БАРИТЛИ ТИҚИЛИШНИ БАРТАРАФ ЭТИШДА КОМПЛЕКС ҲОСИЛ ҚИЛУВЧИ РЕАГЕНТЛАРДАН ФОЙДАЛАНИШ САМАРАДОРЛИГИ (ШАКАРБУЛОҚ КОНИ ШАРОИТИ МИСОЛИДА)

Султонова Фотима Нормуродовна
fotimasultonova@gmail.com
Курбанов Мингникул Жумагулович
Қарши давлат университети дотцент
mingniqulqurbanov@gmail.com

Аннотация. *Бурғилаш эритмаси таркибидаги барит ($BaSO_4$) маҳсулдор қатламга ва перфорация каналларига кириб, қудуқ маҳсулдорлигини пасайтириши мумкин. Барит минерал кислоталарда кам эрийди, шунинг учун унинг чўкмаларини бартараф этишда комплекс ҳосил қилувчи реагентлар қўлланади. Мақолада нашр этилган маълумотлар таҳлил қилинган: DTPA энг кўп ўрганилган реагент бўлиб, юқори pH (11–12) да самарали; 0,5 М калийли DTPA эритмаси 24 соатда барит чўкмасининг тахминан 60 % ини эритган, катализатор билан бу кўрсаткич 80–90 % га етган. Нитрилотриметилфосфон кислота (НТФ) мустақил эритувчи сифатида топилган манбаларда тасдиқланмаган, адабиётда барит чўкишининг ингибитори сифатида ўрганилган; DTPA га қўшилганда эриш миқдори патентда 3,4–13,6 % ортгани кўрсатилган. Шакарбулоқ кони қатлам шароити (≈39 МПа, 122–123 °C) учун лаборатория синовлари тавсия этилади.*

Калит сўзлар: *барит, $BaSO_4$, DTPA, нитрилотриметилфосфон кислота, НТФ, комплекс ҳосил қилиш, маҳсулдор қатлам, Шакарбулоқ кони.*

Аннотация. *Барит ($BaSO_4$) из состава бурового раствора может проникать в продуктивный пласт и перфорационные каналы и снижать продуктивность скважин. Барит плохо растворим в минеральных кислотах, поэтому для его удаления применяют комплексообразующие реагенты. В статье проанализированы опубликованные данные: наиболее изучен DTPA, эффективный при высоком pH (11–12); 0,5 М раствор K-DTPA растворял около 60 % баритового осадка за 24 ч, с катализатором — 80–90 %. Нитрилотриметилфосфоновая кислота (НТФ) как самостоятельный*

растворитель в найденных источниках не подтверждена и описана как ингибитор барита; в смеси с DTPA, по данным патента, она увеличивала растворение на 3,4–13,6 %. Для условий месторождения Шакарбулак (≈39 МПа, 122–123 °C) рекомендованы лабораторные испытания.

Ключевые слова: *барит, $BaSO_4$, DTPA, нитрилотриметилфосфоновая кислота, НТФ, комплексообразование, продуктивный пласт, месторождение Шакарбулак.*

Abstract. *Barite ($BaSO_4$) from drilling fluids can invade the productive formation and perforation channels and reduce well productivity. Barite is poorly soluble in mineral acids, so chelating agents are used to remove it. This paper reviews published data: DTPA is the most studied reagent and works at high pH (11–12); a 0.5 M K-DTPA solution dissolved about 60 % of barite scale in 24 h, and 80–90 % with a catalyst. Nitrilotris(methylenephosphonic) acid (NTMP) as a stand-alone solvent was not confirmed in the sources found and is described as a barite scale inhibitor; added to DTPA, it increased dissolution by 3.4–13.6 % according to a patent. Laboratory tests are recommended for the Shakarbulak field conditions (≈39 MPa, 122–123 °C).*

Keywords: *barite, $BaSO_4$, DTPA, NTMP, chelation, productive formation, Shakarbulak field.*

Кириш

Барит бурғилаш эритмаларини оғирлаштириш учун қўлланади. Нефть ва газ қудуқларида барит чўкмаси энг кенг тарқалган чўкмалардан бири ҳисобланади; у минерал кислоталарда (масалан, HCl) кам эрийди, шунинг учун эритиш учун DTPA, EDTA каби комплекс ҳосил қилувчи реагентлар таклиф этилган, лекин улар ичида баритнинг эрувчанлиги паст бўлган [1].

Мақоланинг мақсади — барит чўкмасини бартараф этишда DTPA ва нитрилотриметилфосфон кислота (НТФ) бўйича нашр этилган маълумотларни таҳлил қилиш ва Шакарбулоқ кони қатлам шароити учун лаборатория синовлари йўналишини асослашдир.

Тадқиқот объекти ва усуллари

Шакарбулоқ кони Қашқадарё вилояти Ғузор туманида жойлашган [2]. 1-жадвалда 4-қудуқ бўйича 1990 ва 1993 йилларда олинган қатлам кўрсаткичлари келтирилган. Қатлам сувлари Сулин бўйича сульфатли-натрийли турга, хлоридли гуруҳга мансуб, зичлиги 1,06–1,09 г/см³ [2].

1-жадвал

Шакарбулоқ конида 4-қудуқ бўйича қатлам кўрсаткичлари [2]

Кўрсаткич	1990 й.	1993 й.
Горизонт; перфорация интервали, м	XV-P; 3770–3782	XV-P; 3770–3782
Қатлам босими, МПа	39,1	39,2
Қатлам ҳарорати, °C	122	123
Тўйиниш босими, МПа	37,5	38,0

Тадқиқот усули — DTPA ва НТФ бўйича нашр этилган илмий мақолалар ва патент маълумотларини солиштирма таҳлил қилиш [1, 3–9].

Баритни эритиш механизми ва реагентлар

DTPA нефть-газ саноатида барит чўкмасини эритиш учун кенг қўлланади. Атом-куч микроскопияси тадқиқотида DTPA нинг битта молекуласи барит (001) сиртидаги иккита-учта Ba^{2+} катионига бириккани, эриш эса сиртда чуқурчалар ҳосил бўлиши орқали борганлиги кўрсатилган [3]. 0,05 M DTPA эритмасида эриш тезлиги ҳароратга кучли боғлиқ, активация энергияси тахминан 45 кДж/моль; бу тезлик Ba–DTPA сирт комплексининг десорбцияси билан белгиланишини англатади [4]. Барит чўкмаларини хелатлар билан эритиш тажрибаларда ўрганилган [5].

Тажрибада 0,5 M калийли DTPA эритмаси pH 11–12 да 24 соатда барит чўкмасининг тахминан 60 % ини эритган; 5–7 масс. % K_2CO_3, KCl ёки калий формиат қўшилганда эриш 80–90 % га кўтарилган, оптимал вақт 24 соат бўлган [1].

НТФ (аминотри(метиленфосфон кислота)) бўйича топилган манбаларда у баритни эритувчи сифатида эмас, чўкиш ингибитори сифатида ўрганилган: молекуляр моделлаштириш тадқиқотида барит чўкишини ингибирлаш кучи бўйича НТФ DETPMP ва поляспарагин кислотадан ортда қолган [6]. Фосфон гуруҳлари умуман металл ионлари билан координацион бирикмалар ҳосил қилиши маълум [8, 9], лекин бу баритнинг эришини англатмайди.

Mobil Oil Corporation патентида НТФ (ATMP) DTPA га иккинчи компонент сифатида қўшилганда (pH 11–13, 100 °C, 7 соат) 0,5 M DTPA нинг ўзига нисбатан барит эриши 0,167 M ATMP да 3,4 %, 0,5 M ATMP да 13,6 % ортган; бошқа иккита фосфонат эса эришни 4,2 % ва 20,3 % га камайтирган [7]. Демак, фосфонат қўшилишининг таъсири реагент турига боғлиқ.

Натижалар ва муҳокама

2-жадвал

Нашр этилган маълумотлар бўйича DTPA ва НТФ нинг барит эришидаги ўрни

Кўрсаткич	DTPA	НТФ (ATMP/NTMP)
Баритга нисбатан вазифаси	Асосий эритувчи реагент [1, 3]	Ингибитор сифатида ўрганилган [6]; DTPA га қўшимча сифатида синалган [7]
Шароит	pH 11–12 [1]	DTPA билан аралашмада pH 11–13 [7]
Миқдорий натижа	0,5 M, 24 соат: ≈60 %; катализатор билан 80–90 % [1]	0,5 M DTPA га нисбатан +3,4 % (0,167 M) ва +13,6 % (0,5 M) [7]

Шакарбулоқда қатлам ҳарорати 122–123 °C (1-жадвал), бу патентдаги тажриба ҳароратидан (100 °C) юқори. DTPA нинг эриши ҳароратга кучли боғлиқлиги [4] инобатга олинса, бундай ҳарорат эритиш учун қулай бўлиши мумкин, аммо ҳарорат ва босимнинг миқдорий таъсирини ушбу конга мос синовларсиз баҳолаб бўлмайди.

Таҳлил шуни кўрсатадики, баритли тиқилишни бартараф этишда DTPA асосидаги ишқорий эритма (pH 11–13) асосий вариант ҳисобланади, НТФ эса мустақил эритувчи сифатида эмас, DTPA га қўшимча сифатида синаб кўрилиши мумкин. Шакарбулоқ шароитида бу реагентларнинг самарадорлиги бўйича миқдорий маълумот ҳозирча йўқ.

Хулоса

Нашр этилган маълумотларга кўра, барит чўкмасини эритишнинг асосий усули DTPA асосидаги юқори pH ли эритмалардир: 0,5 M калийли DTPA 24 соатда тахминан 60 % баритни эритган, катализатор билан 80–90 % гача. НТФ мустақил эритувчи сифатида тасдиқланмаган, лекин DTPA га қўшилганда эришни 3,4–13,6 % га оширган.

Шакарбулоқ конида қатлам ҳарорати 122–123 °C, босими ≈39 МПа. Бу шароит учун DTPA ва DTPA+НТФ композицияларини лаборатория синовида солиштириш, сўнгра керн ва саҳра синовларига ўтиш мақсадга мувофиқ.

Фойдаланилган адабиётлар

1. Bageri B.S., Mahmoud M.A., Shawabkeh R.A., Al-Mutairi S.H., Abdulraheem A. Toward a complete removal of barite (barium sulfate $BaSO_4$) scale

using chelating agents and catalysts // Arabian Journal for Science and Engineering. 2017. Vol. 42, No. 4. P. 1667–1674. DOI: 10.1007/s13369-017-2417-2.

2. Абдиразаков А.И., Иботов О.К., Мавланов З.А. Анализ показателей разработки месторождения и практических расчетов // Universum: технические науки. 2020. № 12 (81). URL: https://7universum.com/ru/tech/archive/item/11001.

3. Wang K.S., Resch R., Dunn K., Shuler P., Tang Y., Koel B.E., Yen T.F. Dissolution of the barite (001) surface by the chelating agent DTPA as studied with non-contact atomic force microscopy // Colloids and Surfaces A. 1999. Vol. 160, No. 3. P. 217–227. DOI: 10.1016/S0927-7757(99)00183-1.

4. Putnis C.V., Kowacz M., Putnis A. The mechanism and kinetics of DTPA-promoted dissolution of barite // Applied Geochemistry. 2008. Vol. 23. P. 2778–2788. DOI: 10.1016/j.apgeochem.2008.07.006.

5. Dunn K., Yen T.F. Dissolution of barium sulfate scale deposits by chelating agents // Environmental Science & Technology. 1999. Vol. 33, No. 16. P. 2821–2824. DOI: 10.1021/es980968j.

6. Al Hamad M., Al-Sobhi S.A., Onawole A.T., Hussein I.A., Khraisheh M. Density-functional theory investigation of barite scale inhibition using phosphonate and carboxyl-based inhibitors // ACS Omega. 2020. Vol. 5, No. 51. P. 33323. DOI: 10.1021/acsomega.0c05125.

7. Mobil Oil Corporation. Dissolution of sulfate scales. АҚШ патенти № 5 068 042.

8. Yücesan G., Zorlu Y., Stricker M., Beckmann J. Metal-organic solids derived from arylphosphonic acids // Coordination Chemistry Reviews. 2018. Vol. 369. P. 105–122.

9. Gagnon K.J., Perry H.P., Clearfield A. Conventional and unconventional metal-organic frameworks based on phosphonate ligands: MOFs and UMOFs // Chemical Reviews. 2012. Vol. 112, No. 2. P. 1034–1054.