

УДК 330.15 : 622

Жишко М.І., Лобасов О.П.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТОЧНОСТІ ГЕОЛОГІЧНОЇ МОДЕЛІ НАФТОГАЗОВОГО РОДОВИЩА НА ЙОГО ГЕОЛОГО-ЕКОНОМІЧНУ ОЦІНКУ ЗА ДОПОМОГОЮ ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

Розроблено методологічні підходи до дослідження впливу точності геологічної моделі нафтогазового родовища на оцінку величини запасів на різних стадіях його вивчення. Розроблено сучасні засоби комп'ютерного моделювання будови геологічних об'єктів за допомогою економічних показників, таких як розмір щорічного прибутку від експлуатації родовища, термін окупності, економічні ризики, пов'язані з недостатньою або надлишковою розвідкою родовища.

Ключові слова: економічна оцінка, геологічна модель нафтогазового родовища, економічний ризик, геолого-економічний аналіз, Geomapping, морфологія покладів, запаси.

Methodological approaches to investigation of influence of the accuracy of the geological model of oil and gas deposits on the assessment of the amount of reserves at various stages of study are developed. Modern tools of computer modeling of geological structure of objects using economic indicators such as the amount of annual profits from the operation of deposit, payback period and the economic risks associated with insufficient or excessive exploration are developed.

Keywords: economic assessment, geological model of oil and gas deposits, economic risk, geological and economic analysis, Geomapping, morphology of deposits, reserves.

На даний час в Україні постає безліч проблем пов'язаних з недооцінкою ризиків у нафтогазовій геології, що призводить до недооцінки родовища або його переоцінки. Тому дуже важливим є дослідження впливу точності геологічної моделі родовища на його геолого-економічну оцінку та оцінку економічних ризиків, пов'язаних з розробкою нафтогазового родовища, оскільки сьогодні у світовій геології ризики пов'язують з процесом підрахунку запасів.

Геолого-економічною оцінкою родовищ корисних копалин займалися такі вчені, як Г.І.Рудько, В.І.Ловинуков, М.М.Курило, С.В.Радованов та інші. Науковці зробили великий внесок у розвиток даного питання: було розроблено наукові засади та методичні підходи до економічної оцінки ризиків, пов'язаних з розробкою родовищ. Проте, усі отримані результати ґрунтуються на застарілих методах моделювання. Тоді, як у теперішній час, більш точні дані можна отримати за допомогою сучасних технологій комп'ютерного моделювання. Питання застосування нових методик, які б були простішими у використанні, але давали більш об'єктивний результат, потребує подальшого дослідження.

Дана робота є ретроспективним дослідженням впливу точності геологічної моделі нафтогазового родовища на різних стадіях його вивчення на оцінку величини запасів та похідних від неї геолого-економічних показників. Розроблена методика ґрунтується на побудові і аналізі цифрових моделей геологічних об'єктів та дозволяє розв'язувати такі проблеми геолого-економічного аналізу, як оцінка оптимальної кількості розвідувальних свердловин, визначення моменту завершення розвідки родовища, оцінки основних економічних показників таких, як розмір щорічного прибутку від експлуатації родовища, термін окупності, економічні ризики, пов'язані з недостатньою або надлишковою розвідкою. Сучасні комп'ютерні засоби моделювання будови геологічних об'єктів дозволяють отримати адекватну кількісну оцінку параметрів об'єкту на різних інформаційних рівнях його вивчення.

Таким чином, дана стаття присвячується вирішенню питань, пов'язаних з адаптацією сучасних ГІС-технологій на різних етапах дослідження родовищ під економічні цілі; врахуванням геологічних та економічних ризиків на початкових етапах процесу розвідки родовища.

Основною метою статті є побудова моделі нафтогазового родовища за наявності мінімальних даних та дослідження впливу точності геологічної моделі нафтогазового родовища на його геолого-економічну оцінку за допомогою економічних показників. Виходячи з цього, були поставлені завдання:

- побудова цифрових погоризонтних геологічних моделей Юліївського нафтогазоконденсатного родовища на різних етапах процесу його розвідки;
- дослідження впливу точності геологічної моделі об'єкту від кількості задіяної інформації;
- формування методики розрахунку економічної ефективності розробки родовища, терміну окупності та економічних ризиків, пов'язаних з переходом до розробки родовища на різних етапах його вивчення.

Методика дослідження ґрунтується на цифровому моделюванні геологічної будови об'єкту на різних стадіях його вивчення та кількісному аналізі впливу точності побудов на оцінку величини запасів, відносної похибки такої оцінки, економічних ризиків пов'язаних з похибкою в оцінці запасів.

Моделювання виконується на різних стадіях вивчення об'єкту бурінням в середовищі Geomapping [2–4], яке надає можливість будувати цифрові моделі структурних і не структурних параметрів на базі різномірної вихідної інформації з урахуванням тектонічних порушень, соляних штоків та апріорної інформації у вигляді сейсмічних відбиваючих горизонтів (сейсмічних структурних реперів).

Для побудови моделей не структурних параметрів (повної і відкритої пористості, насиченості та ін.) природні фізичні аналоги, на жаль, відсутні. Пористість колекторів, що спостерігається, є результат взаємодії багатьох факторів, що робить її в загальному випадку величиною випадковою з розподілом, близьким до нормального. Ще в більшій мірі це відноситься до відкритої пористості, з якою пов'язані видобувні запаси. Таким чином, за оцінку пористості вибирається її середнє значення для родовища, а межі можливих відхилень від нього, залежні від кількості свердловин та дисперсії пористості, розраховуються виходячи з припущення про нормальний розподіл її значень. В наших дослідженнях пористість і насиченість вважаються сталими. В цьому випадку зміна уявлення про величину запасів в процесі розвідки залежить тільки від морфології покладів

Моделі морфології покладів будуються по одній, двох і т.д. свердловинах в хронологічному порядку завершення їх бурінням і на кожному визначеному таким чином кроці розвідки розраховується величина запасів за об'ємною формулою:

$$Q = [Покрівля - Max(Підосва, Контакт)] \times пористість \times насиченість \times C \quad (1)$$

де C – константа для даного покладу, яка містить перерахункові коефіцієнти для газу та нафти на температуру та тиск.

В прийнятому нами спрощенні пористість і насиченість є сталими і входять в константу:

$$Q = [Покрівля - Max(Підосва, Контакт)] \times C \quad (2)$$

Далі для кожного покладу будується графік залежності Q_i / Q_1 від кількості свердловин (індекс i – суть кількість свердловин, за даними яких побудована модель і підраховані запаси). Інтуїтивно, із збільшенням кількості свердловин лінія графіку має виходити на горизонтальну асимптоту (стала величина Q_i / Q_1), для якої Q_i – істинна величина запасів родовища і вже не залежить від подальшого процесу розвідки. Таким чином це є критерієм закінчення розвідки, а відповідне значення на осі абсцис – оптимальною кількістю свердловин.

Від залежності $\frac{Q_i}{Q_1} = f(i)$ можна перейти до залежності $\frac{Q_i}{Q} = F(i)$,

де Q – істинна величина запасів, i – кількість свердловин.

Дійсно, Q/Q_1 дорівнює значенню асимптоти R , яке знімається з графіка $Q_i/Q_1 - i$. Тоді $Q/Q_1: Q/Q_1 = Q_i/Q = R_i/R$.

Горизонтальною асимптотою в новій системі координат буде лінія $y = 1$. Проведемо огинаючі лінії через максимальні відхилення емпіричного графіку від лінії $y=1$. Аналітично верхня з огинаючих описується функцією:

$$K_i = \frac{Q_i}{Q} = be^{-ai}, \quad (3)$$

де K_i береться по абсолютній величині

Параметри a, b визначаються методом найменших квадратів за формулами:

$$a = \frac{\sum i \times \ln(K_i) - \sum (i) \times \sum \ln(K_i) / N}{\sum i \times i - \sum i \times \sum i / N} \quad (4)$$

$$\ln b = (\sum \ln(K_i) + a \times \sum i) / N \quad (5)$$

Для нижньої огинаючої функція береться з мінусом:

$$K_i = \frac{Q_i}{Q} = -be^{-a} \quad (6)$$

Величина K_i визначає відносну похибку s підрахунку запасів:

$$s = \frac{Q_i}{Q} - 1 = K_i - 1 \quad (7)$$

Величина запасів є основним параметром формули для розрахунку економічної ефективності розробки родовища, визначення терміну окупності витрат а також ризиків, пов'язаних з розробкою. Річний прибуток Pr в процесі експлуатації можна відобразити формулою:

$$Pr = q * (p - c) \quad (8)$$

де q – річний видобуток, p – риночка вартість умовної одиниці продукції (1000 м³ газу або 1 т нафти) c – річна собівартість. Якщо умовно прийняти норму прибутку нафтогазових компаній – 10 %, то, знаючи риночку вартість 1000 м³ газу ~ \$400, отримаємо $p - c \sim \$40$. q залежить від величини запасів і для середнього родовища (запаси 10 млрд. м³ газу або 10 млн. т нафти) може становити 500 млн. м³ газу або 500 тис т нафти. Прийнявши ці значення річний прибуток становить $500000 * \$40 = \$20,000,000$.

Термін окупності T (в роках) визначається за формулою:

$$T = \frac{V_r}{Pr}, \quad Pr * T = V_r, \quad (9)$$

V_r – витрати на розвідку.

Враховуючи, що одна свердловина коштує 1 млн. дол. / км типова свердловина для ДДЗ має коштувати 4 млн. дол. (глибина залягання продуктивних горизонтів нижнього карбону – 4 км). Отже, в межах прийнятих нами припущень термін окупності у випадку, коли на розвідку

витрачено 10 свердловин, складе 2 роки. При цьому, якщо видобувні запаси складають 50 % від визначених нами геологічних запасів в 10 одиниць умовного палива, термін розробки родовища складає 10 років.

Основним питанням економіки нафтогазової геології є питання про оптимальне співвідношення між ризиком, пов'язаним з невірною оцінкою величини запасів, та достатністю розвідки [1, 7, 9]. Засобом розв'язання цього рівняння може служити функція (1). Ризик переходу до розробки на кожній стадії розвідки родовища (після кожної пробуреної розвідувальної свердловини) визначається відхиленням кривої запасів від горизонтальної асимптоти $Q_i/Q = 1$ на графіку залежності Q_i/Q від кількості свердловин (i) на кожному етапі розвідки. Крива над горизонтальною асимптотою дає величину ризику переоцінки очікуваного прибутку від повної розробки $\frac{Q}{1+be^{-ai}} - r \cdot i$ (а, отже, ризику переоцінки очікуваного прибутку від повної розробки родовища (а, отже, ризику недооцінки очікуваного прибутку від повної розробки родовища і пов'язаного з нею можливої відмови від розробки). Користуючись графіком і виразом функції (1) на кожній стадії розвідки ми знаємо, наскільки далеко від істинної величини запасів знаходиться наша оцінка i , отже, можемо приймати рішення про припинення або продовження процесу розвідки. Для одиничного родовища ми можемо це робити після буріння кількох розвідувальних свердловин. Якщо ми, після вивчення кількох десятків родовищ даного нафтогазопромислового району матимемо статистично обгрунтовані узагальнення, то цю інформацію можна використовувати як апіорну і робити відповідні висновки вже після перших пробурених свердловин.

Для кількісної оцінки ризику запишемо вираз для прибутку за весь період розробки:

$$\Pi = Q \cdot k \cdot (p - c) - Vr = Q \cdot k \cdot (p - c) - r \cdot i \quad (10)$$

де r – вартість однієї розвідувальної свердловини

Використовуючи формулу (1) запишемо для i -го етапу розвідки (i – кількість свердловин):

$$\frac{Q}{1+be^{-ai}} < Qx < Q \cdot (1+be^{-ai}) \quad (11)$$

$$\frac{Q}{1+be^{-ai}} < Qx < Q \cdot (1+be^{-ai}) \quad (12)$$

В лівій частині – пессимістичний сценарій, в правій – оптимістичний.

Нерівно $\frac{Q}{1+be^{-ai}} - r \cdot i < \Pi < Q \cdot (1+be^{-ai}) - r \cdot i$ при прийнятті рішення про подальшу розвідку. Оптимальне співвідношення між економічною доцільністю і ризиком можна

встановити з умови $\max \left\{ \frac{Q}{1+be^{-ai}} - r \cdot i \right\}$. Максимум береться по i . Задачу можна розв'язати підбором, надаючи i значення від 1 до N .

Об'єктом дослідження було багатопластове Юліївське нафтогазоконденсатне родовище [5, 6, 8]. В результаті побудовані сейсмічні структурні аналоги і з їх використанням – серію моделей покрівлі, підшви та потужності для кожного продуктивного горизонту по першій, другій і т.д. свердловинах. Нижче наведені покрокові результати проведених розрахунків.

Результати розрахунків за наведеною вище методикою показані (як приклад) для продуктивного горизонту В-19 в таблиці 1 та на рис. 1.

Таким чином, з проведених досліджень можна зробити наступні висновки. Розроблена методика оцінки впливу точності моделі нафтогазового родовища на геолого-економічні показники дозволяє успішно вирішувати такі задачі економічної геології, як оцінка істинної величини запасів вже на початкових стадіях розвідки родовища, розрахунок оптимальної з точки зору економіки кількості свердловин, визначення оптимального з точки зору

інформативності моменту завершення розвідки, оцінка економічних ризиків, пов'язаних як з низьким рівнем розвіданості родовища, так і з надлишковою інформацією про нього.

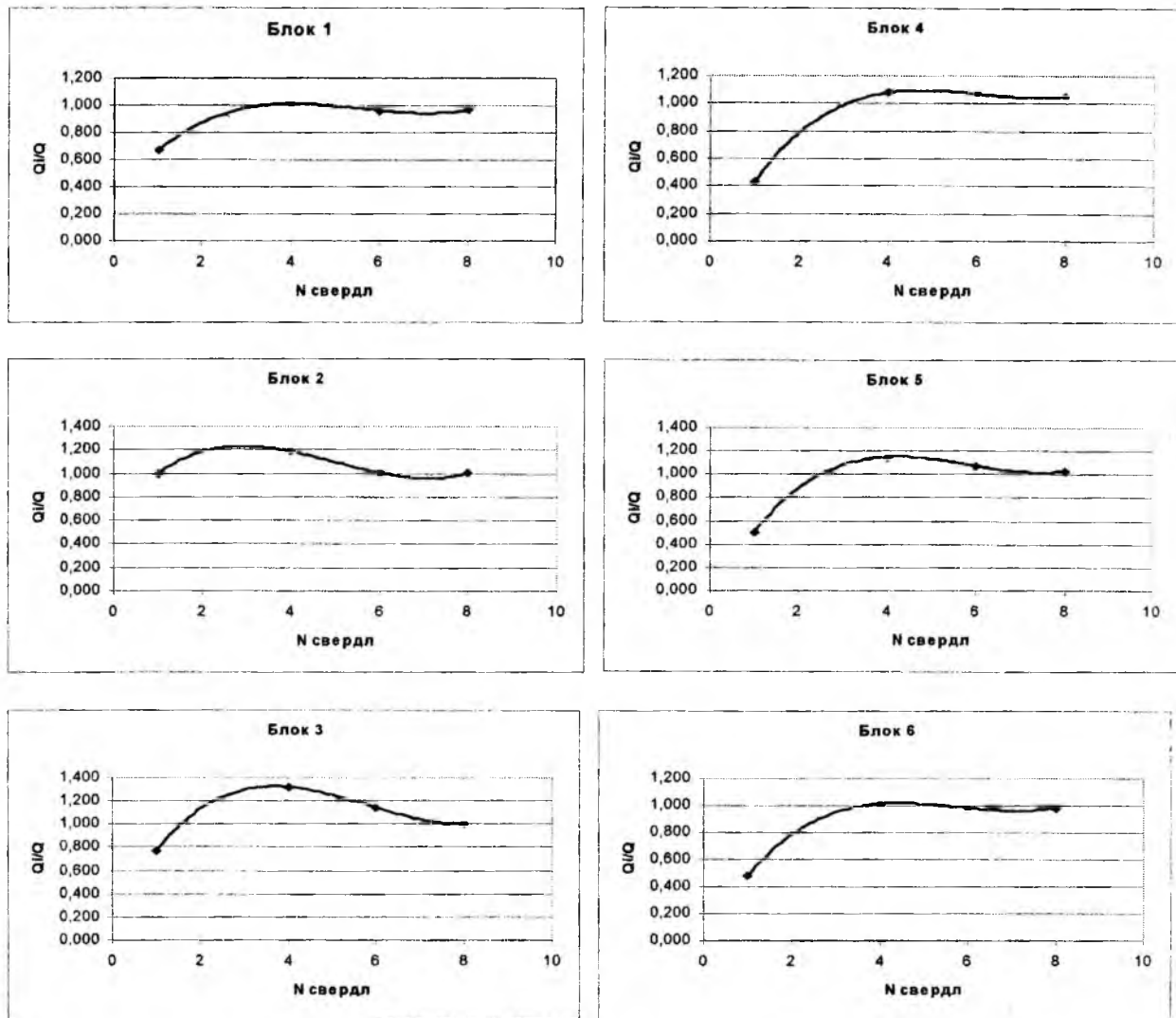


Рис. 1. Графіки залежності відношення розрахованої величини запасів до оцінки їх істинної величини від кількості розвідувальних свердловин.
Горизонт В-19

Таким чином, з проведених досліджень можна зробити наступні висновки. Розроблена методика оцінки впливу точності моделі нафтогазового родовища на геолого-економічні показники дозволяє успішно вирішувати такі задачі економічної геології, як оцінка істинної величини запасів вже на початкових стадіях розвідки родовища, розрахунок оптимальної з точки зору економіки кількості свердловин, визначення оптимального з точки зору інформативності моменту завершення розвідки, оцінка економічних ризиків, пов'язаних як з низьким рівнем розвіданості родовища, так і з надлишковою інформацією про нього.

Отримані результати залежать від складності геологічної будови території (регіону, нафтогазопромислового району), якості сейсмічної інтерпретації, методики розвідки, досвіду геологів і, отже, можуть використовуватися за принципом аналогії в межах цієї території. Подібні дослідження мають бути проведені на інших родовищах території для отримання статистично-обґрунтованих висновків.

Даний напрямок на думку авторів має майбутнє, оскільки у країнах світу уже давно враховують вплив ризиків на подальшу розробку родовищ. Якщо, після вивчення кількох десятків родовищ даного нафтогазопромислового району будуть здійснені статистично обґрунтовані узагальнення, то цю інформацію можна використовувати як апіорну і робити відповідні висновки вже після перших пробурених свердловин. В будь-якому разі для одного родовища (в рамках одного дослідження) ми можемо робити такі висновки вже після буріння кількох перших розвідувальних свердловин.

Таблиця 1

Відношення величини запасів, розрахованих по одній, чотирьох, шести, восьми свердловинах до величини запасів, розрахованих по першій свердловині та оцінки істинної величини запасів

Block	Q1	Q4_Q1	Q6_Q1	Q8_Q1	Qi/Q			
1	1	1,516	1,445	1,450	0,667	1,011	0,963	0,967
2	1	1,188	1,007	1,004	1,000	1,188	1,007	1,004
3	1	1,718	1,486	1,297	0,769	1,322	1,143	0,998
4	1	2,481	2,460	2,421	0,435	1,079	1,070	1,053
5	1	2,298	2,151	2,056	0,500	1,149	1,076	1,028
6	1	2,128	2,064	2,068	0,476	1,013	0,983	0,985
	1	4	6	8	1	4	6	8

Література:

1. Ампилов Ю.П. Экономическая геология : учебное пособие / Ю.П.Ампилов, А.А. Герт. – М.: Геоинформмарк, 2006. – 329 с.
2. Волков В.А. Система обработки данных для решения задач разведки нефтяных и газовых месторождений “Горизонт-83” / В.А.Волков, С.Е.Гребенников, С.А.Иванов, В.В.Кац, А.А.Лаптев, А.П.Лобасов, В.И.Мироненко // Разработка и создание АСУ-Геология. – М.: ВИЭМС, 1983. – Вып. 9 (49) – 63 с.
3. Гребенников С.С. Концепція геолого-математичного моделювання в середовищі ГІС / С.С.Гребенников, О.П.Лобасов, М.Н.Жуков // Вісник Київського національного університету. Геологія. – 2000. – Вип. 17. – С. 68–69.
4. Гребенников С.С. Моделювання будови осадових басейнів в середовищі ArcView / С.С.Гребенников, О.П.Лобасов // Мінеральні ресурси України. – 2003. – № 4. – С. 25–31.
5. Отчет о региональных работах МОГТ и КМПВ на Ахтырско-Юльевской площади, выполненных с/п 1-2 88 в 1988-1992 гг. – 150 с.
6. Підрахунок запасів вуглеводнів Юліївського родовища Харківської області : звіт. – 2005. – 95 с.
7. Попадюк І.В. Теоретичні основи оцінювання геологічних ризиків у нафтогазовій справі за світовими стандартами / І.В. Попадюк // Нафтова і газова промисловість. – 2003. – № 4. – С. 9-15
8. Стратиграфическое расчленение палеозойских отложений Горобцовской, Лычковской, Загорянской, Гутской, Юльевской и Максальской площадей : отчет. – 1992. – 117 с.
9. Rose Peter R. Risk Analysis and Management of Petroleum Exploration Ventures / Peter R. Rose – Tulsa: American Association of Petroleum Geologist (Oklahoma, USA). – 2001. – 164 p.

Рекомендовано до публікації
д.е.н., проф. Лятенком А.І. 14.05.12

Надійшла до редакції
15.03.12