

ГЕОЛОГІЯ, РОЗВІДКА ТА ПРОМИСЛОВА ГЕОФІЗИКА НАФТОВИХ І ГАЗОВИХ РОДОВИЩ

УДК 51:551.7.02+552.5(477.5)

МЕТОДИЧНЕ ТА АЛГОРИТМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОШУКОВИХ РОБІТ НА НАФТУ І ГАЗ В УМОВАХ АКВАТОРІЙ ЧОРНОГО ТА АЗОВСЬКОГО МОРИВ

¹М.І. Євдошук, ²О.О. Бардін, ³Т.М. Галко

¹ Інститут геологічних наук НАН України, 01054, м. Київ, вул. О. Гончара, 55-б,
тел. (050) 3315733, e-mail: myevdoshchuk@rambler.ru

² Інвестиційне геолого-технологічне підприємство «ГЕОІД»,
м. Чернігів, Новозаводський р-н, вул. Старобілоуська, 73, тел. (0462) 958488

³ Український науково-дослідний інститут природних газів (УкрНДІГаз),
61010, м. Харків, Червоношкільна набережна, 20, тел. (050) 6323936,
e-mail: gazrozrobka@gmail.com

Викладено точку зору авторів про необхідність збереження і розвитку інтелектуального багажу, накопиченого геологічною громадськістю України в ході проведення пошуково-розвідувальних робіт на нафту і газ в умовах азово-чорноморських акваторій. Як приклад запропоновано адаптувати алгоритм оптимізації розміщення пошукових свердловин на складнобудованих об'єктах шляхом розрахунку центра об'єму прогнозного покладу при імітації положення водо-нафтового контакту.

Ключові слова: центр об'єму, пошукова свердловина, прогнозний поклад, імітація, водонафтовий контакт, неантиклінальні пастки

Изложена точка зрения авторов о необходимости сохранения и развития интеллектуального багажа, накопленного геологической общественностью Украины в ходе проведения поисково-разведочных работ на нефть и газ в условиях азово-черноморских акваторий. В качестве примера предложено адаптировать алгоритм оптимизации размещения поисковых скважин на сложнопостроенных объектах за счет вычисления центра объема прогнозируемой залежи при имитации положения водо-нефтяного контакта.

Ключевые слова: центр объема, поисковая скважина, прогнозная залежь, имитация, водонефтяной контакт, неантиклинальные ловушки

The article deals with necessity of saving and developing the intellectual awareness having been accumulated by geological community of Ukraine over the period exploration works for oil and gas in the conditions of the Azov-Black Seas offshore strips. As an example it has been offered to adapt the optimization algorithm placing exploratory wells at the complex built objects at the expense of determining the center for the volume of predicting deposit during the imitation of water-oil contact position.

Keywords: the center of the volume, exploratory wells, predicted reservoir, imitation, water-oil contact, non-anticlinal traps

Постановка проблеми. Здійснення пошуків покладів вуглеводнів в умовах акваторії морів має ряд принципових відмінностей у порівнянні з наземними умовами. Насамперед це

стосується принципово іншого рівня інформаційного забезпечення, що пов'язано з меншою кількістю пошукових свердловин на одиницю площі, обмеженнями на здійснення вже відпра-

цьованих методик сейсмічних досліджень, вартістю і умовами виконання бурових робіт тощо.

Як наслідок, вартість помилки при локалізації та геометризації об'єктів пошукових робіт, обґрунтуванні інтервалів та методів досліджень дуже висока. Тому, незважаючи на наявність великої кількості зарубіжних комп'ютерних засобів геолого-математичного моделювання на геологічних даних, має сенс адаптація алгоритмічних засобів для морських умов, які пройшли випробування.

Зарубіжне комп'ютерне забезпечення розвивалося як комерційний товар, який має складні засоби захисту, і за природою своєю не дає можливості користувачу здійснювати власну модернізацію. Вітчизняне програмне забезпечення є більш відкритим, як правило підтримується, модернізується і у багатьох випадках експлуатується авторами розробки, що дає набагато кращий результат при принципово меншому рівні фінансових витрат. Тому популяризація і доведення до геологічної громадськості суті і змісту досягнень української геологічної школи є запорукою того, що ці досягнення збережуться і знайдуть своє місце у активі наукової і геологічної думки України. Як приклад розглянемо доцільність адаптації до морських умов алгоритму оптимізації розміщення пошукових свердловин на основі математичного аналізу конфігурації прогнозного покладу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Проблемам оптимізації розміщення геолого-розвідувальних свердловин за допомогою ЕОМ при розвідці нафтогазових родовищ присвячені роботи В.І. Аронова [1], А.М. Волкова [2], В.А. Волкова [3], І.Д. Савинського [4] і багатьох інших авторів, в яких детально розглянуто питання розміщення свердловин на об'єктах крупного і середнього розміру. Питання оптимізації закладання першої пошукової свердловини на літолого-стратиграфічних та комбінованих пастках вуглеводнів (ЛСК ПВ), рентабельних для виявлення і подальшої розробки однією, максимум двома свердловинами, у тому числі розташованими у межах морської акваторії, у нафтогазовій літературі розглядаються дуже обмежено. У той же час мінімізація загальної кількості пошукових, розвідувальних і видобувних свердловин за рахунок об'єднання їх цільових функцій є у багатьох випадках дуже важливою, оскільки приватний капітал, який прийшов у нафтогазову галузь, обережно вкладає гроші у додаткові свердловини, кожна з яких може бути і невдалою, у тому числі суто з технічних причин.

Системи розміщення пошукових свердловин на крупних потенційно нафтогазоносних структурах добре відомі і не потребують коментарів. Але, що стосується незначних за запасами об'єктів, для дослідження і розробки яких з економічних міркувань доцільно застосовувати три, дві, а то і одну свердловину. Більш того, для випадку пасток неантиклінального типу традиційні методики не працюють. Фактично на цей час надійних систем розмі-

щення пошукових свердловин для складнобудованих покладів неантиклінального типу на базі методів геолого-математичного моделювання немає, і розміщення свердловин залежить від інтуїції дослідника. Тому значну кількість літологічно екранованих покладів вуглеводнів (ВВ) відкрито випадково – під час пошуків і розвідки покладів в антиклінальних пастках. Для геологічних умов азово-чорноморських акваторій, де відкриті і прогноуються невеликі родовища, необхідно вирішити проблему розміщення наукових свердловин.

Дослідження проблеми і основні результати. Неантиклінальні поклади, як об'єкти проведення пошукових робіт, мають особливості геологічної будови. Межею покладу, крім водонафтового контакту (ВНК) чи газоводяного контакту (ГВК), є лінія літологічного заміщення порід-колекторів, яка здебільшого має дуже складну конфігурацію і часто неузгоджується із структурним планом. Аналіз будови неантиклінальних покладів нафти і газу свідчить, що в зонах літологічного заміщення і виклинювання порід не лише істотно зменшується ефективна потужність, але і значно погіршуються фільтраційно-ємнісні властивості колекторів проникних пластів. Тому буріння додаткових свердловин для детального оконтурювання зон літологічного заміщення малорозмірних покладів ВВ є недоцільним. Питання прогнозування стратиграфічних пасток вуглеводнів і методик їх пошуку за допомогою математичних методів, що характеризується граничнодопустимим рівнем наведених витрат на одну свердловину, є об'єктом багатьох досліджень [6, 7, 8, 9, 10]. Однак складна будова малорозмірних неантиклінальних покладів і відсутність надійних методів їх картування є об'єктивною причиною наявності законтурних свердловин.

Слід зауважити, що окремої методики для мінімізації ризику пропускання покладу в рентабельних для розробки одною-двома свердловинами малорозмірних пастках неантиклінального типу, яка ґрунтувалась би на методах геолого-математичного моделювання (ГММ), не знайдено. Тому, для вирішення цього питання був використаний математичний метод розв'язання метричних задач для випадку кривогранних тіл. Теоретично, якщо деяке циліндроподібне тіло T обмежене зверху поверхнею $z_2 = f_2(x, y)$, а знизу поверхнею $z_1 = f_1(x, y)$, то його об'єм V дорівнюватиме

$$V_T = \iint_G [f_2(x, y) - f_1(x, y)] dx dy, \quad (1)$$

де G - область яка обмежена проекцією пересічення твірної циліндроподібного тіла T з поверхнями z_1, z_2 на площину xOy .

Якщо кривогранне тіло T обмежене з боків деякими поверхнями загального положення, то проекціями їх перетину з верхньої і нижньої поверхнями z_1, z_2 на площину xOy є області G_1 і G_2 , що не збігаються. У цьому випадку доцільним є розрахунок об'єму тіла T по пло-

щинах паралельних перетинів [11]. Припустимо, що відома площа Sxz_i будь-якого перетину тіла T площинами, перпендикулярними до осі Oy , які розібіють тіло T на n шарів з кроком Δy . В кожному частковому проміжку для перетинів Sxz_i при $i=1,2,3,\dots,n$ побудуємо циліндроподібне тіло, твірна якого паралельна до осі Oy , а напрямним є контур K_i перетину тіла T площиною, перпендикулярною осі Oy в точці y_i . Об'єм такого елементарного циліндроподібного тіла з площею основи Sxz_i і заввишки Δy дорівнює $\Delta V_T = Sxz_i \cdot \Delta y$. Тоді сумарний об'єм усіх циліндроподібних тіл при $\Delta y \rightarrow 0$ наблизатиметься до фактичного об'єму тіла:

$$\Delta V_T \approx \sum_{i=1}^n Sxz_i \cdot \Delta y. \quad (2)$$

Щоб знайти контури K_i перетинів, для кожної січної площини Sxz_i у точці y_i розв'язуємо задачу на пошук перетинів для Q_1, Q_2, \dots, Q_k поверхонь, які обмежують геологічне тіло площиною $z = f(x, y)$, паралельною xOz :

$$\begin{cases} A_1x + B_1y + C_1z + D_1 = 0 & (Q_1) \\ A_2x + B_2y + C_2z + D_2 = 0 & (Q_2) \\ A_kx + B_ky + C_kz + D_k = 0 & (Q_k) \\ z = f(x, y) \end{cases} \quad (3)$$

Після знаходження перетину обмежуючих геологічне тіло поверхонь Q площиною $z = f(x, y)$ отримані відрізки ліній об'єднуємо у замкнений контур K_i , вершинами якого слугують кінці інтервалів інтегрування, знайдені під час розв'язання системи рівнянь обмежувальних поверхонь і січної площини $z = f(x, y)$ на етапі розв'язання задачі Коші. В результаті отримаємо контур K_i у вигляді послідовності координат $\{x_j, z_j\}, j=1,2,\dots,m_j$ де m_j - кількість точок в i -тому контурі, яке залежить від кроку вздовж осі x . Площу перетину Sxz_i обчислюємо шляхом розбиття перетину на трикутники з вершинами, що лежать на контурі K_i [12].

Розроблений принцип побудови алгоритму розрахунку центра об'єму геологічного тіла, обмеженого довільною кількістю математичних моделей, можна застосовувати навіть у тому випадку, коли одному значенню x_j, y_i відповідає декілька значень $z_{i,j}$. Інакше кажучи, маємо можливість обґрунтовувати центр об'єму запасів вуглеводнів у покладі будь-якого морфологічного виду за різних варіантів його будови і різних варіантів коефіцієнтів заповнення пастки вуглеводнями. У випадку кільцевих структур центр об'єму покладу знаходиться за межами покладу, в центрі його ваги. Однак для

випадку козиркових, клиноподібних, клиноформних і лінзоподібних покладів теригенних комплексів порід, а також конусоподібних, плосковершинних, атолоподібних, рифоподібних покладів карбонатних комплексів порід викладений принцип є перспективним.

Принцип побудови діалогово-імітаційного алгоритму просторового аналізу синтетичних геолого-математичного моделей прогнозу будови пасток ВВ полягає у застосуванні методу розв'язання метричних задач для знаходження центра об'єму криволинійних тіл довільної конфігурації, що дозволяє здійснювати аналіз геологічних тіл будь-якого рівня складності. Відмінність розробленого нами принципу від вже відомих полягає в тому, що точку розміщення пошукової свердловини визначаємо на профілі перерізу розрахункової траєкторії зміщення центра об'єму прогнозного покладу, з урахуванням статистично обґрунтованого коефіцієнта заповнення пастки. Розрахунок траєкторії здійснюємо покроково імітацією положення водонафтового (ВНК) або газоводяного (ГВК) контакту. Застосування математичних методів аналізу просторової конфігурації прогнозних пасток вирішує проблему мінімізації ризику пропуску покладів нафти і газу в межах складнопобудованих пасток ВВ на рівні знання реальної будови пасток. У результаті сформульовано принцип побудови другого локального фрагменту галузевої нафтогазопшукової комп'ютерної технології, призначеного для підвищення імовірності відкриття покладів вуглеводнів в об'єктах типу літолого-стратиграфічна і комбінована пастка вуглеводнів (ЛСК ПВ) за рахунок визначення просторових координат найімовірнішого знаходження центру об'єму прогнозного покладу.

Розглянемо практичну реалізацію цього принципу, розробленого як алгоритм CENTR, в основу якого покладений розрахунок траєкторії переміщення центра об'єму прогнозованого покладу (ЦОПП) при імітації положення ВНК, для реалізації якого обрано запропонований Р.Л. Харді мультіквадриковий метод [13, 14].

Мультіквадриковий метод апроксимації є різновидом кусково-нелінійної апроксимації на системі квадратичних базових функцій, який забезпечує точний збіг моделі з опорними точками. Суть його полягає у такому. Якщо потрібно відшукати функцію для геологічного параметра $z = f(x, y)$, яка зареєстрована у скінченному числі точок спостереження з координатами $(x_i, y_i), i=1,2,\dots,n$, то цю функцію можемо знайти у вигляді суми функцій $f_j = c_j q(x_j, y_j, x, y)$, яка пов'язана з деякою первинною точкою поверхні j і має визначений коефіцієнт c_j , а елемент $q(x_j, y_j, x, y)$ називаємо квадратичною функцією або квадрикою точки j . Метод мультіквадрикової апроксимації був використаний для розрахунку ЦОПП.

Розглянемо задачу розрахунку ЦОПП як задачу розрахунку центра ваги однорідного тіла

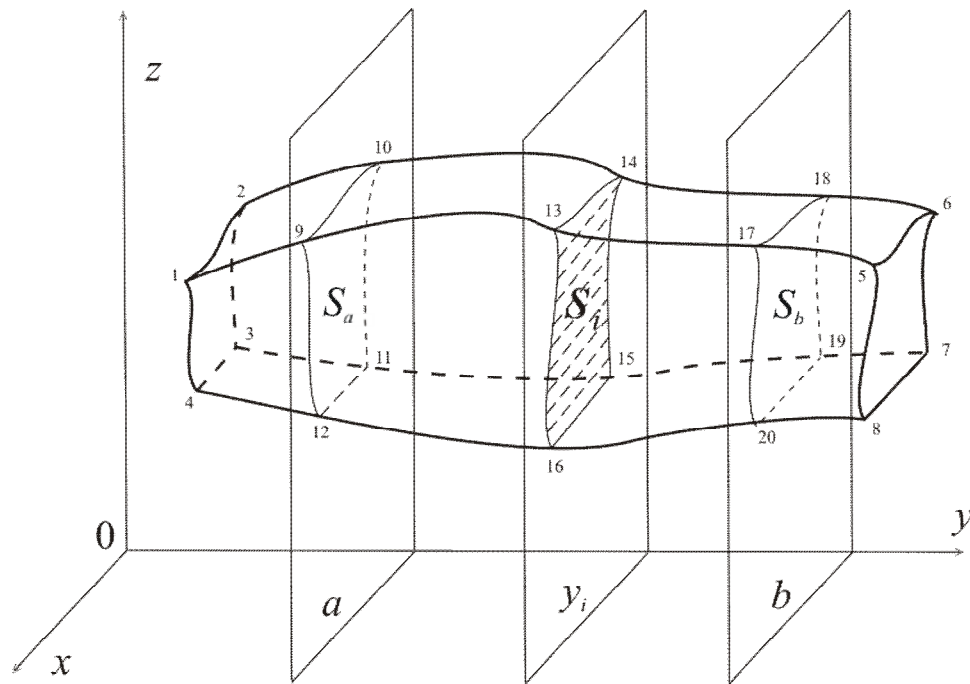


Рисунок 1 – Ілюстрація способу розбиття площинами перерізу геологічного об'єкта

складної форми на прикладі геологічного об'єкта, обмеженого шістьма довільними криволінійними поверхнями $S_{1,2,3,4}$, $S_{5,6,7,8}$, $S_{1,2,6,5}$, $S_{4,3,7,8}$, $S_{1,5,8,4}$, $S_{2,6,7,3}$, які мають спільні точки 1 – 8 (рис. 1). Для спрощення розрахунків тіло геологічного об'єкта умовно приймається однорідним за параметром відкритої пористості. Як відомо, координати центра ваги однорідного тіла залежать тільки від його геометричної форми і визначаються формулами (4):

$$x_C = \frac{\sum_{i=1}^n x_i v_i}{V}; \quad y_C = \frac{\sum_{i=1}^n y_i v_i}{V}; \quad z_C = \frac{\sum_{i=1}^n z_i v_i}{V}, \quad (4)$$

де v_i – елементарні об'єми, що складають тіло, з центрами ваги в точках (x_i, y_i, z_i) , $i = 1, \dots, n$;

V – об'єм тіла.

Якщо тіло геологічного об'єкта в інтервалі від $S_a(9,10,11,12)$ до $S_b(17,19,19,20)$ розбити на елементарні об'єми рівновіддаленими вертикальними площинами $S_i(13,14,15,16)$ з кроком $\Delta y = (b - a) / n$ по осі y , то задача розрахунку об'єму тіла між площинами a і b зводиться до розрахунку площ перерізу S_i (рис. 1).

Тоді формули (4) матимуть вигляд:

$$x_C = \frac{\sum_{i=1}^n x'_i s_i}{\sum_{i=1}^n s_i}; \quad y_C = \frac{\sum_{i=1}^n y'_i s_i}{\sum_{i=1}^n s_i}; \quad z_C = \frac{\sum_{i=1}^n z'_i s_i}{\sum_{i=1}^n s_i}, \quad (5)$$

де S_i – площа i -го перетину тіла;

x'_i, y'_i, z'_i – координати центра ваги перетину S_i . За малого Δy заміна центра ваги об'єму v_i координатами x'_i, y'_i, z'_i на точність результату практично не впливає.

Для тіл складної форми, обмежених криволінійною поверхнею і площиною (наприклад, модель пастки вуглеводнів), алгоритм розрахунку може бути представлений обчислювальними блоками, наведеними нижче.

1. Будемо інтерполяційну формулу для кожної криволінійної грані у вигляді узагальненого багаточлена:

$$Z = f(x, y) = \sum_{k=1}^N c_k \varphi_k(x, y, B), \quad (6)$$

де $\varphi_k(x, y, B)$ – однопараметрична сім'я функцій, безперервних разом зі своїми похідними. Коефіцієнти c_k визначаємо під час розв'язання системи лінійних рівнянь:

$$Z_j = \sum c_k \varphi_k(x_j, y_j, B_{OPT}), \quad j = 1, \dots, N, \quad (7)$$

де $\{x_j, y_j, z_j\}$ – вхідні точки.

2. Розв'язуємо дискретну задачу на перетинання поверхні об'єкта площинами перерізу окремого положення $y = y_i$ і визначаємо замкнений контур перетину S_i для кожної площини перерізу на твірній Z_i .

3. Для обчислення площі перетину S_i і центра його ваги виконуємо розбиття площини перетину на трикутники з вершинами, що лежать на межі S_i . Способи розбиття можуть бути різними і залежать від типу одержуваних перетинів. Наприклад, це може бути $\Delta x = const$ або рівномірний крок по твірній тощо. Основ-

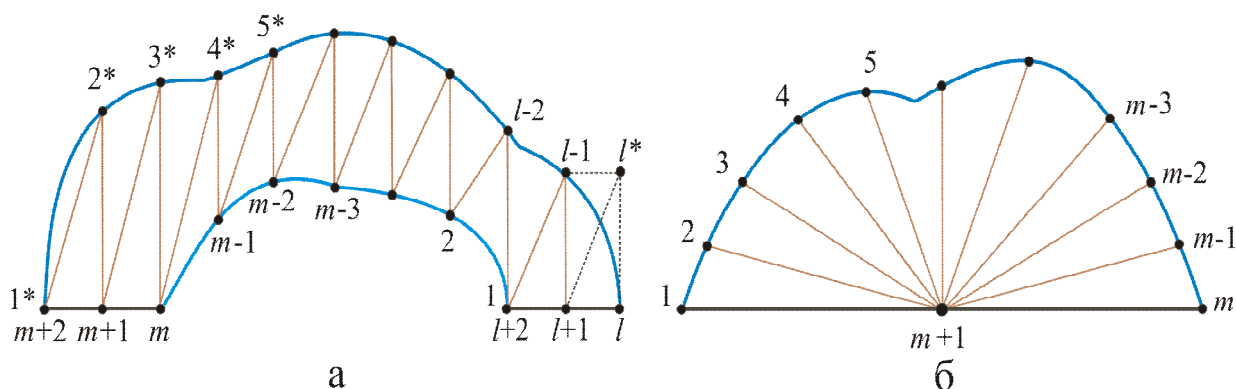


Рисунок 2 – Спосіб побудови мережі трикутників на площині перерізу геологічного об’єкта

на вимога при цьому – трикутники не повинні бути занадто витягнутими і виходити за межі контуру. В описуваному алгоритмі реалізовані два способи: зигзагоподібний і секторний. У разі зигзагоподібного способу (рис. 2,а) спочатку знаходимо точки з рівномірним кроком для верхньої і нижньої меж та поверхні водонафтового контакту. Надалі 1^* -шу точку з’єднуємо з 2^* -ю точкою і з точкою $(m+1)$, точку $m+1$ з 3^* -ю точкою і з точкою m , точку m з 4^* -ю точкою і з точкою $(m-1)$ й т. д. Для секторного способу вводимо додаткову точку $x_{m+1} = 0,5(z_1 + z_m)$, з якою з’єднуємо всі інші (рис. 2б).

4. Тоді координати центрів ваги трикутників і їхні площі визначаємо:

$$x_{ci} = \frac{1}{3}(X_{1l} + X_{2l} + X_{3l})_i;$$

$$z_{ci} = \frac{1}{3}(Z_{1l} + Z_{2l} + Z_{3l})_i; \quad y_{cl} = y_i, \quad (8)$$

$$s_{li} = \frac{1}{2} \begin{vmatrix} X_{1l} & Z_{1l} & 1 \\ X_{2l} & Z_{2l} & 1 \\ X_{3l} & Z_{3l} & 1 \end{vmatrix}. \quad (9)$$

Площу всього перетину розраховуємо як $s_i = \sum_{l=1}^{m-2} s_{li}$, а координати центра ваги x'_i, y'_i, z'_i знаходимо через елементарні полички – трикутники за формулами, аналогічними (7).

5. За координатами центрів ваги і площами елементарних трикутників обчислюємо координати центрів ваги і площі перетинів:

$$x_i = \frac{\sum_{k=1}^m x_{ki} S_{ki}}{S_i}; \quad z_i = \frac{\sum_{k=1}^m z_{ki} S_{ki}}{S_i}; \quad S_i = \sum_{k=1}^m S_{ki}, \quad (10)$$

де S_{ki} – площа K -го трикутника i -го перетину.

6. За отриманими площами рівновіддалених перетинів визначаємо об’єм геологічного об’єкта:

$$V_i \approx \Delta y \sum_{i=1}^n s_i. \quad (11)$$

7. Обчислюємо об’єм відкритого порового простору:

$$V_n = V_t K_k K_p, \quad (12)$$

де K_k – відсоток колекторів;
 K_p – очікувана відкрита пористість.

8. Обчислюємо об’єм гірської породи-колектора та координати центра ваги (центра об’єму покладу) за поточного положення ВНК до моменту вичерпання списку положень ВНК, що імітуються:

$$V_t = \Delta y \sum_{i=1}^L S_i, \quad x_t = \frac{\sum_{i=1}^L x_i S_i}{\sum_{i=1}^L S_i}. \quad (13)$$

де L – поточне положення ВНК.

Для координат z_t і y_t – аналогічно, як для x_t .

Принцип обґрунтування точки закладення першої пошукової свердловини, орієнтований на використання на відносно невеликих за розмірами геологічних об’єктах неантиклінального типу та на оцінку наявності покладу однією-двома пошуковими свердловинами. Параметром, що сприяє підвищенню ймовірності влучення в зону покладу, був визначений розрахунковий геометричний центр пошукового об’єкта, рівновіддаленого від поверхонь покривлі та підшови пласта, екрануючих розломів, поверхні ВНК [15].

Принцип обґрунтування точки закладання першої пошукової свердловини базується на розрахунку траєкторії зміщення центра об’єму прогнозованого покладу (ЦОПП) при імітації положення ВНК із заданим кроком у межах можливого заповнення пастки вуглеводнів. Точка на траєкторії ЦОПП в центрі зони найімовірнішого коефіцієнта заповнення пастки є точкою найменшого ризику пропуску прогнозованого покладу на рівні наявних уявлень про реальну природу об’єкта. Зазначений принцип забезпечує також розрахунок об’єму резервуара покладу положення ВНК і, відповідно, об’єму порового простору. Координати ЦОПП зносять на раніше побудовану структурну карту покривлі пласта. Для прогнозних багатопластових покладів обробку виконують окремо, але траси ЦОПП зносять на єдиний планшет.

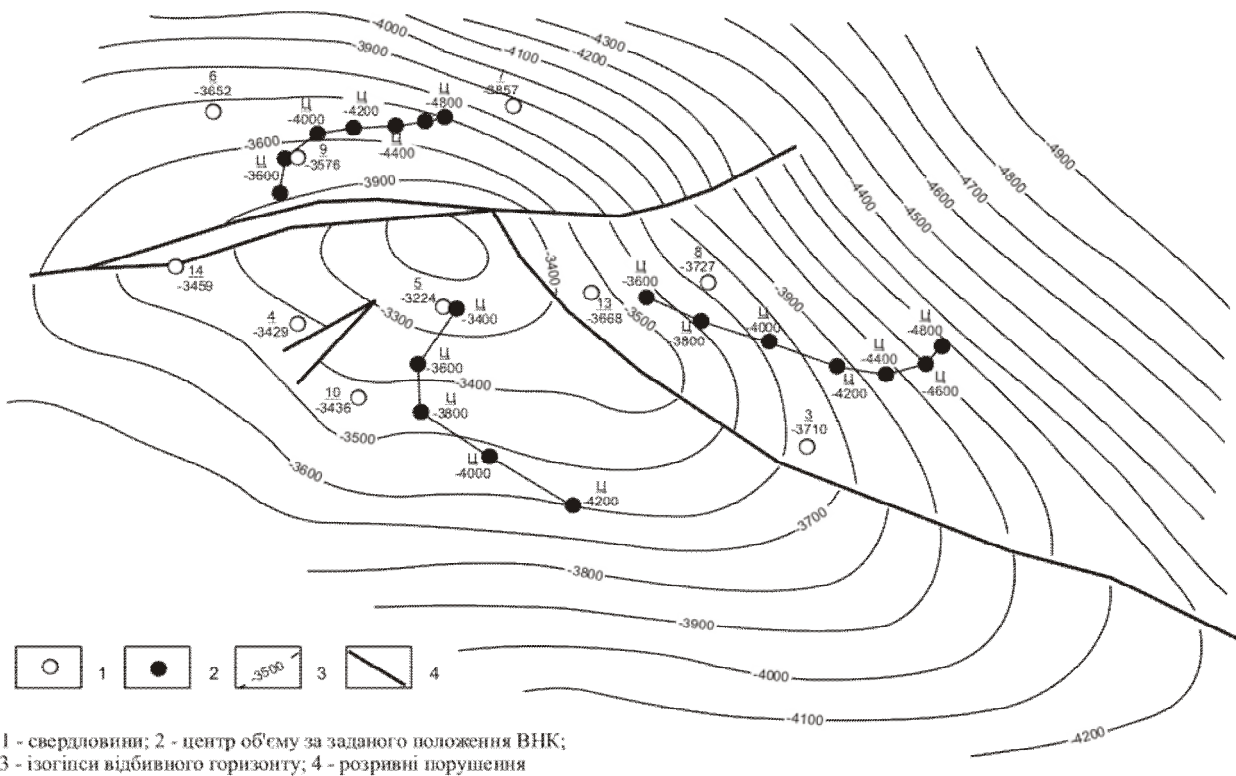


Рисунок 3 – Структурна карта по горизонту Vb_2

Випробування алгоритму CENTR на геометричних тілах обертання, гармонічних поверхнях тригонометричних функцій та на геологічних моделях показало достатню точність цього методу обчислення. Перевірка порівняльності результатів у розміщенні свердловин на суші проведена по горизонту Vb_2 Яблунівської площі (рис. 3).

Як видно, місця розташування свердловин 5 і 9, розміщених в оптимальних умовах, збіглися з траєкторіями центрів об'ємів, а свердловина 13, імовірно, могла бути зміщена до ізогіпси -3550 м. Прогнозні властивості алгоритму перевіряли шляхом незалежного оброблення структурних побудов минулих років і структурних побудов по тих самих об'єктах, виконаних у наступні роки по Коржевській, Волошківській та інших площах.

Висновки

Випробування викладеного алгоритму CENTR довело, що обґрунтоване запропонованим способом за матеріалами попередніх сейсмічних побудов місцеположення пошукових свердловин у ряді випадків істотно не відрізнялось від їх місцеположення, визначеного на основі матеріалів, одержаних після проведення додаткових геологічних досліджень.

На сьогодні методичне та алгоритмічне забезпечення пошукових робіт на нафту і газ в азово-чорноморських акваторіях прийняте для використання в проектах пошуково-розвідального буріння на акваторіях Чорного та Азовського морів, тож автори сподіваються на отримання позитивних результатів.

Література

- 1 Аронов В.И. Оптимизация размещения скважин при разведке залежей нефти и газа на основе использования ЭВМ / В.И.Аронов, В.А.Аракелян. – М.: ВИЭМС, 1982. – 51с.
- 2 Волков А.М. Оптимизация размещения разведочных скважин с помощью ЭВМ / А.М. Волков, А.М.Никашкин, В.М. Яковлев // Геология нефти и газа. – 1978. – № 11. – С. 31–38.
- 3 Волков В.А. Моделирование геологических поверхностей в связи с задачами размещения скважин и установления достаточности разведки нефтяных месторождений / В.А. Волков // Математические методы исследований в геологии. – М.: ВИЭМС, 1977. – 71 с.
- 4 Савинский И.Д. Применение математических методов и ЭВМ при выборе разведочных сетей и построение планов в изолиниях / И.Д.Савинский. – М.: Недра, 1974. – 131 с.
- 5 Габриэлянц Г.А. Геология, поиски и разведка нефтяных и газовых месторождений: учеб. для техникумов. – М.: Недра, 2000. – 587 с.
- 6 Методические указания по поискам и разведке мелких месторождений нефти (до 1 млн тонн) и газа (до 3 млрд м³). – М.: Миннефтепром СССР. 1988. – 56 с.
- 7 Волков В.А. Адаптивная оптимизация разведочного процесса / В.А. Волков. – Тюмень: ЗапСибНИГРИ, 1974. – Вып. 24. – С. 67–70.
- 8 Височанський І.В. Моделювання умов утворення стратиграфічних надрозмивних, міжрозмивних і підрозмивно-надрозмивних пасток

// Тр. 5-й міжнар. конф. "Нафта і газ України-98". – Полтава, 1998. – С. 146–147.

9 Кабышев Б.П. Прогноз нефтегазоносности локальных структур ДДВ в отложениях нижнего карбона алгоритмическими методами / Кабышев Б.П., Шевченко А.Ф., Чупрынин Д.И., Ивашкин А.Г. // Геол. журн. – 1980. – № 3. – С.12–17.

10 Микуцкий С.П. Методика локального прогноза нефтеносности // Тр. Междунар. науч.-практ. конф. ПО "Белоруснефть" «Стратегия развития нефтедобывающей промышленности Республики Беларусь на 2000–2015 годы». – Гомель; 1999. – С. 115–122.

11 Курант Р. Курс дифференциального и интегрального исчисления / Р. Курант. – М.: Наука, 1967. – Т.2. – 671 с.

12 Жарий Я.В. Особенности машинного определения положения центра тяжести однородного тела сложной формы / Я.В. Жарий, А.А. Бардин // Прикладная геометрия и инженерная графика. – Киев: Будивельник, 1989. – Вып.47. – С. 114–116.

13 Hardy R.L. Multiquadric equations of topography and other irregular surfaces // J. Geoph. Res., V.76, 1971.

14 Жарий Я.В. Оптимизация параметров интерполянты на основе принципа самоорганизации моделей / Я.В. Жарий // Прикладная геометрия и инженерная графика. – Киев: Будивельник, 1988. – вып.46. – С. 110–112.

15 Бардин А.А. Алгоритм обоснования точки заложения поисковой скважины на основе вычисления центра объема прогнозируемой залежи / А.А. Бардин, Я.В. Жарий // Человеческо-машинная технология решения прогнозных задач в нефтяной геологии. – Л.: ВНИГРИ, 1988. – С. 123–131.

*Стаття надійшла до редакційної колегії
22.01.13*

*Рекомендована до друку
професором **Масевським Б.И.**
(ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ)
канд. геол. наук **Седлеровою О.В.**
(ЦАКДЗ ІГН НАН України, м. Львів)*