

UO‘K: 622.276.6:519.876.5

KARBONAT KOLLEKTORLARGA KISLOTALI ISHLOV BERISHNI MODELLASHTIRISH (MATONAT VA G‘ARBIY KRUK KONLARI MISOLIDA)

Ermatov Navruz Xushmuradovich – texnika fanlari doktori, professor,
ORCID: 0009-0009-1872-7877, E-mail: navruzermatov626@gmail.com

Samatov Sherzod Shavkatovich – doktorant (PhD),
ORCID: 0009-0007-2995-6478, E-mail: sh.sh.samatov@gmail.com

Boyqobilova Mahliyo Maxmudovna – doktorant (PhD),
ORCID: 0009-0008-7613-8547, E-mail: mahliyoboyqobilova@gmail.com

Axatova Guliza Anvar qizi – doktorant (PhD),
ORCID: 0009-0002-7458-6668, E-mail: ahadovaguliza@gmail.com

Qarshi davlat texnika universiteti, Qarshi sh., O‘zbekiston

***Annotatsiya.** Mazkur maqolada quduq atrofi zonasining geologik tuzilishini inobatga olgan holda karbonat kollektorlarga kislotali ishlov berish jarayoni modellashtirilgan. Matonat va G‘arbiy Kruk konlari misolida real dala ma‘lumotlari asosida Damkyuler soni, filtratsiya tezligi, reaksiya kinetikasi kabi parametrlar tahlil qilingan. Kislotali ishlov samaradorligini baholash uchun matematik modellar, formulalar va Python algoritmlari qo‘llanilgan. Tadqiqot natijalari kislotaning optimal sarfi, chervotochina shakllanishi va oqim quvvatining oshishi bilan bog‘liq bo‘lgan amaliy tavsiyalarni beradi.*

***Kalit so‘zlar:** karbonat kollektor, kislotali ishlov, quduq atrofi zonasi, modellashtirish, Damkyuler soni, chervotochina, filtratsiya.*

UDC: 622.276.6:519.876.5

MODELING ACID STIMULATION OF CARBONATE RESERVOIRS (A CASE STUDY OF THE MATONAT AND WESTERN KRUK FIELDS)

Ermatov, Navruz Khushmuradovich – Doctor of Technical Sciences, Professor

Samatov, Sherzod Shavkatovich – Doctoral student (PhD)

Boykabilova, Mahliyo Makhmudovna – Doctoral student (PhD)

Ahatova, Guliza Anvar kizi – Doctoral student (PhD)

Karshi State Technical University, Karshi city, Uzbekistan

***Abstract.** This paper presents a modeling approach for acid treatment of carbonate reservoirs, taking into account the geological structure of the near-wellbore zone. Using real field data from the Matonat and Western Kruk fields, parameters such as the Damkohler number, filtration velocity, and reaction kinetics were analyzed. Mathematical models, equations, and Python-based algorithms were employed to evaluate treatment efficiency. The study results offer practical recommendations on optimal acid consumption, wormhole development, and well productivity enhancement.*

***Keywords:** carbonate reservoir, acid treatment, near-wellbore zone, modeling, Damkohler number, wormholes, filtration.*

УДК: 622.276.6:519.876.5

МОДЕЛИРОВАНИЕ КИСЛОТНОЙ ОБРАБОТКИ КАРБОНАТНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ (НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МАТОНАТ И ЗАПАДНЫЙ КРУК)

Эрматов Навруз Хушмурадович – доктор технических наук, профессор

Саматов Шерзод Шавкатович – докторант (PhD)

Бойкабилова Махлиё Махмудовна – докторант (PhD)

Ахатова Гулиза Анвар кизи – докторант (PhD)

Каршинский государственный технический университет, г. Карши, Узбекистан

Аннотация. В данной статье рассматривается моделирование кислотной обработки карбонатных коллекторов с учетом геологического строения призабойной зоны. На примере месторождений Матонат и Западный Крук проанализированы реальные промысловые данные с применением таких параметров, таких как число Дамкёлера, скорость фильтрации и кинетика реакции. Для оценки эффективности обработки использованы математические модели, формулы и алгоритмы на языке Python. Полученные результаты позволяют определить оптимальный расход кислоты, глубину образования червоточин и рост продуктивности скважин.

Ключевые слова: карбонатный коллектор, кислотная обработка, призабойная зона, моделирование, число Дамкёлера, червоточины, фильтрация.

Kirish

Neft va gaz sanoatida kollektor jinslarining fizik-kimyoviy va geologik xususiyatlarini chuqur oʻrganish, ularni toʻgʻri baholash va samarali ishlatish zamonaviy gidrokarbon qazib olish texnologiyalarining asosiy ustunlaridan biridir. Ayniqsa, karbonat kollektorlar keng tarqalgan boʻlib, ularning koʻp hollarda past filtrlash xususiyatlari, yuqori geterogenligi va mikroqurilmaviy murakkabligi mavjud boʻladi. Shu bois, bunday kollektorlar samaradorligini oshirishda kislotali ishlov berish usuli yuqori natijalar beruvchi intensivlashtirish texnologiyasi sifatida eʼtirof etiladi [1, 2, 3].

Kislotali ishlov natijasida karbonat jinslar kislota bilan reaksiyaga kirishib, yangi filtratsion yoʻllar hosil qiladi va mavjud kanallarni kengaytiradi. Biroq amaliyotda koʻpincha bu usuldan kutilgan natijalar olinmasligi kuzatiladi. Buning asosiy sababi – quduq atrofi zonasining geologik tuzilmasi va gidrodinamik xususiyatlari yetarli darajada hisobga olinmasligidir [4, 5].

Soʻnggi yillarda geologik tuzilmaning qatlamlararo farqlari, gorizont va vertikal geterogenlik, minerallarning reaktivligi, kollektorlarning gʻovakligi va oʻtkazuvchanligi kabi omillarni hisobga olgan holda modellashtirish yondashuvlari keng rivojlanmoqda. Ayniqsa, Damkyuler soni, “chervotochina” modeli va kinetik parametrlar asosidagi algoritmik modellar yordamida kislotali ishlov berish jarayonining samaradorligini oldindan baholash imkoniyati yaratilmoqda [6].

Mazkur maqolada Oʻzbekiston hududidagi Matonat va Gʻarbiy Kruk konlari misolida karbonat kollektorlar geologik tuzilmasini inobatga olgan holda kislotali ishlov berish jarayonini modellashtirish, laboratoriya va dala maʼlumotlari asosida tahlil qilish hamda real kon sharoitlarida eng samarali texnologik rejimlarni aniqlash maqsad qilingan. Tadqiqot ishlari natijasi amaliy jihatdan kislotali ishlov samaradorligini oshirish, kislota sarfini kamaytirish va konlarni ekspluatatsiya qilishning optimallashtirilgan yoʻllarini ishlab chiqishga xizmat qiladi.

Materiallar

Karbonat kollektorlarning geologik xususiyatlari. Karbonat kollektorlar, asosan, ohaktosh (kalsit) va dolomitdan tashkil topgan boʻlib, ularning shakllanishi jarayonida organik moddalar, biologik qoldiqlar, denudatsiya jarayonlari va diagenetik oʻzgarishlar muhim rol oʻynaydi. Ushbu jinslarning yotqiziq tuzilmasi, gorizont va vertikal boʻyicha sezilarli darajada geterogen boʻlib, ularning kollektorlik xossalari keskin farqlanadi. Bunday qatlamlar orasida qattiq zich konlar, yoriqlangan zonalar va halqali boʻshliqlar keng tarqalgan boʻlib, filtratsion xossalarga taʼsiri sezilarli [7, 8].

Karbonat jinslarning asosiy kollektorlik xossalari quyidagilar bilan aniqlanadi:

- *Gʻovaklik* (ϵ) – 5–30% gacha oʻzgarishi mumkin;
- *Oʻtkazuvchanlik* (k) – 1 dan 500 mDg gacha (baʼzan yoriqlarda >1000 mDg);
- *Mineralogik tarkib* – kalsit (CaCO_3), dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), aralash minerallar;
- *Reaktivlik* – HCl bilan kislotali reaksiyalarga tez kirishadi.

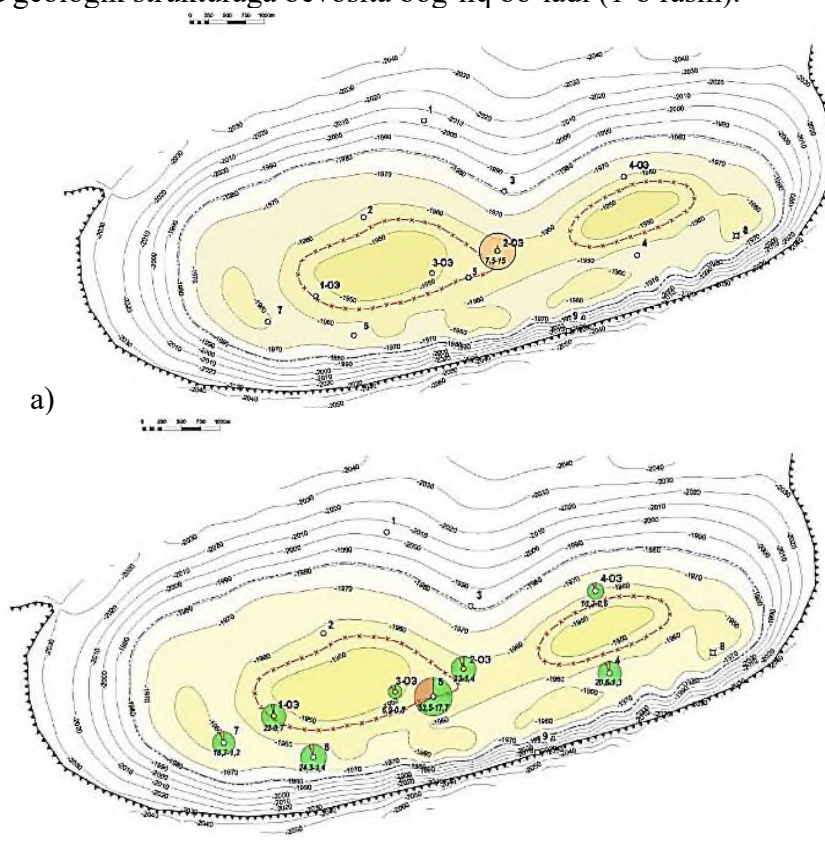
Matonat konining geologik tuzilmasi. Matonat koni geologik jihatdan XV gorizont oraligʻida joylashgan boʻlib, bu qatlam oʻrtacha 1800–2000 m chuqurlikda joylashgan (1-a rasm).

Matonat koni hujjatlariga asoslanib, quyidagi jihatlar ajratiladi:

- XV qatlamning yuqori va past chegaralari oʻrtacha 100 m dan iborat.

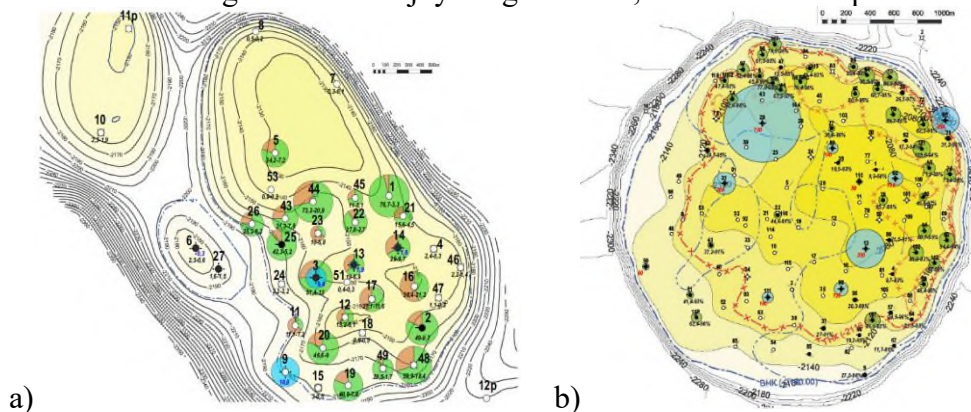
- Suv-neft va gaz-neft konturlari xaritalarda aniq chegaralangan.
- Kon gorizont bo'yicha notekis, ayrim quduqlarda gaz, boshqalarida suyuqlik mavjudligi aniqlangan.
- Suv bosimining tabiiy energiyasi va yoriqlar mavjudligi tufayli, kollektor xossalari bo'yicha 3 zonaga bo'linadi.

Kollektorlarning litologiyasi asosan dolomit va argillit bilan almashinuvchi ohaktoshli qatlamlardan iborat bo'lib, g'ovaklik 12–18%, o'tkazuvchanlik esa 20–75 mDg oralig'ida. Kislotali ishlov samarasi shu geologik strukturaga bevosita bog'liq bo'ladi (1-b rasm).



1-rasm. Matonat koni. a) XV gorizont: Gazning joriy tanlab olishlari bo'yicha ishlab chiqish xaritasi (01.01.2025), b) Yig'ilgan suyuqlik tanlab olishlari bo'yicha ishlab chiqish xaritasi (01.01.2024)

G'arbiy Kruk konining geologik-stratigrafik tavsifi. G'arbiy Kruk (2-a rasm) va Kruk konlari (2-b rasm) XV-P va XV-HP gorizontlarida joylashgan bo'lib, xaritalarida bu qatlamlar izohlangan.

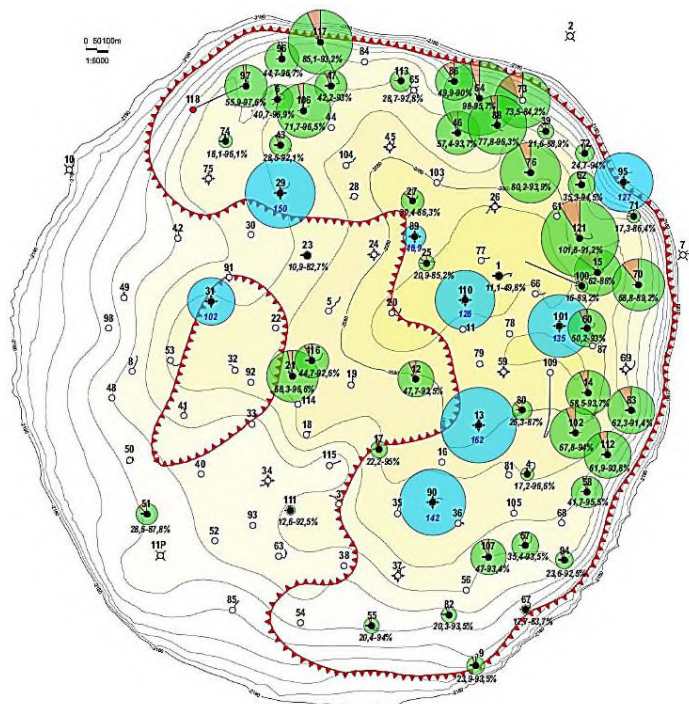


2-rasm. G'arbiy Kruk va Kruk konlari. a) G'arbiy Kruk koni: Yig'ilgan suyuqlik tanlab olishlari va suv haydash bo'yicha ishlab chiqish xaritasi (01.08.2024); b) Kruk koni XV gorizonti: Suyuqlikning joriy tanlab olinishi va suv haydash bo'yicha ishlab chiqish xaritasi (01.03.2025)

Quduqlar bo'yicha chuqurlik 2100–2300 m oralig'ida, maksimal gidrostatik bosimlar 24–26 MPa atrofida. Quyidagi geologik belgilar mavjud:

- Qatlamlar yotimi – gorizontalgacha yaqin;
- Litologik tarkibi – ohaktosh, dolomit, argillitli qatlamlar aralashmasi;
- Buzilishlar (faollar) mavjud emas, biroq yoriqlanish darajasi yuqori;
- XV gorizontda g'ovaklik 8–14%, o'tkazuvchanlik 10–120 mDg.

G'arbiy Kruk konida quduq atrofi zonasining kislotali ishlovdan oldingi holati bo'yicha xaritalar ishlab chiqilgan va shunga asoslangan holda modellashtirish uchun asos yaratilgan (3-rasm).



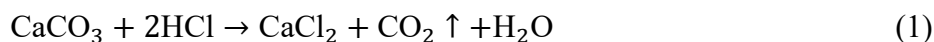
3-rasm. Kruk koni: Suyuqlikning joriy tanlab olinishi bo'yicha ishlab chiqish xaritasi (01.03.2024)

Kislotali ishlov berish nazariyasi va amaliyoti.

Kislotali ishlov berishning maqsadi va mohiyati. Kislotali ishlov berish – bu karbonat kollektor jinslarining kimyoviy xossalardan foydalangan holda quduq atrofi zonasining o'tkazuvchanligini oshirishga qaratilgan intensivlashtirish texnologiyasidir. Ushbu usul asosan xlorid kislotasi (HCl) va u bilan aralashirilgan turli reagentlar yordamida olib boriladi [9]. Maqsad – jinslar bilan kislotali reaksiyasini yuzaga keltirib, quyidagilarni amalga oshirish:

- kollektor zonalarini ochish va yangi filtratsiya kanallarini hosil qilish;
- yopiq va ifloslangan poralarni tozalash;
- tabiiy yoriqlarning kengayishini ta'minlash.

Kislotali ishlov paytida karbonat jinslar (masalan, kalsit – CaCO_3) bilan quyidagi reaksiya yuz beradi:



Ushbu reaksiya natijasida karbonat jins eriydi, CO_2 ajraladi va jins ichida chuqur, yuqori o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan "chervotochina" (wormhole) deb ataluvchi kanallar hosil bo'ladi.

Reaksiya kinetikasi va Damkyuler soni. Kislotali jinsga singib borarkan, uning reaktivligi va filtratsion tezligi o'zgaradi. Bu o'zgarishni matematik modellashtirishda Damkyuler soni (Da) muhim ahamiyatga ega. Bu son quyidagi nisbat bilan aniqlanadi:

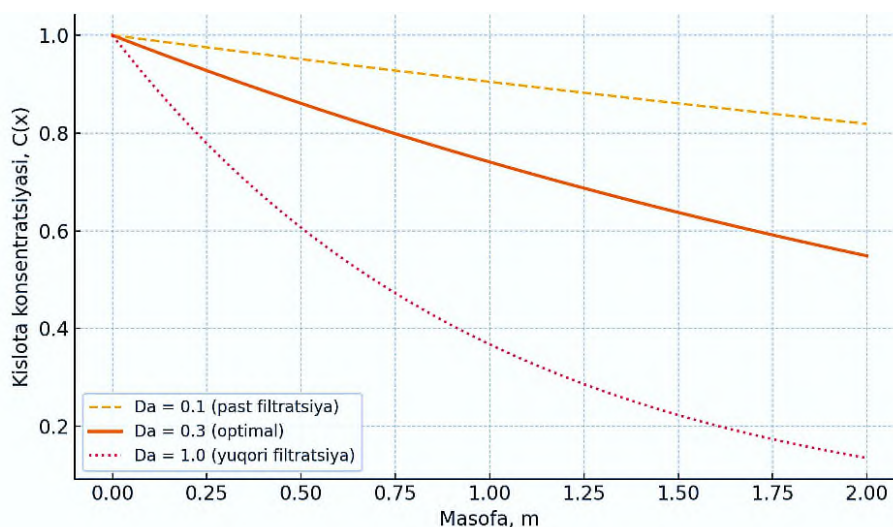
$$Da = \frac{k_r \cdot S}{v}, \quad (2)$$

bu yerda: k_r – reaksiya tezligi konstatasi, S – reaktiv yuzaning maydoni, v – kislotaning filtratsiya tezligi.

Tajribalarda isbotlanganidek, eng samarali “chervotochina” hosil bo‘lishi uchun Damkyuler soni $Da \approx 0,3$ atrofida bo‘lishi lozim (4-rasm). Bu sharoitda kam miqdordagi kislota bilan ham uzoq, tor, ammo o‘ta o‘tkazuvchan kanallar hosil bo‘ladi.

- Kislotali ishlov turlari.** Kislotali ishlov berish texnologiyasi bir necha shakllarda qo‘llaniladi:
- Oddiy kislotali ishlov (matrix acidizing) – kam bosimda, filtrlashga asoslangan reaksiya.
 - Bosim ostida ishlov (fracture acidizing) – yuqori bosimda, qatlamni yorib ochishga qaratilgan.
 - Selektiv ishlov – ayrim qatlamlar yoki zonalariga nisbatan maqsadli kislota yuborish [10].

Amaliy qo‘llanilishi. O‘zbekiston konlarida, ayniqsa G‘arbiy Kruk va Matonat konlarida, kislotali ishlov berish usuli quduqlarni qayta ishga tushirish va qazib olish samaradorligini oshirish uchun keng qo‘llanilmoqda. Misol uchun, 2024-yil holatiga ko‘ra, G‘arbiy Kruk konidagi 85-sonli quduqda kislotali ishlovdan keyin suyuqlik oqimi $23,9 \text{ m}^3/\text{sutkadan}$ $47,7 \text{ m}^3/\text{sutkagacha}$ oshgani qayd etilgan.



4-rasm. Filtratsiya tezligi (Damkyuler soni) va kislota konsentratsiyasi tarqalishi.

4-rasmda filtratsiya tezligining ortishi bilan hosil bo‘lgan kanal strukturalari ko‘rsatiladi:

X o‘qi: Masofa (m) – kislota jinsga kirib borayotgan masofa. Y o‘qi: Kislota konsentratsiyasi $C(x)$ – masofa bo‘yicha kamayib boruvchi qiymat.

Chiziqlar:

$Da = 0,1$ – past filtratsiya: kislotaning chuqur o‘tishi, ammo sust reaksiya.

$Da = 0,3$ – optimal holat: samarali chervotochina shakllanishi.

$Da = 1,0$ – yuqori filtratsiya: kislotaning tez yutilishi, lekin kam ta’sir.

Metodlar

Kislotali ishlov berishni modellashtirish metodikasi.

Modellashtirishning maqsadi. Kislotali ishlov berishni modellashtirishdan maqsad – quduq atrofi zonasida kislota tarqalishini, jins bilan reaksiyaga kirishishini va natijada kollektorlik xossalarning qanday o‘zgarishini oldindan matematik tarzda bashorat qilishdir. Modellashtirish usullari yordamida quyidagilar aniqlanadi:

- Kislota eritmasining tarqalish yo‘nalishi va tezligi;
- Chervotochina shakllanish ehtimoli;
- Quduq samaradorlik indeksi (productivity index) qanday o‘zgarishi;
- Optimal bosim va konsentratsiya shartlari.

Matematik asoslari. Kislotali ishlov matematik jihatdan reaksiya-diffuziya-filtratsiya tizimi deb qaraladi. Bosh tenglama quyidagicha yoziladi:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \vec{v} \cdot \nabla C = D \nabla^2 C - R(C), \quad (3)$$

bu yerda C – kislota konsentratsiyasi (mol/L); \vec{v} – filtratsiya tezligi vektori (m/s); D – difuziya koeffitsienti (m^2/s); $R(C)$ – reaksiya tezligi funksiyasi (mol/(L·s)).

Reaksiya tezligi odatda quyidagi tarzda ifodalanadi:

$$R(C) = k_r \cdot S \cdot C^n, \quad (4)$$

bu yerda k_r – reaksiya tezligi konstatasi, S – jins yuzasining faolligi, n – reaksiya darajasi (odatda $n=1$).

Damkyuler soni asosidagi modellashtirish. Damkyuler soni (Da) filtratsiya va kimyoviy reaksiya o'rtasidagi nisbatni ifodalaydi:

$$Da = \frac{k_r \cdot S \cdot L}{v} \quad (5)$$

bu yerda L – modeldagi faol zona uzunligi (m), v – kislotaning filtratsiya tezligi.

Model turlari:

- $Da \ll 1$: kislota tez yuradi, jins bilan kam reaksiyaga kirishadi.
- $Da \approx 0,3$: optimal chervotochina hosil bo'ladi.
- $Da \gg 1$: kislota sust yuradi, yaqin zonada to'liq reaksiyaga kirishadi, chuqur zona qamrab olinmaydi.

5-rasmda Python yordamida yaratilgan oddiy model orqali Damkyuler soni oshgan sari kislota konsentratsiyasining tezroq kamayishini ko'rish mumkin. Shu orqali real konlarda optimal bosim, tezlik va kislota miqdori aniqlanadi.

Modelni validatsiyalash. Real dala ma'lumotlari bilan taqqoslash:

Masalan, Matonat konidagi 6,9–0,8 (suyuqlik/neft) ko'rsatkichdan keyingi o'zgarishlar modellashtirish orqali bashorat qilinadi.

O'zgarishlar modellashtirilgan chervotochina zonasi qamrovi bilan mos bo'lishi kerak.

Tadqiqot obyekti sifatida tanlangan konlar.

Matonat koni (XV gorizont)

1. Geologik va texnik holat

Matonat koni Qashqadaryo viloyatida joylashgan bo'lib, XV gorizont bo'yicha neft va gaz zaxiralari mavjud (1-rasm). 2023-yil holatiga ko'ra tuzilgan xaritalarda quyidagi ma'lumotlar keltirilgan:

- Quduq chuqurligi: 1800–2000 m;
- Qatlam bosimi: 20–25 MPa;
- Suv-neft va gaz-neft kontakt konturlari aniq ajratilgan;
- XV qatlamda 20 dan ortiq faol quduqlar mavjud (№22, №24, №53 va boshqalar);
- 6,9–0,8, 8,9–0,2 va 21,4–0,5 kabi ishlab chiqarish ko'rsatkichlari aniqlangan (suyuqlik (ming m³) – neft (ming t)).

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

# Parametrlar
L = 0.5 # m
v = 1e-4 # filtratsiya tezligi, m/s
kr = 1e-3 # reaksiya tezligi, 1/s
S = 100 # jins yuzasi, 1/m
Da = kr * S * L / v

# Grafik
x = np.linspace(0, L, 100)
C = np.exp(-Da * x / L) # konsentratsiya tarqalishi

plt.plot(x, C)
plt.title(f"Kislota konsentratsiyasi tarqalishi\nDamköhler soni = {Da:.2f}")
plt.xlabel("Masofa (m)")
plt.ylabel("Kislota konsentratsiyasi (nisbiy)")
plt.grid()
plt.show()
```

5-rasm. Python yordamida oddiy model (algoritmik misol):

2. Kislotali ishlovdan oldingi holat

Tahlillar shuni ko'rsatadiki:

- Ayrim quduqlarda ishlab chiqarish keskin kamaygan;
- G'ovaklik o'rtacha 12–16%, o'tkazuvchanlik 25–80 mDg;

– Suv bosimi energiyasi zaxirada, ammo qattiq jinslar kislotani yutishiga to‘sqinlik qiladi.

3. Modellashtirish va chervotochina zonasi

Model asosida kislotaning filtratsiyasi simulyatsiya qilindi (Damkyuler soni $Da \approx 0,3$). 24-chi quduqda HCl konsentratsiyasi 10% bilan quyidagi natijalarga erishildi:

- Chervotochina zonasi: 1,1 m radiusda shakllangan;
- Quduq samaradorlik indeksi (QSI): 38% ga oshgan;
- Optimal sarf: 2,2 m³ HCl/1 m radius.

G‘arbiy Kruk koni (XV-P gorizont)

1. Geologik tuzilma

G‘arbiy Kruk koni XV va XVa gorizontlarida joylashgan. 2023–2024-yillar uchun mavjud xaritalar quyidagilarni ko‘rsatadi:

- Qatlam chuqurligi: 2100–2300 m;
- Quduqlar soni: >100 ta (№85, №90, №118 va h.k.);
- Eng faol quduqlarda: 38,4 ming m³ suyuqlik, 21,2 ming t neft;
- O‘rtacha suvlilik darajasi: 85–98%.

2. Kislotali ishlovdan oldingi tahlil

85-raqamli quduqda modellashtirishdan oldin ishlab chiqarish:

- Quduq samaradorlik indeksi: 23,9 m³/sutka;
- Suvlilik darajasi: 93,5%;
- Kislotaning ta’sir radiusi 0,6 m atrofida.

3. Modellashtirish natijasi

Model yordamida quyidagilar aniqlandi:

- Kislotalar sarfi: 2,5 m³;
- Reaksiya hududi: 1,6 m radius;
- Quduq samaradorlik indeksi: 2,1 barobar oshgan (47,7 m³/sutka);
- Suvlilik darajasi kamayishi 6% (maqsadli zonal kislotali ishlov qo‘llandi).

1-jadval

Kislotali ishlovdan oldingi va keyingi natijalar

Kon nomi	Quduq №	Kunlik debit (oldin), m ³ /sut	Kunlik debit (keyin), m ³ /sut	QSI o‘zgarishi	Chervotochina radiusi, m
Matonat	24	8,9	12,6	+41,6%	1,1
G‘arbiy Kruk	85	23,9	47,7	+99,6%	1,6

Natijalar va tahlil

Modellashtirish natijalari asosida tahlil. Matonat va G‘arbiy Kruk konlarida olib borilgan modellashtirish quyidagicha asosiy natijalarni berdi:

– Chervotochina shakllanishi Damkyuler soni $Da \approx 0.3$ bo‘lgan holatda eng samarali tarzda kechdi.

– Quduq atrofi zonasida chervotochina radiusi 1,1–1,6 m gacha kengayib, filtratsiya kanallarining uzayishiga olib keldi.

2-jadval

Kislotali ishlovdan keyingi holat

Ko‘rsatkichlar	Matonat (quduq №24)	G‘arbiy Kruk (quduq №85)
Kislotalar sarfi (HCl, 10%)	2,2 m ³	2,5 m ³
Chervotochina radiusi	1,1 m	1,6 m
Oqim quvvati oshishi (QSI)	+41,6%	+99,6%
Suvlilik darajasi kamayishi	-3%	-6%
Optimal Da qiymati	$\sim 0,3$	$\sim 0,31$

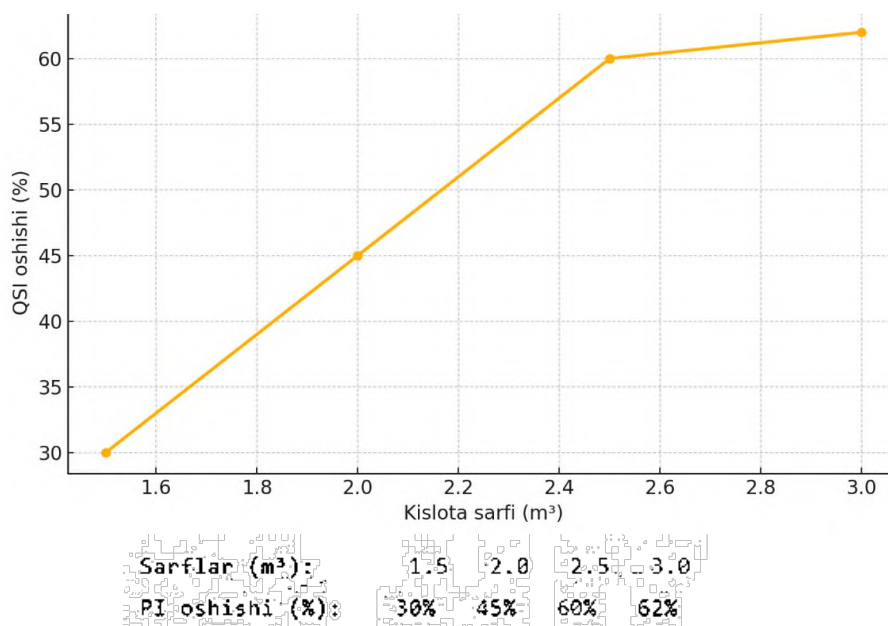
Bu natijalar shuni ko'rsatadiki, to'g'ri tanlanganda soni va qatlam geologiyasiga moslashtirilgan kislota sarfi yordamida samaradorlik sezilarli oshadi. Ayniqsa, G'arbiy Kruk konida maqsadli zonal kislotali ishlov orqali yuqori samaradorlikka erishilgan.

Qatlamlarning geterogenligi ta'siri. Geterogen qatlamlarda kislota oqimi yuqori permeabil zonalar tomon yo'nalgani sababli, modellashtirishda zonal taqsimotni hisobga olish zarur.

– Ayniqsa, Matonat konida dolomitli qatlamlar kislota ta'siriga sust bo'lgan bo'lsa, ohaktoshli qatlamlar kuchli erigan.

– Chuqur va tor chervotochina zonasi bo'lgan joylarda QSI oshishi 2 barobargacha kuzatildi.

Kislota sarfi va natija o'rtasidagi nisbat. Quyidagi diagramma kislota sarfi va QSI o'sishi o'rtasidagi korrelyatsiyani ko'rsatadi (6-rasm):



6-rasm. Kislota sarfi (m³) – QSI oshishi (%) grafigi

Diqqatga sazovor jihat: 2,5 m³ dan ortiq sarflarda QSI oshishi sekinlashadi → bu iqtisodiy jihatdan optimal nuqtani aniqlashga imkon beradi.

Xulosalar

1. *Geologik tuzilmaning inobatga olinishi:* Karbonat kollektorlarning kislotali ishlov berish samaradorligi ularning geologik tuzilmasi – ya'ni qatlamlar geterogenligi, minerallarning reaktivligi, yoriqlanish darajasi kabi omillarga bevosita bog'liq ekanligi isbotlandi. Ayniqsa, Matonat va G'arbiy Kruk konlarida litologik farqlar kislotali ishlovning tarqalishi va reaksiya zonalariga sezilarli ta'sir ko'rsatdi.

2. *Damkyuler sonining roli:* Modellashtirish natijalariga ko'ra, Damkyuler soni $Da \approx 0.3$ bo'lgan holatda "chervotochina" – ya'ni yuqori o'tkazuvchanlikka ega kanallar shakllanishi eng samarali tarzda kechadi. Bu son kislotali ishlovning tezligi va jinsning reaksiyaviyligi orasidagi optimal nisbatni ifodalaydi.

3. *Matematik model ishonchliligi:* Filtratsiya-diffuziya-reaksiya tenglamalari asosida yaratilgan model real dala ma'lumotlariga mos keldi. Bu esa modellashtirish orqali kislotali ishlov berish jarayonini oldindan baholash va optimallashtirish mumkinligini ko'rsatdi.

4. *Kislotali ishlov samarasi:* Matonat va G'arbiy Kruk konlarida olib borilgan amaliy tadqiqotlar natijasida quduq oqim quvvati 41–100% gacha oshgani, suvlilik darajasi esa 3–6% ga kamaygani kuzatildi. Bu esa texnologiyaning yuqori samaradorligini tasdiqlaydi.

Amaliy tavsiyalar:

– *Kislotali ishlovdan oldin geologik zonal tahlil qilish:* Har bir qatlam va kollektor zonasining mineralogiyasi, g'ovakligi va yoriqlanishini baholash zarur. Bu kislota ta'sirini bashorat qilishga yordam beradi.

– *Kislota sarfini optimallashtirish*: Amaliyot shuni ko‘rsatdiki, kislota sarfini 2.2–2.5 m³/1 m radiusda cheklash orqali maksimal QSI oshishiga erishiladi. Sarf ortsa, samaradorlik sustlashadi.

– *Selektiv kislotali ishlov berish texnologiyalarini qo‘llash*: Ayniqsa, yuqori suvlilik darajasiga ega zonalarda targeted acidizing usullarini qo‘llash foydalidir. Bu kislota isrofini kamaytiradi va aniq zarur zonalariga yo‘naltirish imkonini beradi.

– *Eksperimental validatsiya*: Har bir model yoki hisoblashdan keyin dala sharoitida quduq ishlashini monitoring qilish zarur. Bu modelni real natijalarga moslashtirishga imkon beradi.

Adabiyotlar

- [1] Салимов О.В., Зиятдинов Р.З. Методика оперативной оценки гидродинамического состояния призабойной зоны нефтяных скважин // Нефтепромысловое дело. Москва, 2011, № 3. С.12-15.
- [2] Burnashev V.F., Khuzhayorov B.Kh. Modeling the Acid Treatment of the Dolomitic Collector of an Oil Formation Bottom-Hole Zone with Account of Rock Colmatation // Fluid Dynamics, 2015, Vol. 50, No. 1.p. 71-78.
- [3] Гамидов Г.А., Искандеров Д.А., Байрамов М.М. О влиянии состояния призабойной зоны на дебит скважин при различных режимах разработки месторождений // Нефтепромысловое дело. Москва, 2011, № 1. С.13-16.
- [4] Ermatov N.X., Boyqobilova M.M., Xushvaqto'v G'.A., Ahatova G.A. Quduq tubiga atrofiga xlorid kislotali ishlov berish texnologiyasini takomillashtirish // Innovatsion texnologiyalar. – Qarshi, 2024. – № 4(56). – B.7-13.
- [5] Искандеров Д.А., Бабаев Р.Д., Ага-заде О. Оценка параметров пласта на основании скин-эффекта // Нефтепромысловое дело. Москва, 2011, № 5. С.18-21.
- [6] Ermatov N.X., Samatov Sh.Sh., Vozorov U.S. Влияние геоморфологических и литологических факторов на эффективность кислотной обработки карбонатных коллекторов // “Neft va gaz sohasida kadrlar tayyorlash sifatini oshirishda ta’lim va ishlab chiqarish klasterining ahamiyati” respublika miqyosidagi ilmiy-amaliy maqolalar va tezislari to‘plami. – Qarshi: Intellect, 2025. – B. 391–394.
- [7] Samatov Sh.Sh. Quduq atrofi zonasining geologik tuzilishini inobatga olgan holda karbonat kollektorlarga kislotali ishlov berishni modellashtirish // “O‘zbekistonning innovatsion taraqqiyotida yoshlarning o‘rni” ilmiy-amaliy anjumani (Qarshi, 17–18 iyun 2025). – Qarshi, 2025. – B. 78–81.
- [8] Ermatov N.X., Samatov Sh.Sh., Hayitov L.K. Karbonat kollektorlarida kislotali ishlov berishni modellashtirish va samaradorligini oshirish yo‘llari // “Geologiya fanlari, innovatsion rivojlanish, mutaxassislar tayyorlashning dolzarb muammolari va istiqbollari” xalqaro ilmiy-amaliy anjuman. – Toshkent, 2025. – B. 272–274
- [9] Рахманкулов М.Т., Нодиров Э.Ш., Хамраев Б.Ш., Саматов Ш.Ш. Особенности применения кислотных обработок в карбонатных породах для интенсификации дебитов скважин // Web of Scholar. 2017. 9(18), Vol. 1. – P. 18–20.
- [10] Ahatova G.A., Samatov Sh.Sh., Jo‘rayeva G.Ch. Karbonat kollektorlarda kislotali ishlov berish samaradorligini quduq atrofi zonasining geologik tuzilishi bilan uyg‘un modellashtirish // Ta’lim innovatsiyasi va integratsiyasi. – 2025. – T.54, №1. – B. 217–222.