'янецької складки на Підсухівську ділянку. Шарнір складки займає найбільш високе положення на південно-західній ділянці Нижньо-Струтинського блоку, де у свердловині 4-Сп абсолютна позначка поверхні верхньоменілітових відкладів складає мінус 382,4 м. До північного заходу шарнір складки ступінчасто занурюється до абсолютної позначки мінус 2031 м у свердловині 7-Сп. Підсухівська ділянка розбита поперечними скидо-зсувами на окремі блоки і ділянки. У багатьох випадках їх положення встановлюється на основі випробування свердловин, матеріалів інтерпретації ГДС та структурних побудов, оскільки польові геофізичні дослідження для уточнення геологічної будови Підсухівської ділянки не проводилися через відсутність надійних відбиваючих горизонтів. Назви блоків для зручності прийняті такими ж, як і під час підрахунку запасів Спаського родовища. З північного-заходу на південний-схід у межах Підсухівської ділянки виділено п'ять блоків: Північно-Оболонський, Оболонський, Спаський, Нижньо-Струтинський і Струтинський. Крім того, Спаський і Нижньо-Струтинський блоки розбиті поперечними порушеннями на дві ділянки кожний.

Поклади нафти Підсухівської ділянки Спаського родовища пов'язані з верхньо-, середньо- і, частково, з нижньоменілітовими утвореннями. Вивчення розрізу менілітових відкладів показало, що пласти пісковиків усіх горизонтів мають лінзовидне залягання, заміщуючись непроникними різновидами порід, а на багатьох ділянках відбувається повне заміщення колекторів глинистими алеволітами і аргілітами; виявлені структури мають блокову будову.

Основними продуктивними горизонтами цих родовищ є пісковики олігоцену і еоцену. На цих родовищах одночасно з нафтою видобувається і газ, який розчинений в нафті або утворює газові шапки в склепінних частинах покладів.

Дослідження перспектив нафтогазоносності Східно-Долинської площі проводились у декілька етапів. Перший етап досліджень включав аналіз результатів сейсмічних досліджень, які були проведені Західноукраїнською геолого-розвідувальною експедицією, та обрання найсприятливішої моделі пастки в межах Східно-Долинської структури. У межах території розповсюдження пастки було намічено систему польових газогеохімічних спостережень для відбору газогеохімічних проб. За систему польових газогеохімічних спостережень було обрано мережу, яка передбачала відбір проб за квадратною сіткою. Сторона квадрата у сітці польових газогеохімічних спостережень складала 250 метрів, що відповідає регулярній сітці

спостережень і методичним рекомендаціям для проведення польових газогеохімічних досліджень [7].

Другий етап включав проведення в межах території обраної пастки польових газогеохімічних досліджень, які включали відбір проб вільного газу із приповерхневого середовища та проб ґрунту до глибини 1 метр. Відібрані проби вільного газу герметично поміщались у флакони із соляним розчином і транспортувались до геохімічної лабораторії.

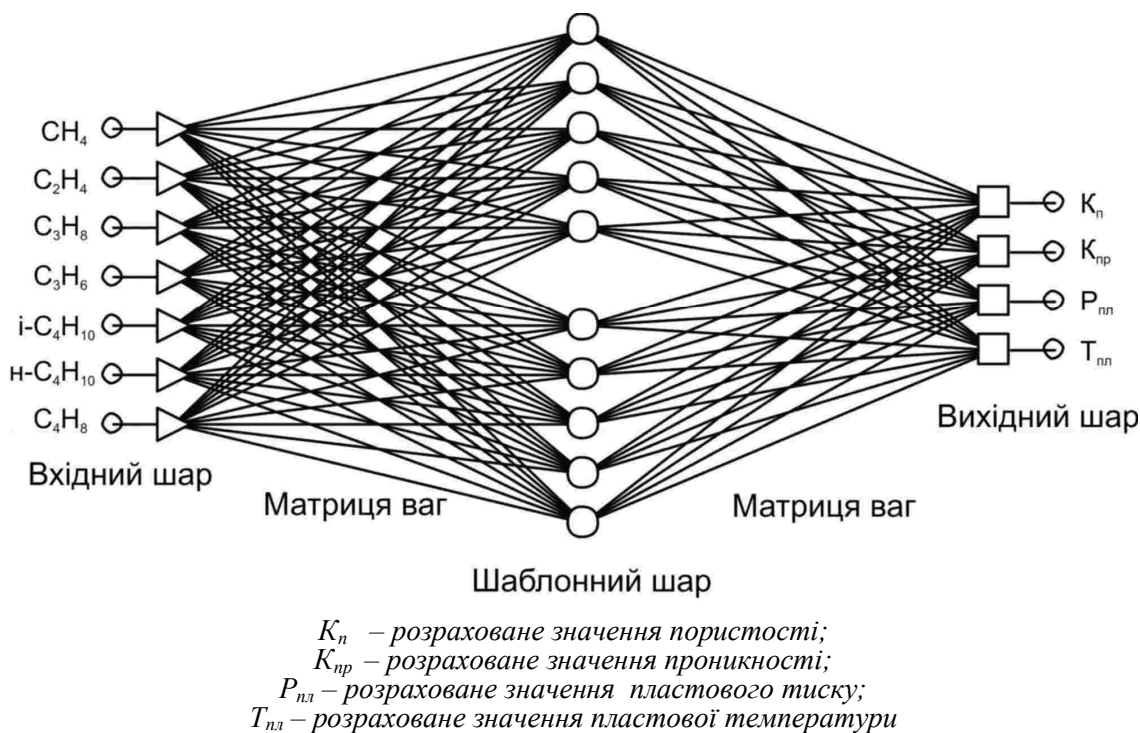
Під час третього етапу у газогеохімічній лабораторії проводились дегазація проб ґрунту та хроматографічні дослідження (визначення компонентного складу і кількісного вмісту) вуглеводневих газів:  $\text{CH}_4$  - метану,  $\text{C}_2\text{H}_6$  - етану,  $\text{C}_2\text{H}_4$  - етилену,  $\text{C}_3\text{H}_8$  - пропану,  $\text{C}_3\text{H}_6$  - пропілену,  $i\text{-C}_4\text{H}_{10}$  - ізобутану,  $n\text{-C}_4\text{H}_{10}$  - нормального бутану,  $\text{C}_4\text{H}_8$  - бутілену,  $i\text{-C}_5\text{H}_{12}$  - ізопентану,  $n\text{-C}_5\text{H}_{12}$  - нормального пентану,  $i\text{-C}_6\text{H}_{14}$  - ізогексану і  $n\text{-C}_6\text{H}_{14}$  - нормального гексану.

Наступним етапом досліджень було проведення статистичної обробки результатів газогеохімічних лабораторних досліджень вуглеводневих газів за допомогою штучних нейронних мереж.

Існуючі способи математичної обробки результатів газогеохімічних досліджень не дають однозначної відповіді щодо наявності промислових покладів нафти і газу в надрах, тому що математична обробка результатів газогеохімічних досліджень обумовлена використанням лінійних статистичних методів для встановлення лінійної залежності за нормального розподілу параметрів, які не ефективні при вирішенні задач нелінійного розподілу. Застосування способу обробки даних за допомогою штучних нейронних мереж можливе для встановлення як лінійних, так і нелінійних залежностей, а особливо ефективним цей спосіб є під час дослідження залежностей між змінними даними. Тому нами застосований спосіб, який виключає недоліки лінійних статистичних методів.

Останніми роками все більше проявляється інтерес до нової прикладної області математики, яка спеціалізується на застосуванні штучних нейронних мереж. Актуальність досліджень у цьому напрямку підтверджується широкою сферою застосування штучних нейронних мереж. Наприклад, штучні нейронні мережі застосовують у прогнозуванні, автоматизації процесів розпізнавання образів, адаптивному управлінні, створенні нейрокомп'ютерів, апроксимації функцій, стисненні даних, утворенні експертних систем, створенні асоціативної пам'яті тощо. Можна також виділити деякі методи виявлення і аналізу даних. Це: класифікація, асоціація, кластеризація, регресія.

Штучні нейронні мережі є потужним методом моделювання, який дає змогу створювати надзвичайно складні залежності між досліджуваними параметрами. Відносяться вони до класу нелінійних адаптивних систем і вчать на прикладах. У математичному вигляді штучна нейронна мережа є нелінійною системою обчислення з широким налаштуванням її характери-



**Рисунок 1 – Модель штучної нейронної мережі для визначення нафтогазопромислових параметрів покладу**

стик і можливістю накопичування знань з подальшим їх узагальненням.

Штучні нейронні мережі успішно застосовуються для вирішення наукових і практичних завдань. Так, сьогодні вони успішно застосовуються у вивченні геофізичними методами тонкошаруватих розрізів свердловин, що є дуже перспективним напрямком підвищення ефективності як якісної, так і кількісної інтерпретації даних геофізичних досліджень свердловин. Перевагою нейромережевої діагностики, порівняно з традиційними технологіями розпізнавання образів, є те, що в ній імітуються можливості нейронної системи встановлювати дуже складні за структурою зв'язки між окремими змінними в процесі навчання, які не вдається строго описати аналітичними функціями (саме це виявляється при дослідженнях зв'язків між геофізичними і геологічними параметрами в тонкошаруватих теригенних розрізах). З використанням нейромережевої технології розроблено і апробовано новий спосіб оцінки вірогідності виявлення газонасиченого (нафтонасиченого) колектора шляхом імовірного аналізу синтетичних і фактичних кривих питомого опору великих зондів. Згаданий спосіб із застосуванням штучних нейронних мереж для визначення продуктивних пластів-колекторів у розрізі свердловини апробований в умовах тонкошаруватих відкладів дашавської світи на свердловинах Рубанівського і Комарівського газових родовищ. Виявлені газонасні або водонасні об'єкти повністю підтверджуються результатами випробувань в інтервалах перфорації [8].

Нами був розроблений спосіб обробки результатів газогеохімічних досліджень за допомогою штучних нейронних мереж, за допо-

могою якого було здійснено статистичну обробку результатів газогеохімічних досліджень, проведених на Східно-Долинській площі [9].

Обробка результатів газогеохімічних досліджень за допомогою штучних нейронних мереж проводилася за наступною схемою: “введення вхідних даних > обробка вхідних даних > побудова штучної нейронної мережі > обробка вихідних даних > виведення вихідних даних” (рис.1).

За допомогою вхідних даних, якими був компонентний вміст вуглеводневих газів в пробах, визначалися розрахункові значення нафтогазопромислових параметрів покладу, а саме: пластовий тиск, пластова температура, пористість і проникність.

Заключним етапом досліджень була побудова карт розрахованих нафтогазопромислових параметрів і складання результуючої карти перспектив покладоутворення. Оцінка перспектив нафтогазонасиченості досліджуваної площі була проведена на основі аналізу результуючої карти перспектив покладоутворення (рис. 2).

Результати проведених наукових досліджень на Східно-Долинській площі за допомогою статистичної обробки даних газогеохімічних досліджень дали змогу виявити об'єкти (А, Б, В, Г) з перспективними умовами покладоутворення. Вони характеризуються розрахованими найвищими значеннями пластового тиску, пористості і проникності.

Закладання першочергових пошукових та розвідувальних свердловин нами пропонується на об'єктах А, Б, В та Г, де існують найбільш сприятливі умови для утворення покладу вуглеводнів. У цих частинах тектонічних блоків Східно-Долинської площі окрім сприятливих

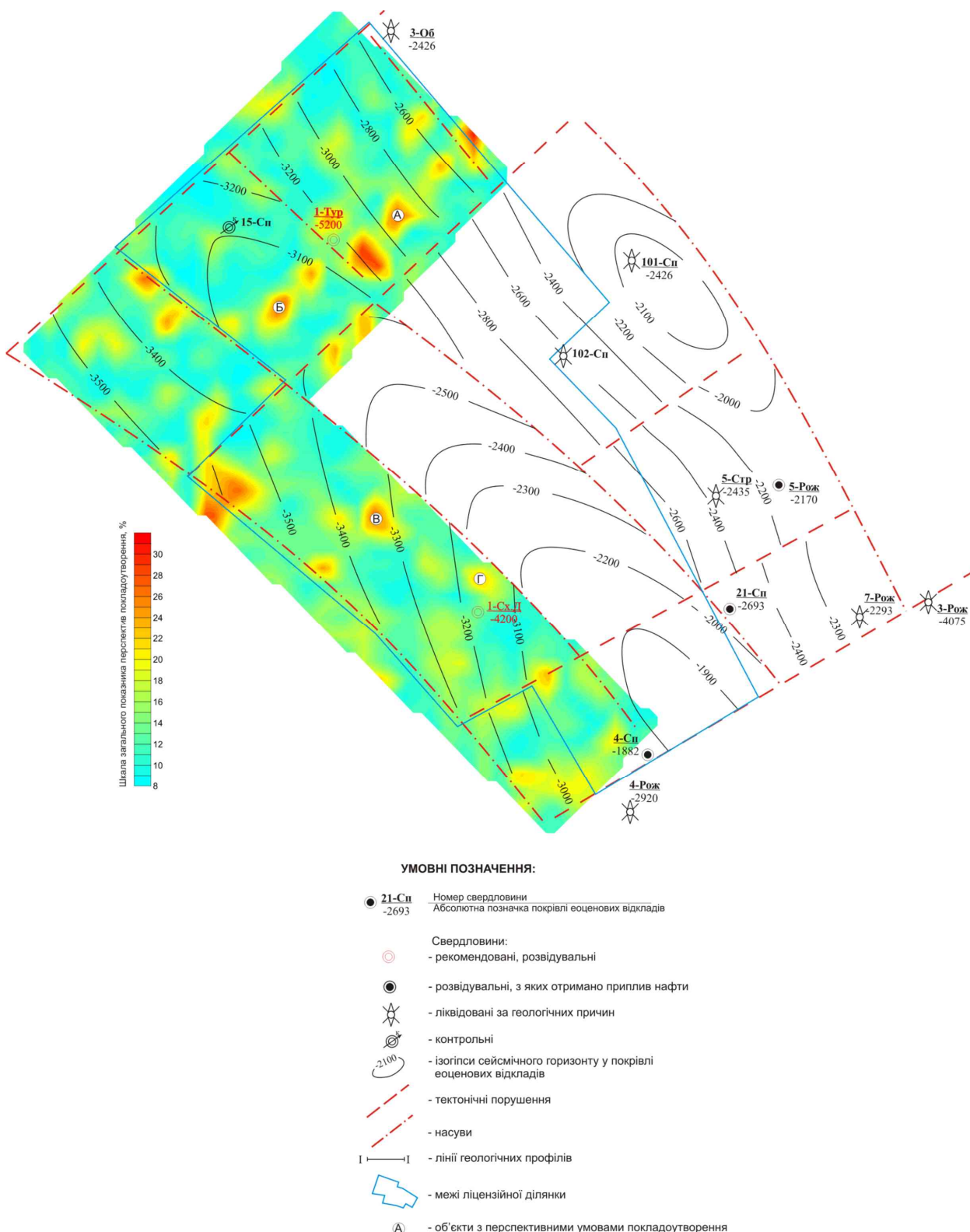


Рисунок 2 – Карта перспектив покладоутворення

структурно-тектонічних умов (наявність відокремлених тектонічних блоків антиклінальної структурної форми, тобто пастки для нафти і газу) існують сприятливі умови для покладоутворення.

Аналізуючи отриману карту перспектив, зауважимо, що найбільш сприятливі умови для

утворення покладу відповідають значенням загального показника перспектив покладоутворення від 20 до 40 відсотків. Це свідчить про те, що в процесі буріння свердловин у межах визначених перспективних ділянок поклад буде розкритий в тих частинах колектора, де його колекторські властивості будуть найкращими.

Таким чином, застосування штучних нейронних мереж для обробки результатів газогеохімічних досліджень дасть змогу з допустимою достовірністю отримати розрахункові значення нафтогазопромислових параметрів покладу ще до проведення буріння глибоких свердловин та визначити місця закладання першочергових пошукових та розвідувальних свердловин.

### Література

- 1 Барташевич О.В. Геохимические методы поисков нефтяных и газовых месторождений / О.В.Барташевич, Л.М.Зорькин, С.Л.Зубайрев и др. – М.: Недра, 1980. – 300 с.
- 2 Соколов В.А. Методика и результаты газовых геохимических нефтегазопроисловых работ / В.А.Соколов, Г.Г.Григорьев. – М.: Гос-топтехиздат, 1962. – 394 с.
- 3 Кузьмик Л.М. Палинспастические реконструкции центральной части Бориславско-Покутской зоны Предкарпатского прогиба и прогнозирования нефтегазоносности локальных структур: автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук: спец. 04.00.17 "Геология нефти и газа" / Кузьмик Леонтий Моисеевич; Ивано-Франковский институт нефти и газа. – Ивано-Франковск, 1983. – 24 с.
- 4 Гневуш В.В. Звіт про результати деталізаційних сейсмозвідувальних робіт на Східно-Долинській площі Передкарпатського прогину в 2004-2005 рр. – Львів: ЗУГРЕ, 2006. – 189 с.
- 5 Гневуш В.В. Паспорт на Турянську, Спаську (опущений блок) структури в Бориславсько-Покутській зоні Передкарпатського прогину. – Львів: ЗУГРЕ, 2006. – 57 с.
- 6 Омельченко Т.В., Аронський Д.І., Мельниченко Т.М., Фефелов О.Ю., Лозинський В.Є., Ляху Р.М., Зв'ягінцева Т.В., Ковальчук А.Ю., Ярема А.В., Якушенко Г.Б. Геолого-геохімічні нафтогазопрошукові дослідження на Східно-Долинській площі. Звіт по темі 510173. НДПІ ВАТ "Укрнафта", 2008. – 63 с.
- 7 Методика поисков и разведки залежей нефти и газа / Габриэлянц Г.А., Проскурин В.И., Сорокин Ю.В. – М.: Недра, 1985. – 304 с.
- 8 Карпенко О.М. Науково-методичні засади оцінки ємнісних властивостей гірських порід тонкошаруватих розрізів родовищ вуглеводнів за даними геофізичних досліджень: автореф. дис... д-ра геол. наук: спец. 04.00.22 "Геофізика" / Карпенко Олексій Миколайович; Київ. нац. ун-т ім. Т.Шевченка. – К., 2005. – 36 с.
- 9 Пат. 43548 UA, МПК G01V 3/00. Спосіб обробки результатів газогеохімічних досліджень за допомогою штучних нейронних мереж/ Омельченко Т.В.; Омельченко Тарас Валерійович.- № u200901782; заявл. 02.03.2009, Бюл. №23.- 4с.

Стаття поступила в редакційну колегію

15.10.09

Рекомендована до друку професором

**Б. Й. Маєвський**