

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ ДОРІЗРОБКИ ВИСНАЖЕНИХ ГАЗОВИХ РОДОВИЩ НАГНІТАННЯМ У ПЛАСТ АЗОТУ

Кондрат Р.М., Хайдарова Л.І.

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
Україна, 76019, Івано-Франківськ, Карпатська, 15, reng@nung.edu.ua*

Родовища природних газів України в значній мірі виснажені, окремі з них знаходяться на межі рентабельного видобутку вуглеводнів. Виснажені родовища характеризуються порівняно низькими дебітами свердловин, за яких процес дорозробки родовищ може продовжуватися десятки років і бути передчасно припиненим по економічних причинах за наявності ще значних залишкових запасів газу.

До можливих напрямків інтенсифікації видобутку залишкового природного газу і підвищення кінцевого газовилучення з виснажених газових родовищ відноситься нагнітання у пласт азоту. Для встановлення характеристик процесу витіснення з пористого середовища залишкового природного газу азотом виконано дослідження за допомогою ліцензованої комп'ютерної програми CMG (Computer Modelling Group) на прикладі гіпотетичного газового родовища кругової форми з такими параметрами: радіус контуру газоносності – 3000 м, площа родовища – $28,26 \cdot 10^6$ м², товщина пласта – 12 м, коефіцієнт відкритої пористості – 0,14, коефіцієнт початкової газонасиченості – 0,78, коефіцієнт проникності пласта – 0,2 мкм², середня глибина залягання продуктивного пласта – 3200 м, початковий пластовий тиск – 33 МПа, пластова температура – 340 К, відносна густина газу – 0,6, коефіцієнт стисливості газу за початкових пластових умов – 0,979, початкові запаси газу, підраховані з використанням програми CMG, – 11,713 млрд.м³. Родовище розробляють на виснаження 12 свердловинами, розміщеними у вигляді кругової батареї радіусом 1500 м. Відстань між свердловинами – 785 м. Свердловини експлуатують на режимі постійної депресії на пласт – 0,02 МПа. Початковий дебіт однієї свердловини по газу – 125 тис.м³/доб. Після зниження пластового тиску на певну величину (до 0,5; 0,4; 0,3; 0,2; 0,1 від початкового значення $P_{поч}$) починають запомповувати в пласт азот через 12 нагнітальних свердловин, які розміщені на початковому контурі газоносності з відстанню між ними 1570 м. Тривалість періоду нагнітання азоту в пласт становила 6, 12, 18, 24, 30, 36 місяців. Під час нагнітання азоту в пласт продовжувалась експлуатація видобувних свердловин. Добову витрату азоту вибирали з умови рівності її за поточних пластових умов сумарному дебіту всіх видобувних свердловин по газу, що забезпечує постійне значення пластового тиску впродовж періоду нагнітання азоту в пласт. У дослідженнях для кожного року визначали пластовий тиск, дебіт видобувної свердловини по газу та азоту, вміст азоту у свердловинній продукції і коефіцієнт газовилучення. Для порівняння додатково визначено показники розробки родовища на виснаження без нагнітання азоту в пласт. Розрахунковий період розробки родовища становив 49 років (з 01.01.2016 р. до 01.01.2065 р.).

Згідно з результатами досліджень під час нагнітання азоту в родовище і після припинення його нагнітання пластовий тиск підтримується на вищому рівні, ніж при розробці родовища на виснаження. Такий характер зміни пластового тиску зберігається впродовж всього періоду дорозробки родовища. Пластовий тиск тим більший, чим раніше розпочато нагнітання азоту в родовище і більша тривалість періоду його нагнітання. Підвищення значень пластового тиску сприяє зростанню дебіту газу і тиску на гирлі свердловин. В результаті інтенсифікується процес дорозробки родовища і покращуються умови подачі газу споживачеві.

Під час нагнітання азоту в родовище дебіт газу підтримується постійним, потім поступово зменшується, а після прориву азоту у видобувні свердловини різко знижується і в подальшому стає меншим, ніж при розробці родовища на виснаження.

Чим раніше розпочато нагнітання азоту в родовище тим і більша тривалість періоду його нагнітання, тим швидше (за менший період часу) азот проривається у видобувні свердловини. Для розглянутого прикладу при зміні тиску початку нагнітання азоту в родовище від 0,1 до 0,5 від початкового значення і тривалості періоду його нагнітання в пласт від 6 до 36 місяців прорив азоту у видобувні свердловини відбувається за 3,33 – 5,67 років.

Дебіт азоту і вміст його у свердловинній продукції зростають із збільшенням тиску початку нагнітання азоту і тривалості періоду його нагнітання. Так, на кінець розрахункового періоду

(01.01.2065 р.) за тривалості періоду нагнітання азоту в родовище 18 місяців дебіт азоту і вміст його у видобувному газі становлять відповідно: за тиску початку нагнітання азоту $0,1 P_{\text{поч}}$ - $0,05$ тис.м³/доб і $0,64$ %, за тиску початку нагнітання азоту $0,3 P_{\text{поч}}$ - $1,07$ тис.м³/доб і $14,36$ %. За тиску початку нагнітання азоту в родовище $0,3 P_{\text{поч}}$ 5 % об. вміст азоту у видобувному газі досягається через $8,047$ місяців з початку його нагнітання, а 20 % об. вміст азоту у видобувному газі - через $23,476$ місяців. Необхідну кондиційність товарного газу, що подається споживачам, можна забезпечити ранішим припиненням розробки родовища або вилученням азоту з видобувного газу за допомогою спеціальних установок з можливим повторним нагнітанням його в пласт.

Коефіцієнт газовилучення зростає із збільшенням тиску початку нагнітання азоту в родовище і тривалості періоду його нагнітання. На кінець розрахункового періоду залежно від характеристик процесу нагнітання азоту в родовище коефіцієнт газовилучення змінюється в межах $91,86 - 95,18$ %.

Нагнітання азоту в пласт після зниження пластового тиску до тиску «закидування» розробки родовища може бути економічно не вигідним через низькі дебїти свердловин. Тому виконано оцінку можливих значень тиску початку нагнітання азоту в родовище і тривалості періоду його нагнітання.

За результатами статистичної обробки розрахункових даних отримано оптимальні значення характеристик процесу нагнітання азоту в родовище, вище яких коефіцієнт газовилучення мало змінюється. Оптимальне значення тиску початку нагнітання азоту в родовище за різної тривалості періоду його нагнітання змінюється в межах $0,284 P_{\text{поч}}$ - $0,293 P_{\text{поч}}$ і в середньому становить $0,29 P_{\text{поч}}$. Оптимальне значення тривалості періоду нагнітання азоту в родовище за різного тиску початку його нагнітання змінюється в межах $19,596 - 20,826$ місяців і в середньому становить 20 місяців. За оптимальних характеристик процесу нагнітання азоту в родовище коефіцієнт газовилучення дорівнює $94,02$ %. При розробці газового родовища на виснаження зі зниженням пластового тиску до $0,1 P_{\text{поч}}$ коефіцієнт газовилучення становив би $81,79$ %, а при нагнітанні азоту в пласт за оптимальних параметрів процесу і такого самого значення пластового тиску - $85,95$ %.

За результатами математичного моделювання нагнітання азоту у виснажене газове родовище встановлено закономірності процесу витіснення з пористого середовища залишкового природного газу азотом і отримано оптимальні значення тиску початку нагнітання азоту в родовище і тривалості періоду його нагнітання. Результати виконаних досліджень свідчать про технологічну ефективність нагнітання азоту у виснажене газове родовище, що дозволяє підвищити поточний видобуток газу і кінцевий коефіцієнт газовилучення.