



значення водогазового фактора, при якому свердловини зупиняють.

Літературні джерела

1. Muskat M., Wyckoff R.: "An approximate theory of water-coning in oil production". / AIME Trans. Petr. Dev. Technol., 1935, vol. 114.
2. Chaperon I.: "Theoretical study of coning toward horizontal and vertical wells in ani-sotropic formations: subcritical and critical rates". / Paper SPE 15430 presented at ATCE. New Orleans, 1986, Oct. 5-8.
3. Weiping Jang, Watterbarger R.A.: Water coning calculations for vertical and horizon-tal wells. / Paper SPE 22931 presented at the SPE ATCE. Dallas, 1991, Oct. 6-9.
4. Лапук Б.Б., Брудно А.Л., Сомов Б.Е.: О конусах подошвенной воды в нефтяных и газовых месторождениях. / Сб. Опыт разработки нефтяных и газовых месторождений. Гостоптехиздат, 1963.
5. Hang B.T., Ferguson W.I., Kudland T.: "Horizontal wells in the water zone: the most effective way of the trapping oil from thin oil zones?" / Paper SPE 22929 presented at the ATCE. Dallas, 1991, Oct. 6-9.
6. Lien S.C., Seines K., Havig S.O., Kudland T.: "The first long-term horizontal-well test in the Troll thin oil zone". // JPT, 1991, № 8.
7. Закиров С.Н.: Разработка газовых, газоконденсатных и нефтегазоконденсатных месторождений. – М: изд. Струна, 1998, 626 с.

УДК [553.981.6+550.85]

ОЦІНКА ВПЛИВУ ВИПАЛОГО КОНДЕНСАТУ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ СВЕРДЛОВИН У ПРОЦЕСІ ЗНИЖЕННЯ ПЛАСТОВОГО ТИСКУ

М.М. Багнюк, О.О. Дмишко, Л.М. Козак

*Відділення "Карпатський центр" ДП "Науканафтогаз" НАК
"Нафтогаз України"*

79034, м. Львів, вул. Литвиненка, 3, кім. 6

e-mail: bagnyuk.unga@i.ua

Практика розробки газоконденсатних покладів показує, що в процесі зниження пластового тиску відбувається зменшення



продуктивності експлуатаційних свердловин, яка є оберненою величиною до коефіцієнта фільтрації "a". Основними причинами такого явища можуть бути зменшення пористості за рахунок зростання ефективного тиску і відповідно збільшення у процентному відношенні залишкової води та конденсація з пластового газу фракції C_{5+} .

Частку впливу ефективного тиску на фільтраційні властивості породи-колектора розглянуто на прикладі газоконденсатного покладу в горизонті В-23 Луценківського родовища, який залягає на глибині 5350 м і характеризується початковим пластовим тиском 57,93 МПа. Питома вага порід прийнята рівною 2,3 г/см³. Зменшення пластового тиску від 57,93 до 23,0 МПа призведе до зростання ефективного тиску від 65,12 до 100,0 МПа. Зміна останнього спричинить деформацію мінерального скелету, внаслідок чого значення пористості з 10,1 % зменшиться до 9,9 % [1, 2]. Відповідно абсолютна проникність породи-колектора зміниться від $13,6 \cdot 10^{-3}$ мкм² до $11,7 \cdot 10^{-3}$ мкм². Зменшення фазової газопроникності, а відповідно продуктивності можна прогнозувати на аналогічну величину. Загалом така зміна проникності практично не вплине на продуктивність газової свердловини по газу.

Під час зниження пластового тиску в газоконденсатній системі проходять фазові перетворення з утворенням рідкої фази. Насиченість пор випалим конденсатом залежить від властивостей пористого середовища і газоконденсатної суміші. За зростанням перепаду тиску в системі пласт-вибій свердловини, збільшується ступінь насичення пор конденсатом до початку двохфазної фільтрації. Залежно від розподілу тиску і вмісту фракції C_{5+} в газі, насичення пор конденсатом, достатнє для початку двохфазної фільтрації, може відбуватися від декількох годин до кількох років експлуатації свердловини. При інтенсивному випаданні і накопиченні конденсату проходить зменшення фазової газопроникності в привибійній зоні порід-колекторів. На практиці високе конденсатонасичення може спричинити повну закупорку фільтраційних каналів, тобто фазова проникність для газу буде наближатись до нуля.

На основі наведеної інформації можна зробити висновок, що фазова газопроникність привибійної зони порід-колекторів, в основному, залежить від конденсатонасичення порового середовища. Визначення кількісного впливу конденсатонасичення на фазову газопроникність нами буде продемонстрована на основі результатів розробки газоконденсатних покладів з різним вмістом фракції C_{5+} у пластовому газі. Для дослідження були вибрані газоконденсатні



поклади горизонтів В-23 Луценківського, В-20 і В-19 Андріяшівського, В-16, В-15 Василівського, В-21, В-20, В-18 Харківцівського родовищ.

Вказані об'єкти дослідження залягають на глибинах від 4010 до 5260 м і характеризуються початковим пластовим тиском від 40,28 до 57,93 МПа. Середня відкрита пористість порід-колекторів змінюється від 9,5 до 12,2 %. Початковий потенційний вміст конденсату в пластовому газі знаходиться в межах від 60,0 до 1038,7 г/м³. Близькі баричні умови залягання покладів та практично однакові ємнісні властивості порід-колекторів дозволяють коректно оцінити вплив зниження пластового тиску на фазову газопроникність привибійної зони при фільтрації пластового газу з різним вмістом фракції С₅₊.

На практиці характеристику зміни продуктивності свердловин одержують на основі первинних і поточних їх досліджень методом усталених припливів. За результатами інтерпретації таких досліджень визначають коефіцієнти фільтрації "а" і "б". За фізичним змістом перший з них є обернена величина до продуктивності свердловини. В ситуації, коли кількість досліджень була недостатньою для прослідковування зміни коефіцієнта "а" у функції тиску його визначали за результатами фактичних показників експлуатації свердловини з використанням рівняння Адамова Г.А. [3]. При цьому прийнята умова, що коефіцієнт "б" є постійний на всьому діапазоні зміни пластового тиску. Розрахований на таких засадах коефіцієнт "а" може дещо відрізнятись від того, що визначений за результатами досліджень, але для оцінювання характеру його зміни у функції тиску він є цілком придатний.

Аналіз одержаних результатів показує, що для газоконденсатних покладів В-23, В-16 і В-21 Луценківського, Василівського та Харківцівського родовищ у процесі зниження пластового тиску до тиску максимальної конденсації фракції С₅₊, спостерігається зменшення коефіцієнта фільтрації "а", тобто збільшення продуктивності свердловин (табл. 1). Очевидно максимальні втрати конденсату у розмірі до 115 г/м³ для породи-колектора з відкритою пористістю до 12,2 % не створюють достатнього фільтраційного опору, який би негативно впливав на продуктивність.

Збільшення продуктивності для вказаних систем у процесі зниження тиску цілком логічне з фізичної точки зору. У чисельнику формули для визначення коефіцієнта "а" [4] є три змінні величини – в'язкість і стисливість газу та радіус контуру живлення, у знаменнику одна – проникність породи-колектора.



Таблиця 1 – Основні геолого-промислові характеристики об'єктів дослідження та кратність зміни коефіцієнта фільтрації “а”

Родовище	Продуктивний горизонт	Пористість при початковому тиску, %	Початковий потенційний вміст конденсату, г/м ³	Початковий пластовий тиск, МПа	Тиск початку конденсації, МПа	Тиск максимальної конденсації, МПа	Максимальні втрачені фракції С ₅₊ , г/м ³	Кратність зміни коефіцієнта фільтрації до тиску максимальної конденсації
Луценківське	В-23	10,7	60,0	57,93	40,22	5,67	9,3	0,8
Андрияшівське	В-208	10,1	328,0	50,48	47,94	15,40	180	2,0
-//-	В-19	10,4	461,6	49,60	46,80	9,92	240	4,0
Василівське	В-16	12,2	278,0	40,28	37,00	8,06	115	0,9
-//-	В-15	10,3	762,5	43,92	39,93	12,90	500	11,7
-//-	В-15	10,6	1038,7	43,00	33,55	17,20	662	38,0
Харківцівське	В-18	9,5	968,6	48,83	31,90	20,00	845	10,0
-//-	В-21	9,6	260,9	54,47	35,00	10,00	112	0,8
-//-	В-20	9,6	305,5	47,86	38,20	14,20	190	2,1
-//-	В-21	11,4	181,4	51,60	40,20	11,30	98	0,6

В міру зниження тиску у пласті в'язкість і стисливість газу зменшуються, а радіус контуру живлення – збільшується. При зміні тиску з 57,93 до 18,0 МПа в'язкість пластового газу з горизонту В-23 Луценківського родовища зменшиться в 1,8 рази, а коефіцієнт його стисливості – в 1,3 рази. Зростання радіуса контуру живлення з 180 м (при початкових дослідженнях) до 1700 м (за результатами поточних досліджень) збільшить значення логарифма в 1,3 рази. За рахунок зростання ефективного тиску абсолютна проникність породи-колектора зменшиться в 1,16 рази. Отже, приведена кратність зміни окремих параметрів показує, що за рахунок зменшення в'язкості та коефіцієнта стисливості газу з низьким конденсатонасиченням продуктивність свердловини зростатиме зі зниженням пластового тиску.



За результатами визначеної зміни коефіцієнтів фільтрації "a" в процесі розробки газоконденсатних покладів з різним вмістом фракції C₅₊ побудована номограма (рис. 1). На осі ординат вказаного рисунка відкладено кратність збільшення коефіцієнта "a" – це є відношення поточного його значення (при поточному пластовому тиску) до початкового. На осі абсцис відкладено відносний пластовий тиск – це є відношення поточного його значення до початкового. Лінії, проведені на координатній площині, відповідають різному конденсатонасиченню пластових газів.

З допомогою розробленої номограми можна прогнозувати збільшення коефіцієнта фільтрації "a" в процесі зниження пластового тиску при фільтрації газу з різним вмістом конденсату. Такі відомості потрібні при складанні геолого-економічної оцінки доцільності промислового освоєння нововиявлених газоконденсатних покладів, а також під час визначення коефіцієнтів газо- і конденсатовилучення для підрахунку видобувних запасів вуглеводнів які ставляться на Державний баланс, та в процесі проектування розробки родовищ.

Перелік посилань

1 Добрынин В.М. Деформации и изменения физических свойств коллекторов нефти и газа. М., «Недра», 1970 – 239 с.

2 Технологічна схема розробки покладу В-23 Луценківського газоконденсатного родовища. Відп. вик. Сініцин В.Я. м.Чернігів 2003 рік. Фонди ДГП «Чернігівнафтогазгеологія».

3 Коротаяев Ю.П., Закиров С.Н. Теория и проектирование разработки газовых и газоконденсатных месторождений. М.: Недра, 1980. – 294 с.

4 Инструкция по комплексному исследованию газовых и газоконденсатных пластов и скважин. Под ред. Г.А.Зотова, З.С.Алиева. М.: Недра, 1980. – 301 с.