

УДК 622.278; <https://doi.org/10.37878/2708-0080/2024-6.22>

<https://orcid.org/0000-0001-5688-996X>

<https://orcid.org/0000-0001-8539-1802>

<https://orcid.org/0000-0003-1156-8809>

<https://orcid.org/0000-0001-8742-6378>

<https://orcid.org/0009-0007-6728-6372>

<https://orcid.org/0009-0004-3101-4496>

## ХИМИЯЛЫҚ РЕАГЕНТТЕРДІ ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ, ҚАБАТТЫҢ ТҮП МАҢЫ АЙМАҒЫНЫҢ ӨТКІЗГІШТІГІН АРТТЫРУ



**А.М. БАЛГЫНОВА,**  
техникалық ғылым  
кандидаты, доцент,  
[moldir\\_merei66@mail.ru](mailto:moldir_merei66@mail.ru)



**Ж.С. САРҚҰЛОВА,**  
доцент, PhD,  
[zhadi\\_0691@mail.ru](mailto:zhadi_0691@mail.ru)



**Р.Ж. ОРАЗБЕКОВА,**  
техникалық ғылым  
кандидаты,  
[riza\\_a\\_o@mail.ru](mailto:riza_a_o@mail.ru)



**Г.А. ИСЕНГАЛИЕВА,**  
техникалық ғылым  
кандидаты, доцент,  
[isengul@mail.ru](mailto:isengul@mail.ru)

**М.Ж. ЖАНАЕВА,** магистрант, [madina.zhanaeva@bk.ru](mailto:madina.zhanaeva@bk.ru)

**Б.Б. СЕРІКБАЙ,** магистрант, [baxyts02@gmail.com](mailto:baxyts02@gmail.com)

Қ.ЖҰБАНОВ АТЫНДАҒЫ АҚТӨБЕ ӨҢІРЛІК УНИВЕРСИТЕТИ  
Қазақстан Республикасы, 030000, Ақтөбе қ., Ө.Молдағұлова, 34 қ

Мақала қышқыл құрамдарын қолдану арқылы қабаттардың өткізгіштігін арттыру және мұнай қайтарымын жоғарылату мәселелерін қарастырады. Өнімді қабаттарға қышқылдар (мысалы, тұз қышқылы немесе күкірт қышқылы) айдалғанда, олардың жыныспен өзара әрекеттесуі жүреді. Бұл процесс минералдардың еруіне, суда еритін тұздардың түзілуіне, көмірқышқыл газы мен жылудың бөлінуіне әкеледі. Ерекше назар төмен өткізгішті терригендік коллекторларға аударылған. Мұнда фтор қосылыстары бар қышқылдардың қолданылуы кеуек кеңістіктің гидравликалық өткізгіштігін жақсартуға көмектеседі. Қышқылдық технологияларды тиімді пайдалану үшін ұңғымаларды кешенді дайындау және физика-химиялық әдістерді кезең-кезеңімен қолдану ұсынылады. Сонымен қатар, қабаттардың өткізгіштік біркелкілігін қамтамасыз ету, мұнай өндіруді тұрақтандыру және су ағынын азайту үшін гель түзуші және тұнба түзуші құрамдарды әзірлеу мен қолданудың маңыздылығы атап өтіледі.

Мақала реагенттердің оңтайлы құрамын таңдау қажеттілігін көрсетеді, бұл коллектордың сипаттамалары мен кеуекті құрылымына байланысты, әсіресе сазды құмтастар болған жағдайда, олардың бітелуін болдырмау үшін. Қышқыл құрамдарының сазды жыныстармен өзара әрекеттесуін әрі қарай зерттеу және қабаттардағы химиялық реакциялардың ерекшеліктерін ескере отырып, технологияларды әзірлеу ұсынылады.

**ТҮЙІН СӨЗДЕР:** тұз қышқылы, су басу, өткізгіштік, мұнай беру, балшық қышқылы, беттік белсенді заттар, терригендік коллекторлар, полиакриламид, алкилденген күкірт қышқылы, беру қарқыны.

## УВЕЛИЧЕНИЕ ПРОНИЦАЕМОСТИ ПРИЗАБОЙНОЙ ЗОНЫ ПЛАСТА С ПРИМЕНЕНИЕМ ХИМИЧЕСКИХ РЕАГЕНТОВ

**А.М. БАЛГЫНОВ**, кандидат технических наук, доцент, [moldir\\_merei66@mail.ru](mailto:moldir_merei66@mail.ru)

**Ж.С. САРКУЛОВА**, доцент, докторант PhD, [zhadi\\_0691@mail.ru](mailto:zhadi_0691@mail.ru)

**Р.Ж. ОРАЗБЕКОВА**, кандидат технических наук, [riza\\_a\\_o@mail.ru](mailto:riza_a_o@mail.ru)

**Г.А. ИСЕНГАЛИЕВА**, кандидат технических наук, доцент, [isengul@mail.ru](mailto:isengul@mail.ru)

**М.Ж. ЖАНАЕВА**, магистр, [madina.zhanaeva@bk.ru](mailto:madina.zhanaeva@bk.ru)

**Б.Б. СЕРИКБАЙ**, магистр, [baxyts02@gmail.com](mailto:baxyts02@gmail.com)

АКТЮБИНСКИЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. ЖУБАНОВА  
Республика Казахстан, 030000, г. Ақтөбе, ул. А.Молдағұлова, 34

Рассматривается применение кислотных составов для увеличения проницаемости и повышения нефтеотдачи пластов. При закачке кислот (например, соляной или серной кислоты) в продуктивные пласты происходит их взаимодействие с породой, что приводит к растворению минералов, образованию растворимых солей, выделению углекислого газа и тепла. Особое внимание уделяется воздействию на низкопроницаемые терригенные коллекторы, где использование фторосодержащих кислотных составов помогает улучшить гидропроводность порового пространства. Для эффективного применения кислотных технологий рекомендуется проводить комплексную подготовку скважин и применять последовательные физико-химические методы воздействия. Кроме того, выделяется необходимость разработки и применения гелеобразующих и осадкообразующих композиций для выравнивания проницаемости пластов, стабилизации добычи нефти и сокращения водопритока.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** соляная кислота, заводнение, проницаемость, нефтеотдача, грязевая кислота, поверхностно-активные вещества, терригенные коллекторы, полиакриламид, алкилированная серная кислота, темп подачи.

## INCREASE OF BOTTOM HOLE ZONE PERMEABILITY USING CHEMICAL REAGENTS

**A.M. BALGYNOVA**, Candidate of Technical Sciences, *moldir\_merei66@mail.ru*

**Zh.S. SARKULOVA**, docent, PhD, *zhadi\_0691@mail.ru*

**R.Zh. ORAZBEKOVA**, candidate of Technical Sciences, *rizzaa\_O@mail.ru*

**G.A. ISSENGALIYEVA**, candidate of Technical Sciences, docent, *isengul@mail.ru*

**M.Zh. ZHANAYEVA**, Master's student, *madina.zhanaeva@bk.ru*

**B.B. SERIKBAY**, Master's student, *baxyts02@gmail.com*

AKTOBE REGIONAL UNIVERSITY NAMED AFTER K.ZHUBANOV  
34, str., A.Moldagulova, Aktobe, 030000, Republic of Kazakhstan

*The article examines the use of acid compositions to enhance permeability and improve oil recovery from reservoirs. Injecting acids (such as hydrochloric or sulfuric acid) into productive reservoirs results in their interaction with the rock, leading to mineral dissolution, the formation of soluble salts, and the release of carbon dioxide and heat. Particular attention is given to low-permeability terrigenous reservoirs, where the use of fluoride-containing acid compositions helps improve the hydraulic conductivity of pore spaces. For effective application of acid technologies, comprehensive well preparation and sequential physicochemical treatment methods are recommended. Additionally, the article highlights the need to develop and apply gel-forming and sediment-forming compositions to equalize reservoir permeability, stabilize oil production, and reduce water influx.*

*The article emphasizes the importance of selecting optimal reagents based on reservoir characteristics and pore structure, particularly in the presence of clay sandstones, to prevent clogging. It proposes further research into the interactions between acid compositions and clay formations, as well as the development of technologies tailored to the specific chemical reactions occurring in reservoirs.*

**KEY WORDS:** *hydrochloric acid, waterflooding, permeability, oil recovery, mud acid, surfactants, terrigenous reservoirs, polyacrylamide, alkylated sulfuric acid, feed rate.*

**К**іріспе. Қышқылдармен (немесе олардың композицияларымен) әсер еткенде қабаттың белгілі бір бөлігі әрекеттеседі және ериді, қабаттың түп маңы өткізгіштігі артады [1-3]. Мысалы, тұз қышқылы әктаспен әрекеттескенде суда жақсы еритін тұздар, сондай-ақ көмірқышқыл газы мен су түзіледі, олар ұңғыманы игеру кезінде қабаттан оңай шығарылады. Нәтижесінде тау жыныстарында еру арналары пайда болады. Бөлінетін CO<sub>2</sub> сонымен қатар әсер етудің оң әсерін тигізеді, әсіресе супер критикалық температурада CO<sub>2</sub> қысымға қарамастан газ түрінде болады. Белгілі бір жағдайларда қабатта желатинді гельдер пайда болуы немесе ерімейтін жауын-шашын түсуі мүмкін, олар арналарды тарылтады, кейде бітеп тастайды, бұл қышқыл әсерінің тиімділігін төмендетеді.

Пайдалану нәтижесінде су басуды жақсарту қышқылдық композициялар (тұз қышқылы) әдетте жұмыс ерітіндісінің берілген мөлшерін айдау ұңғымасына бір реттік айдау, содан кейін бұл ұңғыманы қабат қысымын ұстау жүйелеріне қайтару болып табылады. Ірі тоннажды айдауды ұйымдастыру алкилденген күкірт қышқылы (АКҚ) сияқты қалдықтар қабатында күкірт қышқылының жиектерін жасау үшін пайдалану мүмкіндігіне айтарлықтай ықпал етеді. Мұнай өндіруді арттыру үшін қолданылатын көптеген басқа химиялық реагенттерден айырмашылығы, концен-

трацияланған күкірт қышқылы қабат жүйесімен белсенді химиялық және термодинамикалық әрекеттесуге енеді. Бұл ретте мұнай берудің ұлғаюы нәтижесінде пайда болады:

- мұнайдың көмірсутекті компоненттерінің көпшілігімен қышқылдың химиялық реакциясы кезінде беттік белсенді заттардың пайда болуы. (I фактор);

- тұз кристалдарының түзілуі, жарықтар тесіктерін сумен ішінара бітеп тастайды (II-фактор) – концентрацияланған күкірт қышқылын қабатпен және айдалатын сумен араластырғанда сұйылту жылуының бөлінуі (III-фактор);

- күкірт қышқылының карбонаттармен өзара әрекеттесуі, бір жағынан, жыныс қаңқасының физикалық көлемінің азаюына байланысты қабаттың өткізгіштігінің жоғарылауына, екінші жағынан, химиялық реакция өнімі ретінде көмірқышқыл газының түзілуіне әкеледі. Концентрацияланған күкірт қышқылының әрбір тоннасын айдау кезінде 0.4 т дейін көмірқышқыл газы түзілуі мүмкін, ол жақсы мұнай ығыстыру қасиеттерге ие (IV факторы).

Аталған факторлар қабаттардың мұнай шығымдылығын арттыру үшін қышқыл құрамын қолданудың ұтымды әдісін таңдауды негіздеуге мүмкіндік береді [4-6].

Төмен өткізгіш терригенді коллекторлары бар қабаттарға кешенді химиялық - депрессиялық әсерді (КХДӘ) пайдалану

Төмен өткізгіш қабаттардың (ТӨҚ) өткізгіштігін арттыру кеуекті кеңістіктің құрылымын оның тиімді гидроөткізгіш кеуектілігін едәуір арттыра отырып түрлендіру есебінен жүзеге асырылады. Химиялық әсер ету әдісін қабатқа депрессиямен біріктіру ұсынылады, өйткені басқа әдістер жыныс денесінің тұтастығын бұзбай, қабаттың түп маңында гидроөткізгіштіктің айтарлықтай өзгеруін қамтамасыз етпейді. Тәжірибеде ең көп тарағаны төмен өткізгіш терригенді коллекторларды балшық қышқылына негізделген фторлы қышқыл қосылыстармен қышқылмен өңдеу болды [7].

**Материалдар мен зерттеу әдістері.** Ұңғыма қабаттарын өңдеуге арналған қышқыл құрамдарының маңызды сипаттамаларының бірі-тау жыныстарымен реакция жылдамдығы. Төмен өткізгіш коллектор үшін бұл жылдамдықтың минималды болуы өте маңызды, әсіресе жоғары температурада, өйткені айтпесе саздың үлкен меншікті бетіне байланысты барлық қышқыл қабаттың түп маңында жұмсалады.

Сұйық және қатты фазаның химиялық әрекеттесу реакциясы гетерогенді процестерге жатады және оның жылдамдығы осы фазалардың жанасу бетіне байланысты. Қабаттың түп маңы аймағы күйінің формалары әр түрлі болуы мүмкін, сондықтан кеуек кеңістігінің бетінің бір бөлігі бітеліп, саз қышқылына қол жетімді болмауы мүмкін. Осыған байланысты қабатта терең депрессия жасау арқылы реакция өнімдерін міндетті түрде мәжбүрлеп алу кезінде әр түрлі функционалды мақсаттағы химиялық реагенттермен қабаттың түп маңы аймағына әсер ету ұсынылады. Химиялық реагенттер ретінде бейорганикалық тау жыныстарын бұзатын қышқылдар мен олардың негізіндегі қосылыстарды, органикалық ерітінділерді, беттік белсенді заттарды және эмульгаторларды қолдануға болады.

Реагенттердің құрамын дұрыс таңдау үшін, ең алдымен, коллектордың глинизация дәрежесін және оның өткізгіштік мөлшеріне әсерін анықтау керек. Осы мақсатта есепте әдебиетте бар деректерді құмтасты глинизациялауды бағалауға тал-

дау жасалады. Атап айтқанда, қышқылмен өңдеу кезінде кварц пен саз бөлшектері қопсытылып, тасымалданатыны анықталды, бұл коллекторды оның бөлшектерімен бітеп тастайды. Қышқыл құрамының сазды құмтастармен өзара әрекеттесуі күрделі [8], қосымша зерттеулер жүргізуді қажет етеді.

Физика-химиялық әдістерді қолдану кезінде ұңғымаларда және қабаттың түп маңы аймағында дайындық жұмыстарының кешенін жүргізу ұсынылады. Бұл ретте ұңғымаларға айдау технологиялары (шөгінді - гель түзетін композициялар, үлкен көлемді геледік жүйелер, құрылымдық түзуші композициялар және т.б.) өткізгіштігі бойынша қабаттың гетерогенділігін теңестіруге, сүзу ағындарын қайта бөлуге, су мөлшерін азайтуға, өндірілуі қиын қорлары бар учаскелерді немесе аймақтарды игеруге қосуға, мұнайды тұрақтандыруға және өндіруге және азайтуға ықпал етеді [9-11].

Қышқыл құрамының саз компоненттеріне әсер етуінің селективтілігі маңызды фактор болып табылады. Қышқыл қосылыстардың сазға және астық аралық цемент минералдарына басым әсері полимиктикалық глазуурленген құмтастағы қышқыл өңдеудің төмен тиімділігінің себебі болып табылады. Мұндай әсер кварц пен саз бөлшектерінің қопсытылуына және тасымалдануына әкеледі, бұл коллекторды оның бөлшектерімен бітеп тастайды.

Қышқылды өңдеу процесінде саздың төмен ісінуі және көмірсутек шекарасында аз фазааралық керілу маңызды – қолданылатын қышқыл құрамы, әйтпесе қышқыл құрамын қабатқа айдау және ұңғымадан ағуды шақыру кезінде проблемалар туындайды.

Мұнай және газ ЕҰУ жанындағы кәсіптік химия институтында. И. М. Губкина кешіктірілген реакциясы бар терригендік коллекторларға арналған қышқылдық композиция әзірленді, өйткені компоненттер арасындағы реакция нәтижесінде фтор қышқылы мен органикалық тұздар-буферлер біртіндеп шығарылады. Соңғысы гидролизденіп, сутегі иондарын біртіндеп бөліп шығарады және жауын-шашынның алдын алып, фторсутек қышқылын толық бейтараптандырғанға дейін рН мәнін үнемі төмен деңгейде ұстайды.

"Химеко-ТК-2" қышқылдық құрамын пайдалану ұсынылады - (ГУ-025-0-17197708-01 Химеко-Ганг ЖАҚ-да концентрат түрінде шығарылады) [12]. Қолданған кезде концентрат 6 есе (1:5) тұщы сумен сұйылтылады. Бұл композиция 0.45 мН/м-ге тең керосинмен шекарада төмен фазааралық кернеуге ие, бұл беттік белсенді зат қосылған балшық қышқылынан, сондай-ақ коррозиялық белсенділігі төмен.

Терригендік коллектор үшін композицияның тиімділігі кварцтың еру жылдамдығына байланысты. Бұл жағдайда саздың еру жылдамдығы минималды болуы керек. Балшық қышқылы кварц пен сазды жақсы ерітеді, бұл құмның кетуіне және кейбір жағдайларда гель тәрізді жауын-шашынның көп болуына әкелуі мүмкін. "Химеко ТК-2" құрамы кварцтың төмен, бірақ сөнбейтін еру жылдамдығына және саздың минималды еру жылдамдығына ие. Бұл төмен өткізгіштігі бар сазды құмтасты өңдеу үшін қажет.

**Нәтижелер мен талқылаулар.** Сүзгілеу эксперименттеріне сүйене отырып, [13] HCL құрамы 3-тен 14%-ға дейін және HF 0.5-тен 3% - ға дейін балшық қышқылына негізделген қосылыстар 0.02-0.04 мкм<sup>2</sup>-ден аз өткізгіштігі бар балшық құмтас қаба-



тының негізгі үлгісінің өткізгіштігін нашарлатады деп мәлімдейді., өйткені жұмыс сұйықтығы коллектордың сазды компонентімен әрекеттесіп, астық аралық байланыстарды бұзады, нәтижесінде тесіктер пайда болады тақта бұзылу өнімдерімен бітеліп қалады. *1-кестеде* ұсынылған қышқылды (Химеко ТК-2) және сілтілі ерітінділердің (қышқылдардың) басқа түрлерін қолдану бойынша деректерді салыстыру ұсынылған осы эксперименттердің нәтижелері келтірілген.

*Кесте 1 – Эксперимент нәтижелері*

Әсер ету сұйықтығының құрамы	Компоненттер саны	Үлгінің өткізгіштігі мкм <sup>2</sup>	
		Әсер етуге дейін	Әсер еткеннен кейін
HCl HF Неонол	13 3 0,5	0,0145	0,0092
HCl HF ОЭДФ	3 0,5 1	0,0138	0,0091
Айдалатын 3% HF ОЭДФ Басу ерітіндісі 6% HCl	3 0,5 1	0,0225	0,0124
HCl HF	15 3	0,0071	0,0043
Айдалатын 3% ерітінді NH <sub>4</sub> Cl «Химеко ТК-2» Басу ерітіндісі 3% NH <sub>4</sub> Cl	Суда сұйылту 1:5	0,0086	0,0194
Айдалатын 3% ерітінді NH <sub>4</sub> Cl «Химеко ТК-2» Басу ерітіндісі 3% NH <sub>4</sub> Cl	Суда сұйылту 1:5	0,002	0,0046

Кестелік мәліметтерден көріп отырғанымыздай, коллектордың өткізгіштігінің бастапқы мәніне және қабаттың басқа параметрлеріне байланысты негізгі өңдеу үшін ұсынылған қышқыл құрамын қолдану өткізгіштігін екі еседен астам арттыруы мүмкін [14-15].

Жұмыс ерітінділері ұңғымаға келесі ретпен беріледі:

Алдымен қышқыл ерітіндісі, содан кейін буферлік ерітінді немесе органикалық сұйықтық (мұнай, дизель және т.б.) айдалады. Бір өндеуге арналған қышқыл ерітіндісінің көлемі қабаттың перфорацияланған қалыңдығы 1-1.5м<sup>3</sup>/м, ал буферлік ерітінді 0,5-1 м<sup>3</sup> құрайды. Ерітіндінің қабатқа реакциясына төзімділігі 8 сағатқа дейін болуы керек, содан кейін реакция өнімдері жойылады.

"Химеко ТК-2" қышқыл композициясының ерітіндісімен қабаттарды өңдеу нәтижелері бойынша барлық жүргізілген өндеулер бойынша табыстылық 80 % құрайды. Сонымен қатар, бұл қабаттарды балшық қышқылымен өңдеу кезінде сәттілік 40% - дан аспайды.

Полимерлік құрамды (ПАА), беттік белсенді затты және алкилденген күкірт қышқылын( аса) қабатқа беру үшін қажетті айдау қысымының шамасын салыстырмалы есептеудің мысалы.

Есептеу мынадай бастапқы деректер кезінде процестің изотермиялылығына жол бере отырып, әдістеме бойынша қабаттық сұйықтық тұтқырлығының әртүрлі мәндері үшін жүргізілді:

Өнімділік коэффициенті $K$ , (кг/с . Па) -----	2,10 <sup>-7</sup>
Қабат қысымы, $\rho_{\text{қаб}}$ , МПа -----	30
Айдау жылдамдығы $M$ , кг/с -----	5
Шегендеу бағанасының диаметрі $D_{\text{ш}}$ , м -----	0,168
СКҚ диаметрі $D$ , м -----	0,075
Айдау құбырының диаметрі $D_{\text{құб}}$ , м -----	0,075
Айдау құбырының ұзындығы $L_{\text{құб}}$ , м -----	5000
Ұңғыма сағасының белгісі $z_{\text{ұңғ}}$ , м -----	100
Агрегат белгісі $h$ , м -----	120
Сорғыш сұйықтығының қысымы $p_c$ , МПа -----	0,35
Құбырлардың кедір-бұдырлық коэффициенті $p_{\text{эфф}}$ , мкм -----	50
Құбырлардың кедір-бұдырлық коэффициенті $k_{\text{ш}}$ , мкм -----	50
Айдалатын ортаның орташа тұтқырлығы $\mu_r$ , мПа.с:	
ПАА ерітіндісі -----	7,5
БӨЗ ерітіндісі -----	1,5
АКҚ -----	20
Айдалатын ортаның орташа тығыздығы $\rho$ , кг/м <sup>3</sup> :	
ПАА ерітіндісі -----	1040
БӨЗ ерітіндісі -----	1040
АКҚ -----	1660


**Зерттеу нәтижесі.** Қабаттық сұйықтықтың әртүрлі тұтқырлығы кезінде ерітінділер мен АКҚ беру қарқынының үш мәні үшін есептеу нәтижелері кестеде берілген:  $\mu_{\text{қаб}}=1,0$  мПа.с

Ерітінділер	БӨЗ			ПАА			АКҚ		
	1	3	5	1	3	5	1	3	5
$M$ кг/с	1	3	5	1	3	5	1	3	5
$P_{\text{тұл}}$	30,5	32,3	33,6	33,6	41,3	48,8	40	60	80
$P_{\text{СКҚ}}$	30,6	32,3	33,6	33,6	42,3	48,75	40	60	80
$P_{\text{саға}}$	10,35	11	13,5	13,5	21	29	7,8	28	46,8
$P_{\text{айдау}}$	10,15	12	13,6	13,15	20	17	7,15	27	47

$\mu_{\text{қаб}}=2,0$  мПа.с

Ерітінділер	БӨЗ			ПАА			АКҚ		
	1	3	5	1	3	5	1	3	5
$M$ кг/с	1	3	5	1	3	5	1	3	5
$P_{\text{тұл}}$	30,1	31	31,6	31,6	35,5	39,3	34	45	55
$P_{\text{СКҚ}}$	30,1	31	31,6	31,6	35,5	39,5	34	45	55
$P_{\text{саға}}$	10,1	10,7	12,7	11,2	16	18,8	25	28	24
$P_{\text{айдау}}$	9,8	11,2	12,6	11,1	19,29	18,5	21,5	12,5	23

**Қорытынды.** Кестелік деректерді талдаудан қаралып отырған беру қарқыны үшін айдаудың ең төменгі қысымында беттік - белсенді заттардың ерітінділері

болады. Жеткізу қарқынының өсуімен беттік белсенді заттар мен полиакриламид үшін қажетті қысымның жоғарылауы шамалы, аса үшін айтарлықтай өсу байқалады. Аномалия орын алады: беру жылдамдығының кейбір мәндері кезінде қабаттық сұйықтықтың тұтқырлығы және АҚК айдау төмен айдау қысымдары кезінде жүзеге асырылуы мүмкін, кестеден көрінгендей:  $M = 1$  кГ/с кезінде  $p_{\text{айд}} = 7,15$  МПа,  $\mu_{\text{каб}} = 1.0$  мПа. с және  $\mu_{\text{каб}} = 2.0$  мП. с және  $M = 3$  кГ/с кезінде  $p_{\text{айд}} = 12.5$  

## ӘДЕБИЕТ

- 1 Грайфер В.И., Лысенко В.Д. О повышении эффективности разработки месторождений при применении химических реагентов // Разработка и эксплуатация нефтяных месторождений. - 2001. - №6. – С. 24-29. [Grajfer V.I., Lysenko V.D. O povyshenii effektivnosti razrabotki mestorozhdenij pri primenenii himicheskikh reagentov // Razrabotka i ekspluatatsiya neftyanykh mestorozhdenij. - 2001. - №6. – S. 24-29.]
- 2 Бойко Г.И., Любченко Н.П., Маймаков Т.П., Шайхутдинов Е.М., Оразбекулы Е., Сабдалиева М.К., Игнатович А.В. Химические реагенты для подготовки нефти к транспорту. Научно-технологическое развитие нефтегазового комплекса: доклады восьмьх международных научных Надировских чтений. – Алматы, 2010. – С. 150-155 [Bojko G.I., Lyubchenko N.P., Majmakov T.P., Shajhutdinov E.M., Orazbekuly E., Sabdalieva M.K., Ignatovich A.V. Himicheskie reagenty dlya podgotovki neftej k transportu. Nauchnotekhnologicheskoe razvitie neftegazovogo kompleksa: doklady vos'mykh mezhdunarodnykh nauchnykh Nadirovskih chtenij. – Almaty, 2010. – S. 150-155.]
- 3 Akhymbayeva B., Employment of mud-pulse generator for improvement of efficiency of a wellbore producing in complex mining and geological conditions // Petroleum Research, 2023, <https://doi.org/10.1016/j.ptlrs.2023.07.004>
- 4 Ботвинкин В. А. Брезродный Ю.Б. Технология производства экологически безопасных химических реагентов // Новые технологии.- 2011. -№10. – С. 25-31. [Botvinkin V. A. Brezrodnyj YU.B. Tekhnologiya proizvodstva ekologicheski bezopasnykh himicheskikh reagentov // Novye tekhnologii.- 2011. -№10. – S. 25-31.]
- 5 Калинин С.А., Морозюк О.А. Разработка месторождений высоковязкой нефти в карбонатных коллекторах с использованием диоксида углерода. Анализ мирового опыта // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2019. – Т.19, №4. – С. 373–387. DOI: 10.15593/2224-9923/2019.4.6 [Kalinin S.A., Morozyuk O.A., Development of high-viscosity oil fields in carbonate reservoirs using carbon dioxide // Analysis of world experience. Bulletin of the Perm National Research Polytechnic University. Geology. Oil and gas and mining. – 2019. – Vol.19, No. 4. – P. 373–387. DOI: 10.15593/2224-9923/2019.4.6 (in Russ)]
- 6 Фомин А.В., Пономарева И.А. Экологическая оценка вариантов разработки с применением биополимеров отечественного производства // Нефтяное хозяйство. -1998. - №4. – С. 15-19. [Fomin A.V., Ponomareva I.A. Ekologicheskaya ocenka variantov razrabotki s primeneniem biopolimerov otechestvennogo proizvodstva // Neftyanoje hozyajstvo. - 1998. - №4. – S. 15-19.]
- 7 Муслимов Р.Х. Современные методы повышения нефтеизвлечения: проектирование, оптимизация и оценка эффективности. – Казань: Фэн Академии наук РТ, 2005. – 688 с. [Muslimov R.X. Modern methods of increasing oil recovery: design, optimization and efficiency assessment. – Kazan: Publishing house "Feng" of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, 2005. – 688 s.]
- 8 Соромотин А.В., Лекомцев А.В., Илюшин П.Ю. Анализ особенностей применения технологии CO<sub>2</sub> HUFF-N-PUFF//Bulletin of the Tomsk Polytechnic University Geo



- Assets Engineering – 2022. – Том 333, № 12. DOI:10.18799/24131830/2022/12/3635 [Soromotin A.V., Lekomtsev A.V., Ilyushin P.Yu., 2022, Analysis of the features of using CO2 HUFF-N-PUFF technology, Bulletin of the Tomsk Polytechnic University Geo Assets Engineering. 2023. vol.333, No. 12, DOI:10.18799/24131830/2022/12/3635 (in Russ)]
- 9 Дарищев В.И., Харланов С.А., Бабинец Ю.И., Зиновьев А.В., Антонова Д.О. Реализация технологии закачки CO2 Huff & Puff как метода интенсификации добычи высоковязкой нефти. [Электрон. ресурс] – 2023. – URL: <https://burneft.ru/archive/issues/2023-03/18>[Darischev V.I., Kharlanov, Babinets Yu.I., Zinoviev A.V., Antonova D.O.. Implementation of CO2 injection S.A. technology HUFF & PUFF as a method of intensifying the production of high-viscosity oil. [Electronic resource]. 2023. URL: <https://burneft.ru/archive/issues/2023-03/18>]
  - 10 Хромых Л.Н., Литвин А.Т., Никитин А.В. Применение углекислого газа в процессах повышения нефтеотдачи пластов // Вестник Евразийской науки. – 2018. – №5. <https://esj.today/PDF/06NZVN518.pdf> (доступ свободный). [Khromykh L.N., Litvin A.T., Nikitin A.V. Application of carbon dioxide in enhanced oil recovery. The Eurasian Scientific Journal, [online]. – 2018. – N 5(10). Available at: <https://esj.today/PDF/06NZVN518.pdf> (in Russ)]
  - 11 Мирзаджанзаде А.Х., Аметов И.М., Боксерман А.А., Филиппов В.П. Новые перспективные направления исследований в нефтегазодобычи // Нефтяное хозяйство.–1992. –№ 11. – С. 14-16. [Mirzadzhanzade A.Kh., Ametov I.M., Bokserman A.A., Filippov V.P. Novy'e perspektivny'e napravleniya issledovaniy v neftegazodoby`chi // Neftyanoe khozyajstvo.–1992. – № 11. – S. 14-16.]
  - 12 Tavakkoli, O., Kamyab, H., Shariati, M., Mohamed, A. M., & Junin, R. (2022). Effect of nanoparticles on the performance of polymer/surfactant flooding for enhanced oil recovery: A review. Fuel, 312, 122867. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016236121027289>
  - 13 Gbadamosi A., Patil S., Kamal M. S., Adewunmi A. A., Yusuff A. S., Agi A., Oseh J. Application of polymers for chemical enhanced oil recovery: a review // Polymers. – 2022.– № 14 (7). – P. 1433. <https://www.mdpi.com>
  - 14 Зимон А. Д. Коллоидная химия. – М.: Агар, 2003. – 320 с. [Zimon A. D. Kolloidnaya himiya. – М.: Agar, 2003. – 320 s.].
  - 15 Кулаков П.И. Оптимизация технологии подготовки нефтей с применением деэмульгаторов // Нефтяное хозяйство.–1993. – № 8. – С. 46-47. [Kulakov P.I. Optimizacziya tekhnologii podgotovki neftej s primeneniem dee`mul`gatorov // Neftyanoe khozyajstvo.–1993. – № 8. – S. 46-47.]