

ГЕОЛОГІЯ, РОЗВІДКА ТА ПРОМИСЛОВА ГЕОФІЗИКА НАФТОВИХ І ГАЗОВИХ РОДОВИЩ

УДК 622.244

ОДИН ІЗ СПОСОБІВ ПОПЕРЕДНЬОГО ОЦІНЮВАННЯ ВЕЛИЧИНИ ПОЧАТКОВИХ ЗАПАСІВ ГАЗУ

М.М. Пої

*Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка;
просп. Першотравневий, 24, м. Полтава; e-mail: o n g p 1 @ u k r . n e t*

За результатами аналізу можливості проведення підрахунків запасів газу в вітчизняній та світовій промисловій практиці виявлена потреба у більш простому і доступному способі розрахунку, який би дозволяв визначати потенціальні видобувні можливості газових об'єктів безпосередньо при дослідженні свердловин.

З метою спрощення та підвищення оперативності розрахунку запасів газу автором розроблено спосіб попереднього оцінювання величини початкових запасів газу, який забезпечує:

- спрощення методики підрахунку за рахунок зменшення об'єму вихідних даних;*
- зменшення об'єму геофізичних досліджень (достатньо лише одного режиму дослідження, який поєднує роботу свердловини в цьому режимі та закриття свердловини для зняття кривої відновлення тиску, КВД);*

- оперативність розрахунку завдяки застосуванню програмного продукту.

Запропонований спосіб розрахунку може застосовуватись у промислових умовах.

Ключові слова: методика, газові свердловини, відбір газу, дослідження, режими.

По результатам анализа возможности проведения подсчетов запасов газа в отечественной и мировой промышленной практике обнаружена потребность в более простом и доступном способе подсчета, который бы позволял определить потенциальные продуктивные возможности газовых объектов непосредственно при исследовании скважин.

С целью упрощения и повышения оперативности подсчета запасов газа автором разработан такой способ предварительной оценки величины начальных запасов газа, который обеспечивает:

- упрощение методики подсчета за счет уменьшения объема исходных данных;*
- уменьшение объема геофизических исследований (достаточно всего одного режима исследования, который состоит из работы скважины в данном режиме и закрытия скважины для снятия кривой восстановления давления, КВД);*

- оперативность подсчета благодаря использованию программного продукта.

Предложенный способ расчета может быть использован в промышленных условиях.

Ключевые слова: методика, газовые скважины, отбор газа, исследование, режимы.

Based on calculation methods of the initial gas reserves in the domestic and world commercial practice, the need for simpler and more accessible calculation technique was identified. It shall allow determining potential productive possibilities of gas facilities in the process of well survey.

To simplify and reduce time for calculation of gas reserves, the author developed the preliminary assessment method of the initial gas reserves ensuring:

- simplification of calculation method by reduction of input data volume;*
- reduction of considerable volume of geophysical studies (it is sufficient to perform one mode of study consisting of operation and shutting-in of well to develop pressure build-up curve);*
- fast calculation using software product.*

The proposed calculation model can be used commercially.

Key words: methodology, gas well, gas extraction, study, modes.

Вступ

В промисловій практиці існують різні способи підрахунку запасів газової продукції [1]. До них належать, наприклад, спосіб підрахунку об'ємним методом або спосіб підрахунку за падінням тиску у продуктивному пласті [1, 2]. При використанні цих методів використовують вихідні дані, точність яких є не завжди достатньою. З іншого боку, дані способи мають обмежену область застосування, наприклад, їх неможливо застосувати у випадку водонапірного режиму або за необхідності проведення декількох етапів досліджень послідовно.

Аналіз сучасних досліджень

Задачі підрахунку запасів газової продукції та отримання необхідних для її реалізації вихідних даних висвітлювалися у роботах Е.Б. Чекалюка, І. А. Чарного, Ю. П. Коротчаєва, А.П. Канюги, Е.М.Мінського, В.Н. Щелкачова та ін. Але, не зважаючи на значні досягнення, широке використання існуючих технічних засобів для отримання достовірних результатів неможливе через деякі недоліки існуючих методик і технологічні обмеження. Насамперед, – це проблема коректного визначення фільтраційних властивостей колекторів і розрахунку дебіту в умовах невизначеності геолого-технічної інформації.

Виділення невіршених раніше частин загальної проблеми

Невіршеними раніше частинами проблеми підрахунку запасів газу слід вважати необхідність проведення цілого комплексу геофізичних досліджень; потреба у додаткових даних, таких як газовіддача, визначення якої є непростим завданням; обмеженість області застосування способів підрахунку. Це, в свою чергу, означає громіздкість алгоритму підрахунків запасів газу. Тому слід спростити отримання вихідних даних, зменшити їх обсяг та підвищити їх доступність в технологічному плані. Наслідком слід очікувати спрощення алгоритму розрахунку при мінімумі вихідних даних.

Формулювання цілей статті

Пропонується спосіб попередньої оцінки величини початкових запасів газу, який забезпечує: спрощення методики підрахунку за рахунок зменшення об'єму вихідних даних; зменшення об'єму геофізичних досліджень (достатньо лише одного режиму дослідження, який поєднує роботу свердловини на режимі та закриття свердловини для зняття КВТ). Якщо до цих переваг додати ще можливість застосування програмного продукту, який може бути додатком до методики підрахунку, то можна констатувати оптимізацію вирішення задачі підрахунку запасів газу в повному спектрі.

Висвітлення основного матеріалу дослідження

В першому способі, що застосовується при підрахунку запасів газу, на свердловині виконується цілий комплекс послідовних робіт: детальна кореляція розрізів свердловин з метою виділення в розрізі літолого-стратиграфічного комплексу нафтогазоносних пропластків і непроникних перетинів між ними; виділення пластів-колекторів і визначення параметрів пласта та насичуючих його флюїдів за пластовими перетинами і свердловинами; побудова статичної моделі і підрахунок запасів у відповідності до вивченості покладу.

Підрахунок проводиться за формулою:

$$V = Fmhf (P\alpha - P_{\kappa}\alpha_{\kappa})\beta_{\rho}\eta_{\rho},$$

де V - промислові запаси газу на дату розрахунку, m^3 ;

F - площа в межах продуктивного контуру газонасиченості, m^2 ;

h - потужність пористої частини газонасного об'єкта, m ;

m - коефіцієнт пористості газонасного об'єкта, безрозмірний;

P - середній абсолютний тиск в покладі на дату розрахунку, Pa ;

P_{κ} - кінцевий тиск в покладі після вилучення з покладу промислових запасів газу і встановлення на усті свердловини абсолютного тиску, рівного $0,1MPa$, $P_{\kappa} = P_{атм} \cdot e^{1293 \cdot 10^{-9} H \rho_{\rho}}$;

α, α_{κ} - поправки на відхилення вуглеводневих газів від закону Бойля-Маріотта відповідно для тисків P та P_{κ} ;

f - поправка на температуру для приведення об'єму газу до стандартної температури,

$$f = \frac{T + t_{cm}}{T + t_{nl}}, t_{cm} = 20^{\circ}C, T = 273^{\circ}C;$$

β_{ρ} - коефіцієнт газонасиченості з урахуванням вмісту зв'язаної води;

η_{ρ} - коефіцієнт газовіддачі.

Цей спосіб має такі недоліки.

Потребує значного об'єму підготовчих послідовних робіт, що вказані вище, за допомогою яких визначають показники, що є складовою розрахункової формули (площа газонасного контуру, ефективна потужність пористої частини пласта, коефіцієнт пористості);

Необхідність визначення коефіцієнта газовіддачі η_{ρ} , який може змінюватись в межах від 0,66 % до 50 % і залежить від особливостей геологічної будови покладу газу, оскільки даних з цього питання недостатньо.

Другий спосіб підрахунку газової продукції за методом падіння тиску базується на використанні залежностей між кількістю газу, який відбирається через певні проміжки часу, і падінням пластового тиску в газовому родовищі [1].

Цей спосіб застосовують для пластів, в яких початковий об'єм заповнених газом пор не змінюється в процесі експлуатації. При цьому промислові запаси газу розраховуються за формулою:

$$V = \frac{(Q_2 - Q_1)(P_2\alpha_2 - P_1\alpha_1)}{P_1\alpha_1 - P_2\alpha_2},$$

де вихідними даними є:

P_1 - тиск газу в покладі на першу дату з початку розробки покладу;

P_2 - тиск газу в покладі на другу дату з початку розробки покладу;

Q_1 - об'єм добутого газу на першу дату з початку розробки покладу;

Q_2 - об'єм добутого газу на другу дату з початку розробки покладу;

α_1 - поправка на відхилення від законів ідеальних газів для тиску P_1 ;

α_2 - поправка на відхилення від законів ідеальних газів для тиску P_2 ;

P_k, α_k - кінцевий тиск та поправка до нього для відхилення від законів для ідеальних газів.

Недоліками цього способу є:

- неможливість застосування його у випадку водонапірного режиму;

- необхідність проведення двох досліджень з певним інтервалом.

Отже, обидва описані способи підрахунку запасів газу мають певні недоліки. Тому автором було вирішено розробити такий спосіб попередньої оцінки величини початкових запасів газу, який би забезпечив:

- спрощення методики підрахунку за рахунок зменшення об'єму вихідних даних;

- зменшення значного об'єму геофізичних досліджень (достатньо лише одного режиму дослідження, який поєднує режим роботи свердловини в режимі та закриття свердловини для зняття КВТ).

Сформульована задача вирішується наступним чином:

спочатку вимірюють:

- сумарний відбір газу за період збудження припливу газу, продувань і дослідження свердловини в атмосферних умовах, $\Delta V_{am}, m^3$;

- початкову величину пластового тиску та величину пластового тиску після дослідження, відповідно P_{nl}, P_{n1}, Pa ;

- термодинамічну температуру до дослідження і після завершення дослідження, T_{nl}, T_{n1}, K ;

визначають коефіцієнти стисливості газу в пластових умовах до дослідження і після завершення дослідження z_{nl}, z_{n1} , безрозмірний;

відтак за вказаними вихідними даними проводять попередню оцінку величини початкових запасів газу за формулою [3]

$$V_{am} = \Delta V_{am} \frac{P_{nl} z_{n1} T_{n1}}{P_{nl} z_{n1} T_{n1} - P_{n1} z_{nl} T_{nl}}. \quad (1)$$

Справедливість розрахункової формули підтверджує такий хід міркувань.

Виходячи з рівняння Клапейрона-Менделєєва, можемо записати наступні рівняння:

$$P_{nl} v = z_{nl} RT_{nl}, \quad (2)$$

$$P_{nl} v m = m z_{nl} RT_{nl}, \quad (3)$$

$$P_{nl} V_{nl} = m z_{nl} RT_{nl}, \quad (4)$$

де V_{nl} - фізичний об'єм порового простору, m^3 .

Звідси:

$$m = \frac{P_{nl} V_{nl}}{z_{nl} RT_{nl}}, \quad (5)$$

$$P_{n1} V_{nl} = (m - \Delta m) z_{n1} RT_{n1}, \quad (6)$$

$$P_{nl} \Delta V_{nl} = \Delta m z_{nl} RT_{nl}. \quad (7)$$

Звідси:

$$\Delta V_{nl} = \frac{\Delta m z_{nl} RT_{nl}}{P_{nl}}. \quad (8)$$

Підставляємо m із (5) в (6), отримаємо

$$P_{n1} V_{nl} = \left(\frac{P_{nl} V_{nl}}{z_{nl} RT_{nl}} - \Delta m \right) z_{n1} RT_{n1}. \quad (9)$$

Вирішуючи відносно V_{nl} , отримуємо:

$$V_{nl} = \frac{\Delta m z_{nl} T_{n1} z_{n1} RT_{n1}}{(P_{nl} z_{n1} T_{n1} - P_{n1} z_{nl} T_{nl})}. \quad (10)$$

Враховуючи, що $\frac{P_{nl}}{\rho_{nl}} = z_{nl} RT_{nl}$, отримаємо:

мо:

$$V_{nl} = \frac{\Delta m P_{nl} z_{n1} T_{n1}}{\rho_{nl} (P_{nl} z_{n1} T_{n1} - P_{n1} z_{nl} T_{nl})}. \quad (11)$$

Ураховуючи, що $V_{am} = V_{nl} \frac{P_{nl} z_{am} T_{cm}}{P_{am} z_{nl} T_{nl}}$, (11)

набуває вигляду:

$$V_{am} = \frac{\Delta m P_{nl}^2 z_{n1} T_{n1} z_{am} T_{cm}}{P_{am} \rho_{nl} z_{nl} T_{nl} (P_{nl} z_{n1} T_{n1} - P_{n1} z_{nl} T_{nl})}. \quad (12)$$

Якщо в формулі (12) замінити Δm на $\Delta V_{am} \rho_{am}$ і помножити на $\frac{R}{R}$, а потім дещо скоротити, то отримаємо остаточну розрахункову формулу:

$$V_{am} = \Delta V_{am} \frac{P_{nl} z_{n1} T_{n1}}{P_{nl} z_{n1} T_{n1} - P_{n1} z_{nl} T_{nl}}. \quad (13)$$

Спосіб попередньої оцінки величини початкових запасів газу підтверджується прикладом його практичного застосування.

Наведемо приклад застосування способу попереднього підрахунку початкових запасів газу.

Література

Під час дослідження свердловини на режимі, що включає роботу свердловини з досягненням дебіту і тиску та наступне закриття свердловини для зняття кривої відновлення тиску з досягненням його відновлення, вимірний сумарний відбір газу за весь період збудження припливу газу, продувань і дослідження свердловини (в атмосферних умовах) становить $\Delta V_{am} = 300000 \text{ м}^3$; початкова величина пластового тиску, виміряна глибинним манометром, - $P_{nl} = 100 \cdot 10^6 \text{ Па}$; величина пластового тиску після дослідження $P_{nл1} = 98,88 \cdot 10^6 \text{ Па}$; коефіцієнти стисливості газу в пластових умовах, що знаходяться за допомогою графіка залежності величини z від приведених тиску і температури до дослідження і після завершення дослідження $z_{nl} = 1,697$; $z_{nл1} = 1,668$, термодинамічна температура до дослідження і після завершення дослідження, виміряна максимальним термометром, становить відповідно $T_{nl} = 465 \text{ К}$; $T_{nл1} = 467 \text{ К}$.

Застосуємо формулу для розрахунку:

$$V_{am} = \Delta V_{am} \frac{P_{nl} z_{nл1} T_{nл1}}{P_{nl} z_{nл1} T_{nл1} - P_{nл1} z_{nl} T_{nl}} =$$
$$= \frac{300000 \cdot 100 \cdot 10^6 \cdot 1,668 \cdot 467}{100 \cdot 10^6 \cdot 1,668 \cdot 467 - 98,88 \cdot 10^6 \cdot 1,679 \cdot 465} =$$
$$= 33 \text{ млн. } 550 \text{ тис. } 469 \text{ м}^3 .$$

Висновки

Наведена в публікації методика підрахунку запасів газу має теоретичне та практичне значення, містить елементи новизни і захищена патентом України [3].

Завдяки застосуванню запропонованої методики розрахунку стало можливим спрощення і скорочення обсягу обчислень, зменшення кількості вихідних даних і підвищення їх доступності, оскільки для їх отримання непотрібно проводити попередні геофізичні дослідження. Достатньо провести дослідження газового об'єкта лише у єдиному стаціонарному чи не-стаціонарному режимі та зафіксувати всі необхідні для підрахунку показники фізичних величин. Програмний продукт не є складним і потребує інженерних навичок програміста, тому не пропонується в даній публікації. Але він, безумовно, є елементом оптимізації підрахунку запасів газу в досліджуваному газовому об'єкті.

Перспективність запропонованої методики підрахунку запасів газу полягає в тому, що вона може використовуватись у промислових умовах для оперативної попередньої оцінки величини початкових запасів газу.

1 Жданов М.А. Нефтепромысловая геология и подсчет запасов нефти и газа / М.А. Жданов. – М.: Недра, 1981. – С. 420 - 426.

2 Подсчет запасов нефти, газа, конденсата и содержащихся в них компонентов / И.Д. Амелин, В.А. Бадьянов, Б.Ю. Вендельштейн [и др.]; под ред. В.В. Стасенкова, И.С. Гутмана. – М.: Недра, 1989. – 270 с.: ил.

3 Патент України № 110657. Спосіб попередньої оцінки величини початкових запасів газу. Рой М.М. Заявл. 04.03.2016; опубл. 25.10.2016, бюл. №20.

Стаття надійшла до редакційної колегії 10.10.17

Рекомендована до друку професором Федоришиним Д.Д. (ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ) канд. техн. наук Ягодовським С.І. (ПАТ «Укргазвидобування», м. Київ)