



**DEVELOPMENT OF A TECHNOLOGY FOR ISOLATING GAS AND GAS-
CONDENSATE RESERVOIRS DURING HORIZONTAL WELL
OPERATIONS
(A CASE STUDY OF THE SHURTAN FIELD)**

Mirzayeva Shahzoda Abdullo qizi

Researcher

**GORIZONTAL QUDUQLARNI ISHLATISHDA GAZ VA GAZ-
KONDENSAT QATLAMLARINI IZOLYATSIYALASH
TEXNOLOGIYASINI ISHLAB CHIQISH
(SHO‘RTAN KONI MISOLIDA)**

Mirzayeva Shahzoda Abdullo qizi

Tadqiqotchi

ANNOTATSIYA

Mazkur maqolada uzoq muddat ishlatish natijasida qatlam bosimi tushib ketgan va chetki hamda ostki qatlam suvlari jadal yorib kirayotgan Sho‘rtan gaz-kondensat konining gorizontal quduqlarida suv va kutilmagan gaz oqimlarini selektiv izolyatsiyalash texnologiyasini takomillashtirish masalalari tadqiq etilgan. IMRAD talablari asosida tayyorlangan tadqiqotda gorizontal stvollarda an'anaviy polimer va portlandsement qorishmalarining cho‘kishi, filtratsiyasi hamda kogerentlik yetishmasligi muammolari o‘rganilib, ularga muqobil sifatida modifikatsiyalangan kremniyorganik birikmalar (organosilikon polimeri) va nanosellyuloza/mikrosilikon asosidagi viskoelastik selektiv gel kompozitsiyasi ishlab chiqildi. Laboratoriya sharoitida o‘tkazilgan reologik va filtrlash sinovlari (qatlam harorati 115–125 °C va bosimi 14–18 MPa oralig‘ida) ishlab chiqilgan kompozitsiyaning qatlam suvlariga nisbatan izolyatsiyalash samaradorligi 94.6% ni tashkil etishini, shu bilan birga gaz o‘tkazuvchanligini minimal darajada pasaytirishini ko‘rsatdi. Taklif etilgan texnologiya gorizontal stvolda qatlam suvlari oqimini to‘xtatish, kondensat beruvchanlikni oshirish va quduqning kapital ta'mirlararo ishlash davrini 2.5 barobargacha uzaytirish imkonini beradi.

Kalit so‘zlar: Sho‘rtan koni, gorizontal quduqlar, gaz-kondensat qatlami, suv yorib kirishi, selektiv izolyatsiya, polimer gel, kremniyorganik birikma, qatlam o‘tkazuvchanligi, ta'mirlash-izolyatsiya ishlari (TII).



ABSTRACT

This paper investigates the enhancement of water shut-off and selective gas/water isolation technologies in horizontal wells of the mature Shurtan gas-condensate field. Due to severe reservoir pressure depletion and premature bottom-water and edge-water breakthrough, horizontal wellbores experience significant liquid loading and hydrocarbon recovery decline. Under the IMRAD framework, the paper addresses the limitations of conventional Portland cement and standard polyacrylamide slurries in horizontal trajectories and proposes a high-temperature organosilicon-nanocellulose crosslinked viscoelastic gel system. Experimental filtration runs on natural carbonate cores under reservoir conditions (115–125 °C and 14–18 MPa) confirmed a selective water shut-off efficiency of 94.6% while preserving effective gas permeability. The implementation of this technology suppresses water coning, restores gas-condensate rates, and extends workover intervals by up to 2.5 times.

Keywords: Shurtan field, horizontal wells, gas-condensate reservoir, water coning, selective isolation, polymer gel, organosilicon compounds, permeability, water shut-off.

KIRISH

O‘zbekiston Respublikasi yoqilg‘i-energetika balansida tabiiy gaz va gaz-kondensat xomashyosi ustuvor o‘rin egallaydi. Ushbu sohada uzoq yillardan buyon barqaror foydalanib kelinayotgan eng yirik strategik konlardan biri Sho‘rtan gaz-kondensat konidir. Konning mahsuldor qatlamlari asosan yuqori yura davri karbonatli jinslaridan (XV va XVI gorizontlar) tashkil topgan bo‘lib, murakkab darz-g‘ovakli va g‘ovak-darzli struktura bilan xarakterlanadi. So‘nggi o‘n yillikda kon zaxiralarini to‘liq o‘zlashtirish, qatlam qamrov koeffitsiyentini oshirish va past o‘tkazuvchan oraliqlardan gaz qazib olishni jadallashtirish maqsadida ko‘plab gorizont va ko‘p zaboyli quduqlar burg‘ilandi va ishlatishga topshirildi.

Biroq, konning yakuniy o‘zlashtirish bosqichiga o‘tishi bilan qatlam bosimi dastlabki 28–30 MPa dan 5–8 MPa gacha tushib ketdi. Bu jarayon gorizont quduqlarni ishlatishda jiddiy gidrodinamik va texnologik asoratlarni keltirib chiqardi. Jumladan, gorizont stvol bo‘ylab qatlam bosimlarining notekisligi, darzli yoriqlarning mavjudligi tufayli ostki va chetki qatlam suvlari («suv konuslari» va «suv tillari» shaklida) stvolning pastki yoki eng o‘tkazuvchan qismlariga muddatidan oldin yorib kirmoqda. Suvlanish darajasining 60–85% gacha yetishi quduq tubida suyuqlik to‘planishiga (liquid loading), gaz-kondensat oqimining to‘xtashiga va pirovardida quduqlarning o‘z-o‘zidan o‘chib qolishiga olib kelmoqda.

Gorizont quduqlarda ta‘mirlash-izolyatsiya ishlarini (TII) olib borish vertikal



quduqlarga nisbatan favqulodda murakkabdir. Bunga sabab — gorizental stvolning uzunligi (300 metrdan 800 metrgacha), gravitatsion cho‘kish jarayonlarining kuchliligi (og‘ir qorishmalar stvolning pastki devoriga cho‘kib, yuqori devorda bo‘shliq qoldiradi) hamda an'anaviy portlandsement asosidagi tamponaj qorishmalarining darz-g‘ovakli karbonat jinslarga chuqur kura olmasligidir. Mavjud poliakrilamid (PAA) asosidagi gellar esa Sho‘rtan konining yuqori qatlam harorati (115–125 °C) va yuqori minerallashgan qatlam suvlari (120–180 g/l gacha) ta'sirida tezda termik va kimyoviy destruksiya uchrab, o‘zining mustahkamligini yo‘qotadi.

Ushbu muammoni hal etish uchun qatlam sharoitida termik barqaror, yuqori selektivlik xususiyatiga ega (ya'ni suv oqimini to‘liq to‘sovchi, ammo gaz fazasi o‘tishiga to‘sqinlik qilmaydigan) hamda gorizental stvolda texnologik jihatdan oson yetkaziladigan yangi polimer-mineral izolyatsiyalash kompozitsiyasini ishlab chiqish va uni amalga oshirish texnologiyasini yaratish dolzarb ilmiy-amaliy vazifadir.

Tadqiqot maqsadi: Sho‘rtan konining yuqori haroratli va past bosimli gorizental quduqlarida qatlam suvlarini selektiv izolyatsiyalash uchun nanomodifikatsiyalangan kremniyorganik kompozitsiyani ishlab chiqish, uning reologik va filtrlash parametrlarini laboratoriya sharoitida asoslash hamda kon sharoitida qo‘llash texnologiyasini taklif etishdan iborat.

METODLAR VA MATERIALLAR

Tadqiqotlar Sho‘rtan konining XV-1 va XV-2 gorizontlaridan olingan tabiiy karbonat jinslari namunalari (kernlar) hamda gorizental quduqlarning chuqurlik termobarobar holatlariga mos model sharoitlarida olib borildi. Dala ma'lumotlariga ko‘ra, gorizental stvollarning o‘rtacha uzunligi 450–650 m, chuqurligi vertikal bo‘yicha 2850–3100 m, joriy qatlam harorati 118–122 °C, qatlam bosimi 6.2–7.5 MPa ni tashkil etadi. Qatlam suvlarining minerallashuv darajasi 145 g/l (xlorid-kaltsiy turiga mansub).

Gorizental stvol sharoitida gravitatsion ajralishning oldini olish va termik chidamlilikni ta'minlash uchun kremniyorganik birikma — etil-silikat-40 (ETS-40) va modifikatsiyalangan poliorganosiloksan asosida yangi kompozitsiya tayyorlandi. Reaksiya kinetikasini va gellanish vaqtini boshqarish uchun kislotali katalizator (xlorid kislotaning spirtli eritmasi) va gellanish matritsasining mexanik mustahkamligini oshirish maqsadida 0.15–0.25% li dispers nanomodifikator (pirogen mikrosilikon / modifikatsiyalangan nanosellyuloza) qo‘shildi.

Kompozitsiyaning texnologik ko‘rsatkichlarini aniqlashda quyidagi zamonaviy standart laboratoriya usullari va asboblardan foydalanildi:



- **Reologik parametrlar:** HAAKE RheoStress 6000 yuqori haroratli aylanma viskozimetrida 20 °C dan 125 °C gacha bo'lgan dinamik qovushqoqlik va gellanish induksiya davri aniqlandi;
- **Filtratsion tadqiqotlar:** Yuqori bosim va harorat sharoitida ishlovchi AFS-300 (Core Laboratories) filtrlash stendida Sho'rtan koni kernlarida (diametri 30 mm, uzunligi 50 mm) fazaviy o'tkazuvchanlik koeffitsiyentlari (suv va gaz bo'yicha) o'lchandi;
- **Termogravimetrik tahlil (TGA):** NETZSCH STA 449 F3 apparatida polimer matritsaning 150 °C gacha bo'lgan termik destruksiya va massaning yo'qotilishi tekshirildi.

1-jadval.

Tadqiq etilgan izolyatsiyalovchi tamponaj kompozitsiyalarining qiyosiy xarakteristikasi

Tarkib kodi	Asosiy komponentlar (massa ulushi, %)	Gellanish vaqti (120 °C da, soat)	Matritsaning termik barqarorligi
Komp-1 (Etalon)	Poliakrilamid (PAA 0.8%) + Xrom atsetat (0.08%) + Suv	1.5 - 2.0 soat	90 °C gacha chidamli (120 °C da 48 soatda parchalandi)
Komp-2	Kremniyorganik oligomer (ETS-40: 65%) + Izopropanol (30%) + Katalizator (5%)	5.5 - 6.5 soat	130 °C da barqaror, elastik gel
Komp-3 (Taklif etilgan)	ETS-40 (60%) + Nanosellyuloza (0.2%) + Mikrosilikon (0.3%) + Solvent (34.5%) + Katalizator (5%)	4.0 - 5.0 soat	145 °C gacha barqaror, yuqori adgeziyali kremniy-polimer gel



Komp-4	Mikrosement (40%) + Polimer qo'shimcha (2%) + Suv (58%)	2.0 - 2.5 soat	150 °C ga chidamli, ammo gorizontalda gravitatsion cho'kadi
---------------	--	----------------	---

Gorizontal stvolga kompozitsiyani xavfsiz va aniq manzilga yetkazish uchun egiluvchan quvurlar (Coiled Tubing — ET) hamda gidravlik paker tizimidan foydalanish texnologik sxemasi loyihalashtirildi. Suv yorib kirgan interval Geofizik tadqiqotlar (quduq termometriyasi va mexanik debitometriya) yordamida aniqlanib, ET orqali stvolning faqat suvli qismiga bufer suyuqligi ortidan hisoblangan hajmda polimer eritmasi haydaladi.

NATIJALAR

Sho'rtan konining tabiiy kern namunalari (dastlabki gaz o'tkazuvchanligi $K_{\text{gaz}} = 45\text{--}180$ mD, g'ovakliligi 12–16%) ishtirokida o'tkazilgan filtrlash tajribalari taklif etilgan nanomodifikatsiyalangan kremniyorganik kompozitsiyaning (Komp-3) yuksak selektiv izolyatsiyalash xossasiga ega ekanligini isbotladi.

Izolyatsiyalash samaradorligini baholash uchun qoldiq qarshilik omili (Residual Resistance Factor — RRF) hisoblendi:

$$\text{RRF}_{\text{suv}} = \frac{K_{\text{suv}}(\text{dastlabki})}{K_{\text{suv}}(\text{izolyatsiyadan keyin})}$$

$$\text{RRF}_{\text{gaz}} = \frac{K_{\text{gaz}}(\text{dastlabki})}{K_{\text{gaz}}(\text{izolyatsiyadan keyin})}$$

Selektivlik mezoniga ko'ra, RRF_{suv} qiymati maksimal darajada yuqori (suv oqimini bloklash), RRF_{gaz} esa 1 ga yaqin bo'lishi (gazning oson ajralib o'tishini ta'minlash) talab etiladi.

2-jadval.

Sho'rtan koni karbonatli kernlarida filtrlash tajribalari natijalari ($T = 120$ °C, $P = 16$ MPa)

Tarkib kodi	Dastlabki suv o'tkazuvchanligi, mD	Izolyatsiyada n keyin K_{suv} , mD	Suvni izolyatsiyalash samarasi (RRF_{suv} / %)	Gaz o'tkazuvchanligining tiklanishi (%)
Komp-1 (Etalon PAA)	82.4	18.6	$\text{RRF}=4.4$ (77.4%)	41.2% (Gaz o'tishi ham qattiq to'silgan)



Komp-2 (ETS-40)	94.0	8.2	RRF=11.5 (91.3%)	76.5% (Yuqori gaz o'tkazuvchan lik)
Komp-3 (Taklif etilgan)	88.6	4.8	RRF=18.5 (94.6%)	86.8% (Maksimal selektivlik va gaz oqimi)
Komp-4 (Mikrosemen t)	112.0	1.2	RRF=93.3 (98.9%)	14.5% (Noselektiv, qatlam to'liq tiqilgan)
Model qatlam suvi (nazorat)	90.2	89.5	RRF=1.0 (0.0%)	100.0% (O'zgarishsiz)

Tajriba natijalaridan ko'rinib turibdiki, an'anaviy mikrosegment (Komp-4) suvni 98.9% ga izolyatsiya qilgani bilan, gaz o'tkazuvchanligini ham keskin pasaytirib (faqat 14.5% tiklanish), mahsuldor qatlam matritsasini qaytarib bo'lmas darajada zararlaydi. Standart poliakrilamid (Komp-1) esa 120 °C da parchalanishi oqibatida atigi 77.4% samara berdi. Tadqiq etilgan yangi nanokompozitsiya (Komp-3) esa suv o'tkazuvchanligini 94.6% ga pasaytirib, gaz fazasi harakatiga deyarli to'sqinlik qilmadi — gaz o'tkazuvchanlik 86.8% darajasida saqlanib qoldi.

Sho'rtan konining 234-sonli gorizontallik qudug'i geologik-texnologik modeli asosida o'tkazilgan gidrodinamik modellashtirish hisob-kitoblariga ko'ra, ushbu texnologiyani qo'llash orqali quduq suvlanishini 82% dan 18% gacha pasaytirish, kunlik tovar gaz qazib olish hajmini 45 ming m³ dan 110 ming m³ gacha oshirish va kondensat qazib chiqarishni 1.8 barobar ko'paytirishga erishiladi.

MUHOKAMA

Olingan natijalar xalqaro va mahalliy olimlar (Seright, 2003; Sydansk, 2011; Agzamov, 2021) tomonidan ta'kidlangan selektiv suv to'sish (relative permeability modification — RPM) mexanizmlariga to'liq mos keladi. Yangi ishlab chiqilgan kremniyorganik kompozitsiyaning yuqori samaradorligi uning fazaviy o'tish mexanizmi bilan tushuntiriladi: etil-silikat suv molekullari bilan kontaktga kirishganda gidrolizlanadi va polikondensatsiyalanib, uch o'lchamli anorganik kremniy-kislorod (-Si-O-Si-) matritsasini hosil qiladi. Gaz fazasi bilan to'yingan



oraliqlarda esa bu reaksiya juda sekin boradi yoki gidrofob plyonka hosil qilishi sababli gaz harakatiga gidravlik qarshilik ko'rsatmaydi.

Shu bilan birga, Sho'rtan koni gorizontal quduqlarida ushbu texnologiyani tatbiq etishda e'tibor qaratilishi lozim bo'lgan texnologik cheklovlar mavjud:

- **Gorizontal stvolda intervalni aniq ajratish:** Agar suv yorib kirgan aniq qatlam oraliqlari geofizik usullar (PLT - Production Logging Tool) bilan to'g'ri ajratilmasa, kompozitsiyaning butun stvol bo'ylab tarqalishi iqtisodiy jihatdan xarajatlarni oshiradi;
- **Katalizator konsentratsiyasini rostlash:** Gorizontal quduq tubidagi harorat gradientiga qarab gellanish boshlanish vaqtini 3.5–5 soat oralig'ida ushlab turish zarur. Aks holda eritmalar ET quvurlari ichida gellanib, avariya holatini keltirib chiqarishi mumkin;
- **Qatlam bosimining pastligi:** Past qatlam bosimi (depressiya yuqoriligi) sababli tamponaj suyuqligini haydashda qatlam yorilish bosimidan oshib ketmaslik va yuvuvchi bufer tizimlarini to'g'ri tanlash talab qilinadi.

XULOSA

Sho'rtan gaz-kondensat konining yakuniy ishlatish bosqichida qatlam bosimining keskin pasayishi gorizontal quduqlarga ostki va chetki qatlam suvlarining shiddatli yorib kirishiga sabab bo'lib, kon mahsuldorligini pasaytirmoqda. Gorizontal stvollarda an'anaviy sement va poliakrilamidli qorishmalarning gravitatsion cho'kishi hamda yuqori harorat (115–125 °C) va mineral tuzlar ta'sirida tez parchalanishi ularning samarasizligini ko'rsatdi. Ushbu murakkab kon-geologik sharoitlar uchun yuqori termik barqarorlikka ega va stvol devorlariga bir tekis joylashuvchi yangi avlod selektiv izolyatsiyalovchi reagentlarini ishlab chiqish zarurati asoslab berildi.

Laboratoriya sharoitida olib borilgan reologik va filtrlash tadqiqotlari natijasida modifikatsiyalangan kremniyorganik birikma (ETS-40) va nanostrukturali to'ldiruvchilar (mikrosilikon va nanosellyuloza) asosidagi yangi polimer-mineral gel tizimi yaratildi. Tabiiy karbonatli kernlarda o'tkazilgan sinovlar ushbu kompozitsiyaning suv oqimini to'sish samaradorligi 94,6 foizga yetishini, shu bilan birga gaz fazasi o'tishiga deyarli to'sqinlik qilmasdan, gaz o'tkazuvchanligini 86,8 foiz darajasida saqlab qolishini ko'rsatdi. Gidrodinamik modellashirish hisoblari quduq suvlanishini 82 foizdan 18 foizgacha kamaytirish va tovar gaz qazib olishni 2 barobardan ko'proqqa oshirish imkoniyatini isbotladi.

Amaliy jihatdan mazkur texnologiyani kon amaliyotiga joriy etishda chuqurlik geofizik o'lchovlari (PLT) orqali suv yorib kirgan oraliqlarni aniq chegaralash hamda reagentlarni maqsadli haydashda egiluvchan quvurlar (Coiled Tubing) va paker



tizimlaridan foydalanish tavsiya etiladi. Taklif etilayotgan kompleks izolyatsiyalash usulining tatbiq etilishi quduqlarning kapital ta'mirlararo ishlash davrini 2,5 barobarga uzaytirib, har bir quduqdan yiliga o'rtacha 18–25 million kub metr qo'shimcha tovar gaz qazib olish hisobiga yuqori iqtisodiy rentabellikni ta'minlaydi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

- [1] O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 28-apreldagi PQ-4699-son "Neft-gaz tarmog'ining moliyaviy barqarorligini oshirish bo'yicha birinchi navbatdagi chora-tadbirlar to'g'risida"gi Qarori.
- [2] Agzamov, A. X., & Karimov, A. A. (2021). Gorizontal quduqlarni burg'ilash va ishlatishda asoratlarning oldini olish texnologiyalari. Toshkent: Fan va texnologiya, 224 b.
- [3] Seright, R. S., Lane, R. H., & Sydansk, R. D. (2003). A strategy for resolving water production problems in gas and oil wells. SPE Production & Facilities, 18(03), 188–199. <https://doi.org/10.2118/84962-PA>
- [4] Sydansk, R. D., & Romero-Zerón, L. (2011). Reservoir Conformance Technologies. Society of Petroleum Engineers (SPE), Richardson, TX, 240 p.
- [5] Xudoyberdiyev, A. O., & Eshmurodov, S. M. (2022). Sho'rtan gaz-kondensat konining geologik-gidrodinamik xususiyatlari va qatlam bosimi pasayishi davrida quduqlar mahsuldorligini saqlash usullari. O'zbekiston neft va gaz jurnali, (3), 42–47.
- [6] Al-Muntasheri, G. A. (2014). A critical review of water shutoff gelling systems for high-temperature applications. SPE International Conference on Water Handling and Management, Muscat, Oman. <https://doi.org/10.2118/164807-MS>
- [7] Qodirov, B. B., & Tursunov, N. R. (2023). Gaz quduqlarida suv yorib kirishiga qarshi kurashda kremniyorganik tamponaj qorishmalarini qo'llash samaradorligi. Konchilik ishi va metallurgiya axborotnomasi, 4(12), 88–94.
- [8] Mao, H., Qiu, Z., Shen, Z., & Huang, W. (2020). Hydrophobic and selective polymer gel systems for water conformance control in fractured tight gas reservoirs. Journal of Petroleum Science and Engineering, 187, 106821.
- [9] Ravshanov, F. R. (2021). Gaz-kondensat konlaridagi gorizontal quduqlarda quduq tubi atrofini tozalash va izolyatsiyalash tadbirlari tahlili. Fan va innovatsion taraqqiyot, 4(5), 65–73.
- [10] ISO 10426-1:2009. Petroleum and natural gas industries — Cements and materials for well cementing — Part 1: Specification.