

UDK 622.276.6:552.54:519.876.5

QUDUQ ATROFI ZONASINING GEOLOGIK TUZILISHINING KISLOTALI ISHLOV SAMARADORLIGIGA TA'SIRI

Maxmudov Sardor Isomiddin o'g'li

Qarshi davlat texnika universiteti, O'zbekiston

Samatov Sherzod Shavkatovich

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti, O'zbekiston

Jo'rayeva Gulnoza Cho'tmurodovna

Kasbi sanoat xizmat ko'rsatish texnikumi, O'zbekiston

Annotatsiya. Maqolada karbonat kollektorlar uchun kislotali ishlov berish (KIB) samaradorligini belgilovchi quduq atrofi zonasi (QAZ)ning geologik xususiyatlari nazariy jihatdan tahlil qilinadi. QAZning litologik tarkibi, g'ovak-yoriqlilik tuzilishi, mineralligi va bir jinsli bo'lmagan (geterogen) xususiyatlari kislotaga oqimi, erish (dissolyutsiya) fronti va oqim yo'llari (wormhole) shakllanishiga qanday ta'sir ko'rsatishi tushuntiriladi. Soha bo'yicha klassik monografiyalar va zamonaviy ilmiy maqolalardan foydalangan holda QAZ geologiyasi bilan KIB dizayn qarorlarini uyg'unlashtirish uchun konseptual asos ishlab chiqiladi [1–6].

Kalit so'zlar: karbonat kollektor; quduq atrofi zonasi; kislotali ishlov berish (KIB); g'ovaklik; yoriqlilik; bir jinsli bo'lmagan tuzilma; oqim yo'li (wormhole); samara (skin); dizayn mezonlari.

KIRISH

Karbonat kollektorlar (ohaktosh, dolomit)da KIB – tiqilib qolgan yoki shikastlangan oqim yo'llarini tiklash, oqim quvvatini oshirish va samarali drenajni qayta ta'minlashning asosiy texnologik usullaridan biridir. KIB samaradorligi ko'p omilli bo'lib, bunda QAZning geologik tuzilishi hal qiluvchi rol o'ynaydi: g'ovak-kapillyar struktura, tabiiy yoriqlilik, sementlanish darajasi, gil-aralashmalar, halqa zonalar (drilling/ completiondan qolgan shikastlanish), shuningdek, minerallik tarkibi (kaltsit/dolomit nisbati, aralash karbonatlar va boshqalar) kislotaga oqimi va reaksiyasining mahalliy rejimini belgilaydi [1–2]. Tarixiy va amaliy ko'rsatkich sifatida SPE monografiyasi – *Acidizing Fundamentals* (1979) va Economides & Nolte, *Reservoir Stimulation* (3-nashr) KIBning nazariy va amaliy asoslarini mustahkamlagan, ayniqsa karbonat muhitlarda oqim kanallari (wormhole) shakllanishi, samarali ta'sir radiusi va “skin”ni kamaytirishning muhim mezonlarini bayon etadi [1–2].

Oxirgi yillarda KIB nazariyasi va modellashtirishida transport–reaksiya o'zaro ta'sirini chuqur tushuntiruvchi ishlar (Fredd & Fogler), ikki-masshtabli (two-scale

continuum) yondashuvlar (Panga va hammualliflar), hamda geterogenlikning reaktiv erishga ta'siri (Kalia & Balakotaiah) asosiy tayanchga aylangan [3–6]. Ushbu manbalar QAZ geologiyasini inobatga olgan holda KIB dizaynini (kislota tipini, konsentratsiyasini, berish tezligini va hajmini, shuningdek, divertor va SFM qo'llash zaruratini) moslashtirishni taqozo etadi.

Qudug atrof zonasi (QAZ) va geologik tuzilma

Ta'rif va chegaralar. QAZ – quduq devoridan boshlab bir necha o'n santimetrdan bir necha metrga (ba'zi hollarda o'nlab metrgacha) cho'ziladigan, burg'ilash/mustahkamlash ta'siri kuchliroq seziladigan va tabiiy-sun'iy heterogenliklar to'planadigan hududdir. QAZda g'ovak-kapillyar struktura ko'pincha qatlam massasiga nisbatan o'zgargan bo'ladi: filtratsiya kanallari yiriklashishi yoki, aksincha, loylanish/sementlanish sabab torayishi mumkin. Aynan shu hududda kislota bilan birlamchi o'zaro ta'sir sodir bo'ladi va keyingi oqim yo'llari (wormhole)ning boshlanishi yoki "face-dissolution" (faqat quduq yuzasi erishi) kabi noxush rejimlar paydo bo'lishi kuzatiladi [1–3].

Litologik va petrografik omillar. Karbonatlarda don hajmi, seimentlanish, mikro-yoriqlar, stylolitlar, gil-aralashmalar, temir oksidlari va boshqa qatqilar oqimning mahalliy yo'nalishini hamda kislota sarfini keskin o'zgartiradi. Dolomitlashgan zonalar ko'pincha reaksiya tezligi va erish naqshlarida kaltsitga nisbatan farq ko'rsatadi; aralash minerallik esa "preferensial yo'l"lar paydo bo'lishida muhim [2, 6].

Tabiiy yoriqlilik va uzilishlar. Yoriqlar kislota uchun tez-oqim yo'llari bo'la oladi, biroq faqat yoriqni tozalash emas, balki matritsada barqaror kanal tarmog'i hosil qilish (matrix acidizing maqsadi) muhim. Aks holda kislota yoriq bo'ylab "shunt" qilib, matritsa ta'sir radiusi kichik qoladi [2].

Sun'iy shikastlanishlar. Burg'ilash loylari filtrlashi, polimerlar, fines-ko'chish va sement qoldiqlari QAZda "bottleneck" zonalar hosil qilib, KIB oldidan to'g'ri pre-flush/after-flush rejasini talab etadi; aks holda kislota noxush reaksiyalarga sarf bo'ladi [1–2].

Kislota–qatlam o'zaro ta'siri: asosiy nazariy qarashlar

Transport–reaksiya uyg'unligi. Karbonat kollektorlarida samarali KIB uchun reaksiya tezligi (mineral–kislota kimyosi) va konvektiv-dispersiv transport (g'ovak-yoriqli muhitda oqim) bir paytda hisobga olinadi. Fredd & Fogler ishlarida keltirilgan konsepsiyalar shuni ko'rsatadiki, oqim tezligi juda past bo'lsa – kislota kirish yuzasida tez iste'mol bo'ladi ("face-dissolution"), juda yuqori bo'lsa – reaksiya vaqti yetmaydi, ya'ni barqaror wormhole shakllanishi uchun muvozanatdagi "o'rta rejim" kerak [3].

Ikki-masshtabli yondashuv. Panga va hammualliflar taklif etgan ikki-masshtabli (two-scale continuum) model mikro-g'ovaklar darajasidagi reaktiv erishni makro-oqim bilan bog'laydi; bu yondashuv kanal tarmog'ining shakllanishi va barqarorlashuvini miqdoriy tushuntirishga imkon beradi. Geterogenlamgan muhitda kanal yo'llari

beqaror bo'lishi, ko'plab boshlanish nuqtalari paydo bo'lib, tartibga tushgan "asosiy kanal"ga birlashishi mumkin [4].

Geterogenlikning roli. Kalia & Balakotaiah karbonat muhitda geterogenlik nafaqat erish naqshini (pattern) balki kislota sarfini ham sezilarli o'zgartirishini ko'rsatadi: o'tkazuvchanlik/reaksiyaga moyillik bo'yicha kuchli farqlar bo'lsa, kislota eng oson yo'lga oqadi va qolgan zona yetarlicha stimulyatsiya qilinmay qolishi mumkin. Demak, KIB dizaynida divertor, yopishqoqlashtirilgan kislotalar yoki bosqichli berish rejimlari zarur bo'lishi ehtimoli katta [5].

Amaliy xulosa: QAZning g'ovak-yoriqlilik va minerallik xaritasi qanchalik to'liq bo'lsa, KIB rejimini shunchalik "o'rtacha oqim – yetarli reaksiya vaqt" nuqtasiga **tuning** qilish osonlashadi [3–5].

QAZ geologik omillari va KIB natijasi o'rtasidagi funksional bog'liqlik

(a) G'ovaklik–permeabilite ($\phi-k$) struktura. O'rta va yuqori k oralig'ida to'g'ri tanlangan oqim tezligi barqaror kanal tarmog'i hosil bo'lishini yengillashtiradi; juda past k sharoitida esa kislota kapillyar-cheklovli zonalarda sekin ilgari lanadi va ko'proq hajm yoki impulsli berish rejimi talab qilinishi mumkin [2–4].

(b) Minerallik farqlari (kaltsit/dolomit/aramash). Reaksiya kinetikasi farqlari sabab erish frontlarining notekisligi kuchayadi; shu bois bosqichma-bosqich kislotalar zanjiri ($\text{HCl} \rightarrow$ organik kislota yoki tamponlangan eritmalar), SFM qo'shish, emulsiya-qarshi qo'shimchalar foydalanish maqsadga muvofiq bo'lishi mumkin [1–2, 6].

(c) Tabiiy yoriqlar va stylolitlar. KIB faqat yoriqni yuvish emas, balki matritsa o'tkazuvchanligini barqaror oshirishga qaratilgan bo'lishi kerak; aks holda samaradorlik "faqat yoriq bo'ylab oqim" bilan cheklanishi mumkin. Shuning uchun diverting strategiyalari, viskoelastik yoki tolali divertorlar, bosqichli bosim rejimlari muhim [2].

(d) QAZdagi texnogen shikastlanish. Loy-filtrat, polimerlar, fines va sement qoldiqlari mavjud bo'lsa, pre-flush (masalan, HCl-ga mos hal qiluvchilar, solventlar) bilan "kimyoviy tozalash" KIB samaradorligini oshiradi; aks holda kislota **keraksiz reaksiyalarga** sarflanadi [1–2].

(e) Namlanish xossalari va sirt kimyosi. QAZ sirtining namlanish xossalari, SFM bilan ho'llanishning boshqarilishi emulsiyalanishni kamaytirishi va oqim kanallarini barqarorlashtirishi mumkin [2].

Diagnostika, monitoring va samaradorlikni baholash

Ishlovdan oldingi diagnostika: karotajlar, yadro–petrografiya, yaqin-quduq sinovlari, loy filtri izlari bo'yicha QAZ xaritasini tuzish (shartli geterogenlik indeksi).

Jarayon davomida: bosqichma-bosqich testlar (step-rate) va real-vaqt bosim/debit kuzatuvi bilan oqim–reaksiya rejimini nazorat qilish [2].

Ishlovdan keyin: mahsuldorlik indeksining oshishi, “skin”ning pasayishi, debitlar dinamikasi va bosim tiklanishi orqali natijani baholash; kerak bo‘lsa, **retuning** (qayta ishlov) [1–2], [4–5].

XULOSA

KIB samaradorligi QAZ geologiyasining mahalliy xususiyatlariga bevosita bog‘liq; oqim–reaksiya uyg‘unligi “barqaror kanal tarmog‘i”ga olib keladigan o‘rta rejimni tanlashni taqozo etadi [3–5], [7].

Kuchli geterogen muhitda oqimning “preferensial yo‘llar”ga ketishi diverting va yopishqoqlashtirish orqali boshqariladi; pre-/after-flush esa reaktiv mahsulotlar va texnogen shikastlanishlar ta’sirini kamaytiradi [1–2], [5].

Diagnostika–monitoring–retuning sikli barqaror samaradorlik uchun majburiy bo‘lib, KIB dizayni har bir qatlam va QAZ uchun moslashtirilgan bo‘lishi kerak [2], [4].

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Williams B.B.; Gidley J.L.; Schechter R.S. Acidizing Fundamentals. SPE Monograph, Vol. 6. — New York: Henry L. Doherty Memorial Fund of AIME; Society of Petroleum Engineers, 1979. — 142 p.
2. Economides M.J.; Nolte K.G. Reservoir Stimulation. 3rd ed. — New York: John Wiley & Sons, 2000. — 856 p.
3. Fredd C.N.; Fogler H.S. Influence of transport and reaction on wormhole formation in porous media // AIChE Journal. — 1998. — Vol. 44, No. 9. — P. 1933–1949.
4. Panga M.K.R.; Ziauddin M.; Balakotaiah V. Two-scale continuum model for simulation of wormholes in carbonate acidization // AIChE Journal. — 2005. — Vol. 51, No. 12. — P. 3231–3248.
5. Kalia N.; Balakotaiah V. Effect of medium heterogeneities on reactive dissolution of carbonates // Chemical Engineering Science. — 2009. — Vol. 64, No. 2. — P. 376–390. DOI: 10.1016/j.ces.2008.10.026.
6. Ghommam M.; et al. Carbonate acidizing: Modeling, analysis, and characterization of wormhole formation and propagation // Journal of Petroleum Science and Engineering. — 2015.
7. Fredd C.N.; Fogler H.S. Optimum conditions for wormhole formation in carbonate porous media: role of transport and reaction // SPE Journal. — 1999. — Vol. 4, No. 3. — P. 196–205. DOI: 10.2118/38176-PA.