

Neft araquatılı qaz-kondensat layının qaz amilinin artırılması rejimində işlənilməsinin hasilat göstəricilərinin proqnozu

G.E. Səmədova, N.M. Feyzullayeva

Neft və Qaz İnstitutu

e-mail: gaiyevagulshan85@gmail.com

Açar sözlər: qaz amilinin artırılması və qazsız debit rejimləri, cari neftvermə əmsali, neft araquatılı qaz-kondensat layı, üfüqi quyular.

DOI.10.37474/0365-8554/2023.00000000

Прогноз показателей добычи нефтяной оторочки газоконденсатного пласта в режиме повышения газового фактора

Г.Э. Самедова, Н.М. Фейзуллаева
Институт нефти и газа

Ключевые слова: режимы повышения газового фактора и безгазового дебита, текущий коэффициент нефтеотдачи, газоконденсатный пласт с нефтяной оторочкой, горизонтальная скважина.

На базе трехфазной многокомпонентной модели фильтрации были сопоставлены эксплуатационные показатели газоконденсатного пласта с нефтяной оторочкой в режиме вытеснения нефти водой с применением горизонтальных скважин для повышения газового фактора с технологическими показателями режима безгазового дебита. По сравнению с режимом безгазового дебита в режиме повышения газового фактора установлены резкое увеличение коэффициента извлечения нефти и рентабельность добычи.

Forecast of production indicators of the oil bank of the gas condensate reservoir in the mode of gas factor increase

G.E. Samadova, N.M. Feyzullayeva
Institute for Oil and Gas

Keywords: the modes of increase of gas factor increase and gas-free production rate, current oil recovery coefficient, gas condensate reservoir with oil bank, horizontal well.

The operation parameters of a gas-condensate formation with the oil bank in the mode of oil displacement with water via the horizontal wells for increasing the gas factor with the technological indicators of the gas-free production rate have been compared based on the three-phase component model. Compared to the mode of gas-free production rate, a sharp increase of the oil recovery rate and cost effectiveness of production have been defined in the mode of gas factor increase.

Neft-qaz-kondensat yataqlarının işlənilməsində neft və qaz ehtiyatlarının mənimlənməsi ardıcılıqı vacib amillərdəndir. İlk olaraq neft ehtiyatlarının və ya neft-qaz kontaktının yerdəyişməsinin baş verməməsi üçün neft-qazın eyni zamanda hasili ən effektiv üsul sayılır. Əks halda neft ehtiyatlarının itirilməsi baş verə bilər. Bircinsli yüksək keçiricilikli layda ilk olaraq neft araquatının işlənilməsi qaz papağı ehtiyatlarının elastik enerjisinin istifadəsi hesabına həyata keçirilərsə, neftçixarma əmsalının yüksək qiymətini əldə etmək olar [1, 2]. Lakin əksər hallarda qazın neft araquatına daxil olması qaz papağında təzyiqin kəskin azalmasına səbəb olur və nəticədə neft araquatının qazladoyumlu sahəyə yerdəyişməsinə və onun qazlı hissəyə qarışmasına səbəb olur. Qaz papağında təzyiqin düşməsi layda retroqrad kondensatın çökməsinə gətirib çıxarır. Qaz və maye ehtiyatlarının işlənilməyə cəlb olunması ilə bağlı problemlər əmələ gəlir.

Neft-qaz-kondensat yataqlarının nəzəri və praktiki işlənilməsinin perspektiv istiqamətlərindən biri də neft quyularının kritik qazsız debitlə istismarı hesab edilir. Üfüqi quyuların tətbiqi halında bu rejim yüksək neftverməni təmin edir. Kritik qazsız debitin dinamikasına təsirən təklif olunan üsulları verilən istismar rejiminin mövqeyini müəyyən sonlu tərtibdən gücləndirir, yəni daha doğrusu, quyuların qaz hasilatı problemini aradan qaldıraraq neftçixarma əmsalının yüksəlməsinə şərait yaradır [3].

Buna baxmayaraq yeni yanaşmaların axtarılması hər hansı ənənəvi yanaşma və üsulun müəyyən çatışmazlıqlarının aradan qaldırılmasına imkan verir. Bu baxımdan aparılan tədqiqatlar neft quyularının kritik qazsız debitlə istismarı rejiminin bir sıra çatışmazlıqlarının mövcudluğunu göstərir. Belə ki, bu rejim

neftdə həll olan qazın başlanğıc qaz amilinin qiymətini aşmayan cari qaz amilinin qiymətinin alınmasını təmin edir. Bu verilən rejimin ilkin şərtidir. Lakin bir çox hallarda tələb olunan qaz miqdarı təbii qazliftin səmərəliliyi üçün kafi olmur. Bu tip çatışmazlıqlar maili quyuların istismarında xüsusilə özünü göstərir. Kritik qazsız debit rejimi quyuların hasilat imkanlarının yuxarı səviyyəsini məhdudlaşdırır, bütövlükdə yataqdan neft hasilatını və quyu debitlərinin artırılmasına imkan vermir. Rejimin realizə edilməsi istismar müddətinin artmasına gətirib çıxarır [4].

Bütün bu çatışmazlıqların müəyyən tərtibdən qaz amilinin artırılması rejiminin seçilməsi ilə aradan qaldırılması real görünür. Qaz amilinin artırılması rejimi təbii qazlift üsulunda quyuların normal istismarını və ayrıca quyulardan, həmçinin bütövlükdə yataqdan neft hasilatının tələb olunan intensivləşməsinə gətirilmə imkanlarına impuls verir.

Neft hasilatının müəyyən səviyyədə çox intensivləşməsi bir çox hallarda neftin son çıxarılma əmsalının azalmasına gətirib çıxarır [1, 2]. Ona görə də qaz amilinin onun məlum başlanğıc qiyməti ilə müqayisədə müəyyən tərtibə qədər artırılması neft-qaz-kondensat layının işlənmə səmərəliliyinin tərtibinin artırılmasına imkan verə bilər. Bu baxımdan qazın qiymətinin məlum başlanğıc qiyməti ilə müqayisədə müəyyən tərtibdən artırılması halında neft araqatılı qaz-kondensat yatağının işlənmə göstəricilərinin mümkün qiymətləndirilməsi tənliklər sistemi ilə modeləşdirilir [5, 6].

$$\operatorname{div}\left[k\left(\frac{f_s(s_s)}{\mu_s(p)}\rho_s c_s^i(\operatorname{grad} p_s - \gamma_s \operatorname{grad} H) + \frac{f_n(s_n)}{\mu_n(p)}\rho_n c_n^i(\operatorname{grad} p_n - \gamma_n \operatorname{grad} H) + \frac{f_q(s_q)}{\mu_q(p)}\rho_q c_q^i(\operatorname{grad} p_q - \gamma_q \operatorname{grad} H)\right)\right] = \frac{\partial}{\partial t}\left[m\left(\rho_s c_s^i s_s + \rho_n c_n^i s_n + \rho_q c_q^i s_q\right)\right] + \sum_{i=1}^3 Q^i(t) \delta(x - x_i, y - y_i, z - z_i), \quad i = 1, 2, 3, \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^3 c_s^i = \sum_{i=1}^3 c_n^i = \sum_{i=1}^3 c_q^i = 1, \quad s_q + s_n + s_s = 1, \quad i = 1, 2, 3, (x, y, z) \in D, \quad t \in (0, \bar{T}), \quad (2)$$

$$p_q(x, y, z, t)|_{t=0} = p_{q0}(x, y, z), \quad s_q(x, y, z, t)|_{t=0} = s_{q0}(x, y, z), \quad s_s(x, y, z, t)|_{t=0} = s_{s0}(x, y, z), \quad (x, y, z) \in D, \quad (3)$$

$$\frac{\partial p_q}{\partial \square} = 0, \quad (x, y, z) \in \square, \quad (4)$$

$$2 \square r_w \sum_{i=1}^3 \left(\rho_i c_i^i \square_i(x, y, z, t) \right) \Big|_{r=r_w} dz = Q^i(t), \quad (5)$$

$$\square_i(x, y, z, t) = \frac{k f_i(s_i)}{\mu_i(p)} (\operatorname{grad} p_i - \gamma_i \operatorname{grad} H), \quad m = s, \square, \square$$

burada ρ_s, ρ_n, ρ_q – su, neft və qaz fazalarının sıxlığı; c_s^i, c_n^i, c_q^i – i -ci komponentin kütlə fraksiyası; $\gamma_s, \gamma_n, \gamma_q$ – xüsusi çəki; m – məsaməlik; k – mütləq keçiricilik; $f_s(s_s), f_n(s_n), f_q(s_q)$ – nisbi faza keçiriciliyi; $\mu_s(p), \mu_n(p), \mu_q(p)$ – özlülük; p_s, p_n, p_q – təzyiq; s – quyu sayı; $\delta(\cdot)$ – Dirak funksiyası; x_i, y_i, z_i – uyğun oxlar üzrə quyu koordinatları; D – süzülmə sahəsi; Ω – süzülmə sahəsinin sərhədi; H – süzülmə sahəsinin yüksəklik ölçüsü; T – işlənmə müddəti; t – zaman; $\theta_s, \theta_n, \theta_q$ – uyğun olaraq su, neft, qaz fazasının üfüqi lüləyə daxilolma sürəti; r_w – üfüqi quyu lüləsinin radiusu; $Q(t)$ – su, neft, qaz qarışığının; i -ci komponentə görə debiti; $z_{\max}$ – üfüqi quyu lüləsinin uzunluğudur.

Neft-qaz və neft-su fazalarının sərhədindəki kapillyar təzyiqə görə fazaların təzyiqi aşağıdakı kimi təyin olunur

$$p_n = p_q - p_{nq}, \quad p_s = p_n - p_{ns}, \quad (6)$$

burada p_{nq}, p_{ns} – neft-qaz və neft-su fazalarının sərhədindəki kapillyar təzyiqdir.

(1)-(5) tənliklər sisteminə (6) münasibətini nəzərə alsaq, naməlum p_q, s_q və s_n funksiyalarına nəzərən tənliklər sistemi alınır. Tənliklər sisteminin həlli üçün “təzyiqə görə qeyri-əşkar, doyma funksiyalarına görə aşkar” sonlu fərqlər sxemindən istifadə edilmişdir [7].

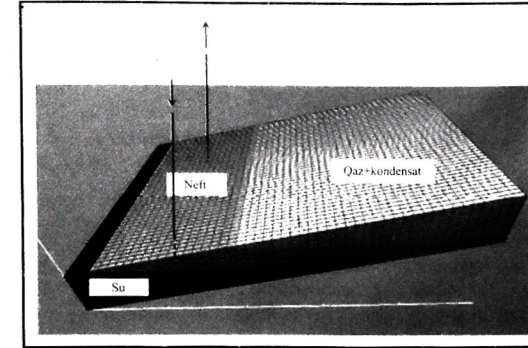


Fig. 1. Model üzrə üçüf quyun paylanma sxemi

(1)-(5) hesablama modeli əsasında konkret lay modeli təmsalında verilmiş qaz amili rejiminin səmərəliliyinin kritik qazsız debitlə istismar rejiminin nəticələri ilə müqayisədə qiymətləndirilməsinin aşağıdakı variantları nəzərdən keçirilmişdir (şəkil):

– birinci variant: neft araqatının mərkəzi hissəsinə qazılmış iki üfüqi quyudan biri neft araqatını kritik qazsız rejimdə 700 m³/gün debitlə istismar edir. Neft araqatına qazılmış digər üfüqi quyu ilə təzyiqin saxlanılması üçün neftli sahəyə eyni həcmdə su vurulur. Neft araqatının başlanğıc qaz amili 180 m³/m³-a uyğundur (baza variantı);

– ikinci variant: neft araqatına qazılmış üfüqi quyu 210 m³/m³, 250 m³/m³, 280 m³/m³ verilmiş qaz amili ilə onu istismar edir. Qaz-kondensat papağından hasil olunan qazın müəyyən həcmi üfüqi quyunun qazlift üsulu ilə istismarının təmin olunması üçün istifadə edilir. Neft araqatında təzyiqin saxlanılması üçün isə digər üfüqi quyu ilə neftli sahəyə su vurulur.

Layın ümumi qalınlığı 125 m, sahəsi təxminən 6.25 km², məsaməlik əmsalı 0.2, başlanğıc təzyiqi 40 MPa-ya bərabərdir. Başlanğıc temperatur isə 378 K-dir. Neftli layın hündürlüyü 5–12.4 m intervalında dəyişir. Qazladoyumlu hissəsinin qalınlığı 60 m-dir. Məsaməlik əmsalı 0.2-yə bərabərdir. Neft layının keçiriciliyi 0.01–0.03·10⁻¹² m² intervalında dəyişir. Layın qazladoyumlu hissəsinin ortalaşmış tərkibi (mol miqdarı, %) metan 88.59, etan 4.11, propan 1.47, butan 0.77, pentan və yuxarı qaynamaya malik karbohidrogenlər C₅₊ – 4.86, karbon qazı 0.2-dir. Kondensatın sıxlığı 800 kq/m³, özlülüğü 0.233 mPa·s, molekulyar kütlə – 94, qaz fazasında kondensatın miqdarı 0.362 kq/m³-dir. Neft araqatının ortalaşmış tərkibi (mol miqdarı, %) isə metan 35.88; etan 2.82; propan 1.69; butan 1.12; pentan 1.05; C₆₊ – 56.12; N₂ – 0.99; CO₂ – 0.33-dür. Neftin sıxlığı 843 kq/m³, özlülüğü 2.3 mPa·s, molekulyar kütləsi – 125-dir. Neftli hissənin neftə görə doymululuğu 0.86, qaza görə doymululuğu isə 0.12, quyulara vurulan qazın həcmi 5·10⁵ m³/gündür. Nisbi faza keçiricilikləri isə aşağıdakı kimi seçilmişdir:

$$f_q(s_q) = 1.034 (s_q - 0.001)^{2.07}; \quad f_n(s_n) = 0.5(\sin(\pi(s_n - 0.015)) - 1.57) + 1;$$

$$f_k(s_k) = (1/3)(\sin(\pi(s_k - 0.16)) - 1.74) + 1.$$

$$\text{Kapillyar təzyiq isə } p_{cn}(s_r, c) = \Pi \cdot J(s_r); \quad J(s_r) = \frac{0.2(0.9 - s_r)}{(1.2 - s_r)^2 (2s_r - s_r^2)}; \quad (f=q, s); \quad D(s, c) = D_0(2-s),$$

$\Pi = 105 \text{ Па}, D_0 = 10^{-5} \text{ m}^2/\text{c};$ qəbul edilir [8].

I və II variantların hesablama nəticələri cədvəldə verilmişdir. Bu cədvəldə layın işlənməsinə uyğun olaraq işlənmə müddəti, vurulan suyun həcm miqdarı və cari neftvermə əmsalı müqayisəli şəkildə təqdim edilir.

Layın işlənmə variantları	İşlənmə müddəti, il	Vurulan suyun həcmi miqdarı, m ³ /m ³	Cari nəfəslənmə əmsali, %
Birinci variant, qaz amili 180 m ³ /m ³	27	6.89	31.2
İkinci variant, qaz amili 210 m ³ /m ³	27	7.45	38.23
250 m ³ /m ³		8.013	44.1
280 m ³ /m ³		8.43	48.2

Neft araqatına qazılmış üföqı quyunun 210 m³/m³ qaz amilinin artırılması rejimi ilə istismarı aparıldıqda qazsız debitlə istismar rejiminin nəticələrini təxminən 7 % tərtibində üstələyir. Digər variantlarda, o cümlədən 250 m³/m³, 280 m³/m³ qaz amili ilə istismar rejimində cari neftvermə əmsali baza variantı ilə müqayisədə uyğun olaraq 13 % və 17 % artır.

Baxılan variantlara uyğun qaz amilinin artımı neftin yüksək debitinin alınmasına imkan verir. İşlənmə prosesinin intensivləşməsi həm qaz amilinin müəyyən edilmiş qiymətinin artması, həm də müvafiq olaraq, suvurma quyusuna suyun vurulma sürətinin artması nəticəsində baş verir. Verilən qaz amili rejiminin artımına uyğun olaraq neft araqatına vurulan suyun miqdarı həcminin birinci variantın vurulan su həcmi ilə müqayisədə 8, 16, 22 % artımına gətirib çıxarmışdır.

Qaz-kondensat qapağından qaz hasilatının artımı qaz-kondensat sisteminin qaz və kondensat hasilatının artımına ekvivalent hesab edilir. Bu baxımdan qaz amilinin artırılması rejimi ilə istismar aparıldıqda qaz-kondensat qapağına qaz və kondensat hasilatının yüksəldilməsi üçün əlavə quyuların qazılmasına ehtiyac qalmır.

Beləliklə, neft araqatının qaz amilinin artırılması rejimi ilə istismarı kritik qazsız debitlə istismar rejimi ilə müqayisədə neft hasilatının əlavə intensivləşməsinə təmin edir. Eyni zamanda qaz-kondensat qapağının qaz və kondensat hasilatının əlavə quyular qazılmaıdan artımına gətirir.

Nəticə

Neft araqatılı qaz-kondensat layının qaz amilinin artırılması ilə istismarı səmərəli texnoloji üsul olmaqla neft hasilatının əlavə intensivləşməsinə və qaz-kondensat qapağından qaz və kondensat hasilatının əlavə quyuların qazılmasına ehtiyac olmadan artımını təmin edir.

Ədəbiyyat siyahısı

1. *Zakirov S.N.* Razrabotka gazovykh, gazokondensatnykh i neftegazokondensatnykh mestorozhdeniy. – M.: Struna, 1998, 628 s.
2. *Ibragimov I.I.* Obosnovanie ratsional'nykh tekhnologicheskikh parametrov razrabotki gorizontallynykh skvazhinami neftyanykh otorochek gazokondensatnykh zalezhey: diss. na soisk. uch. step. kand. tekhn. nauk. – M.: RGUNG, 2009, 115 s.
3. *Zakirov S.N., Zakirov I.S.* Noviy podkhod k razrabotke neftegazovykh zalezhey. – M.: Izd. IPЦ Gazprom, 1996, 51 s.
4. *Zakirov I.S.* Sovershenstvovanie razrabotki neftegazovykh zalezhey so sloisto-neodnorodnyimi kollektorami: kand. diss. IPIHG RAN GANГ im. Gubkina, 1996, 137 s.
5. *Feyzullayev X.A., Khalilov M.S.* Chislennoe modelirovanie vodogazovogo vozdeystviya na gazokondensatnyy plast na zavershayushchey stadii razrabotki // Inzhenerno-fizicheskiy zhurnal, 2019, t. 92, № 5, s. 2252-2262.
6. *Khalilov M.S.* Prognozirovaniye pokazateley razrabotki gazokondensatnykh zalezhey s neftyanyimi otorochkami s primeneniem gorizontallynykh skvazhin // Azerbaidzhanskoye neftyanoye khozaystvo, 2020, № 4, s. 19-24.
7. *Aziz X., Settari E.* Matematicheskoye modelirovanie plastovykh sistem / per. s angliyskogo. – M.: Nedra, 1982, 407 s.
8. *Suleymanov B.A., Feyzullayev X.A.* Modelirovanie izolyatsii vodopriyokov pri razrabotke zonal'no-neodnorodnykh neftyanykh plastov // Izv. NAN Azerbaidzhana, seriya Nauki o Zemle, 2017, № 1, s. 72-81.

References

1. *Zakirov S.N.* Razrabotka gazovykh, gazokondensatnykh i neftegazokondensatnykh mestorozhdeniy. – M.: Struna, 1998, 628 s.
2. *Ibragimov I.I.* Obosnovanie ratsional'nykh tekhnologicheskikh parametrov razrabotki gorizontallynykh skvazhinami neftyanykh otorochek gazokondensatnykh zalezhey: diss. na soisk. uch. step. kand. tekhn. nauk. – M.: RGUNG, 2009, 115 s.
3. *Zakirov S.N., Zakirov I.S.* Noviy podkhod k razrabotke neftegazovykh zalezhey. – M.: Izd. IRTS Gazprom, 1996, 51 s.
4. *Zakirov I.S.* Sovershenstvovanie razrabotki neftegazovykh zalezhey so sloisto-neodnorodnyimi kollektorami: kand. diss. INPG RAN GANG im. Gubkina, 1996, 137 s.
5. *Feyzullayev Kh.A., Khalilov M.S.* Chislennoe zmodelirovanie vodogazovogo vozdeistviya na gazokondensatnyy plast na zavershayushchey stadii razrabotki // Inzhenerno-fizicheskiy zhurnal, 2019, t. 92, No 5, s. 2252-2262.
6. *Khalilov M.S.* Prognozirovaniye pokazateley razrabotki gazokondensatnykh zalezhey s neftyanyimi otorochkami s primeneniem gorizontallynykh skvazhin // Azerbaidzhanskoye neftyanoye khozaystvo, 2020, No 4, s. 19-24.
7. *Aziz Kh., Settari E.* Matematicheskoye modelirovanie plastovykh sistem / per. s angliyskogo. – M.: Nedra, 1982, 407 s.
8. *Suleymanov B.A., Feyzullayev Kh.A.* Modelirovanie izolyatsii vodopriyokov pri razrabotke zonal'no-neodnorodnykh neftyanykh plastov // Izv. NAN Azerbaidzhana, seriya Nauki o Zemle, 2017, No 1, s. 72-81.