

«Мұнай инженериясы» мамандығы бойынша (8D07202) философия докторы (Ph.D.) ғылыми дәрежесін алу үшін ұсынылған диссертациялық жұмысқа

АННОТАЦИЯ

авторы Сагындигов Марат Серикович

тақырыбы **“Қаламқас кен орнында полимерлік суландыру технологиясын жетілдірудің жүйелі тәсілін зерттеу”**

Жалпы шолу. Әлемдік мұнай өндірудің тек 3-5% - ын қабаттардың мұнай беруін арттыру (ҚМБА) есебіне жатқызуға болады. Бұл үлес мұнайды тиімді өндіруге мүмкіндік бермейтін қатал жағдайлары бар қабаттар үшін де өседі деп күтілуде. Әдетте ҚМБА-дың бірнеше бағыттары бар: газ (CO_2 , N_2 , көмірсутек, араласпайтын), жылу (бу, ыстық су, мұнай қабат күйдіруі, SAGD), химиялық (полимер (P), беттік-белсенді полимер (SP), сілтілі беттік-белсенді полимер (ASP)) және басқалары (микробиологиялық). Газды айдау қысымды ұстап тұру жүйесінің агенті ретінде қолданылады және әдетте кен орнында өндірудің басталуына жақын басталады (қайталама өндіру). Сонымен қатар, орталық аспект - газ көзінің болуы. Мысалы, АҚШ, Канада және Қытайдағы газ ҚМБА жобаларының көпшілігі үлкен CO_2 кен орындарына жақын орналасқан. Кейбір операторлар газды кәдеге жарату үшін енгізеді және оны ҚМБА техникасы ретінде жасырады. Термикалық ҚМБА, әдетте, тұтқырлығы 100-10 000 сПз немесе одан да жоғары болатын ауыр мұнай кен орындарында тиімді қолданылады. Бірақ жылу әдістерін енгізу негізінен жылу шығындарымен шектеледі. Жылу шығыны қабаттың бастапқы күйіне (жоғарғы және/немесе төменгі өткізбейтін қабаттардың жоғары жылу өткізгіштігі, қабаттың тереңдігі), даму сатысына (айдау ұңғымаларына жақын қабаттың жоғары су қанықтылығы) және инфрақұрылымға (ұңғыманың түрі, аяқталуы, сорғы-компрессорлық құбырлар) байланысты болуы мүмкін. Сонымен қатар, тағы бір маңызды мәселе - тұщы су көзінің болуы. Керісінше, химиялық ҚМБА-да жоғарыда аталған шектеулер жоқ. Сондықтан ол құмтас кен орындарында, әсіресе дамудың соңғы сатысында кеңінен қолданылады. Сонымен қатар, полимерлі суландыру (ПС) көбінесе ҚМБА химиялық технологиясы болып табылады. Әсіресе, ПС өте маңызды, мұнда ASP / SP суландыру тиімсіз және кен орында үлкен проблемалар туғызады (шөгінділердің пайда болуы, жұмыс уақытының төмендеуі, қабылдау проблемалары, қиын эмульсиялар). Полимерді суландыру принципі айдалатын судың тұтқырлығын арттыру және осылайша ығыстыратын су мен мұнай арасындағы қозғалғыштықтың қолайлы қатынасын азайту болып табылады. Бұл тәсіл геологиялық гетерогенділіктен туындаған судың ағып кетуін азайтады немесе болдырмайды.

Жұмыстың өзектілігі. Қазақстандағы алып мұнай кен орындарының көпшілігі соңғы игеру сатысында, және Қаламқас кен орны солардың бірі болып табылады. Қаламқас кен орны 1976 жылы ашылды және 1979 жылдан бастап кен орнын игеру жобасына сәйкес коммерциялық мақсатта игерілуде.

Юра шөгінділерінде мұнай мен газ кен орындары табылды. Резервуарлар негізінен дельта, өзен және таяз теңіз орталарында жиналған құмтастардан тұрады. Қабаттардың негізгі геологиялық-физикалық ерекшеліктері жоғары қабатты гетерогенділік және қаттық жағдайлардағы ұтқырлықтың қолайсыз коэффициенті (>7) болып табылады. Өткізгіштігі 0,055-тен 1,273 Дарсиге дейін. Мұнайдың тұтқырлығы қабат температурасында ($38-43^{\circ}\text{C}$) кемінде 16 сПз құрайды. Бұл факторлар біркелкі емес сарқылуды және Қаламқас кен орны үшін салыстырмалы түрде төмен экстракция коэффициентін түсіндіреді. Бүгінгі таңда алынған қорлардың сарқылуын ескере отырып, суландыру күтілгеннен әлдеқайда жоғары.

Көмірсутектерді өндіруді жақсарту және мұнай өндіруді арттыру үшін 2011 жылы полимерлі суландыру пилоттық дизайны басталды. Айдалатын полимердің тұтқырлығын есептеу қабаттың модельдеуіне және техникалық-экономикалық негіздемелерге, сондай-ақ әдеби көздерде ұсынылған тұжырымдамаларға сәйкес оңтайлы экономикалық шығуға (яғни таза келтірілген құнға) негізделген. Пилоттық жобалар 2014 жылдың қыркүйегінен бастап жүзеге асырылды. Нәтижесінде пилоттық сынақтар қабылдағыштықты жоғалтудың жоқтығын көрсетті; полимер бүрку қондырғысының үздіксіз жұмысының жоғары уақыты; суландыру қамту тиімділігі артты (ГИС-к негізінде); сулану 10% - ға дейін төмендеді; ал мұнай өндіру қарқыны екі есеге артты. Суландырумен салыстырғанда болжамды қосымша мұнай беру коэффициенті 9% құрады.

Бүкіл әлемде полимерлі суландыру шамамен 60 жылдан бері қолданылып келеді және жетілдіруді қамтамасыз ету үшін әлі де қосымша зерттеулер қажет. Осылайша, бұл диссертация Қаламқас кен орнында полимерлік суландыру технологиясын жетілдірудің жүйелі тәсілін зерттеуді сипаттайды. Жүйелік тәсілді зерттеу деректерді талдауды, зертханалық зерттеулерді, кен орын бақылауларды, сандық және аналитикалық модельдеуді және техникалық-экономикалық есептерді қамтиды.

Зерттеу мақсаттары. Бұл диссертацияның мақсаты технологияны жетілдірудің жүйелі тәсілін жасау үшін Қаламқас кен орнындағы полимерлердің суландыруды зерттеу болды. Осылайша, диссертацияның зерттеу саласы келесі аспектілерге назар аударды:

1. Қаламқас кен орнындағы полимерлерді суландыру аспектілеріне баса назар аудара отырып, полимерді суландыру таяудағы әлемдік жобалар туралы әдебиеттерге жан-жақты шолу.
2. Қаламқас кен орнында полимердің суландыру кезінде полиакриламид ерітіндісінің химиялық және механикалық тұрақтылығын бағалау.
3. Мұнай қабатын полимерлік суландыру кезінде полимерлердің тозуын кен орын бағалаудың жаңа әдісін әзірлеу.
4. Қаламқас полимерін суландыру технологиясын эксперименттік және сандық зерттеу. Модельдеудің әртүрлі сценарийлерінде мұнай өндіруді зерттеу.

5. Қаламқастағы полимерлі суландыру жобаларының техникалық-экономикалық негіздемесі және үлкен масштабта ең ұтымды сценарийін таңдау.

Ғылыми жаңалық. Бұл жұмыстағы жаңалық алдыңғы тұжырымдамалық идеялардың дұрыстығын кен орында көрсету болып табылады - (1) ПАА (полиакриламид) тік айдау ұңғымаларында полимерді айдау үшін қажет жарықтар болған, (2) жарықтар механикалық тозуды едәуір төмендеткен және (3) полимерлердің сорылатын ерітінділері ерітілген оттегін тез алып тастады (осылайша тотығу тұрақтылығына ықпал етеді). Бұл демонстрациялар басқа тараптардың полимердің тік ұңғымаларға енуі жарықсыз қолайлы болуы мүмкін деген дәлелдерін жоққа шығару үшін маңызды. Біздің білуімізше, бұл алғашқы жарияланған жұмыс, айдау ұңғымасынан кері ағынды ПАА үлгілері табылған ерітілген оттегін көрсетпеді. Сонымен қатар, біздің білуімізше, бұл айдау ұңғымасынан кері ағынды үлгілер ПАА механикалық (немесе тотығу) бұзылуын көрсетпегенін көрсететін алғашқы жарияланған жұмыс. Соңында біз Қаламқас кен орнындағы технологияны оңтайландыру үшін қолдануға болатын полимер суландыру модельдеудің дәстүрлі емес тәсілін жасадық.

Қорғалатын гипотезалар:

1. ПАА тік айдау ұңғымаларында полимерді айдау үшін қажет жарықтар болды. Бұл жарықтар полимердің механикалық тозуын едәуір азайтты.
2. Енгізілген полимерлер ерітінділері ерітілген оттегін тез алып тастады, осылайша тотығу (немесе химиялық) тұрақтылығын арттырды.
3. Қаламқас жағдайында қалдық кедергі коэффициенті (RRF) бірліктен айтарлықтай ерекшеленбейді, яғни ПС-дан кейін суды айдау мұнай беруді жақсартпайды. Сондықтан ПС таза ағымдағы құн (NPV) оң болғанша жүргізілуі керек.
4. Мұнай бағасының құбылмалылығы кезіндегі ПС - бұл кен орнын пайдаланудың экономикалық тұрғыдан орынды мерзімін ұзартатын және мұнай өндіруді арттыратын ұзақ мерзімді жоба.

Практикалық құндылық. Өрістегі полимерлердің тозуын бағалаудың жаңа әдісін полимерлердің бұзылу механизмдерін жақсырақ түсіну үшін қолдануға болады. Қаламқас кен орны жағдайында пайдалану шығындарының 25% үнемдеуге мүмкіндік беретін химиялық тозуды жою үшін зардаптарды жұмсартудың берілген жоспары, осылайша жобаның экономикасын жақсартады. Сонымен қатар, полимер ағынын модельдеудің жаңа тәсілін полимер бүрку параметрлерін оңтайландыру үшін қолдануға болады, осылайша технологияның тиімділігін арттырады.

Жеке салым. Диссертацияның авторлық үлесі әдебиеттерді шолудан, геология деректерін талдаудан және қабаттар динамикасынан, зертханалық зерттеулерден, кен орын бақылаулардан және сандық және аналитикалық модельдеуден тұрады. Диссертацияда ұсынылған зерттеу нәтижелерін автор жеке өзі немесе оның тікелей қатысуымен алды. Қорытындылай келе, автор тұжырымдар мен ұсыныстарды тұжырымдады.

Апробация. Диссертацияның негізгі нәтижелері келесі конференциялар мен семинарларда ұсынылды және талқыланды: Халықаралық ғылыми конференция "Сәтбаев оқулары – 2020" және "Сәтбаев оқулары – 2021" (Қазақстан, Алматы, 2020 жылғы сәуір және 2021 жылғы сәуір); SPE Virtual Improved Oil Recovery Conference (АҚШ, Талса, сәуір 2022 жыл); "Газпромнефть" компаниясы ұйымдастырған семинар "Мұнай өндіруді химиялық арттыру: проблемалар мен перспективалар" (Ресей, Казань, маусым 2022 жыл); Халықаралық ғылыми конференция "Игерудің соңғы сатысында мұнай өндіруді ұлғайтудың химиялық әдістерін қолдану перспективалары" (Қазақстан, Астана, Қыркүйек 2022).

Публикациялар. Диссертацияның негізгі гипотезалары 7 мақалада, оның ішінде 1 – Scopus базасында келтірілген ғылыми журналда (Q1, 94 процентиль), 2 – ҚР Білім және ғылым министрлігінің Білім және ғылым саласындағы сапаны қамтамасыз ету Комитеті ұсынған ғылыми журналдарда жарияланған, 3 – халықаралық конференциялар, 1-пайдалы модельге Патент (КазПатент):

1. **Sagyndikov, M., Seright, R.S., Kudaibergenov, S., and Ogay, E.** 2022. Field Demonstration of the Impact of Fractures on Hydrolyzed Polyacrilamide Injectivity, Propagation and Degradation. SPE Journal 27 (02): 999-1016. SPE-208611-PA. <https://doi:10.2118/208611-PA> (ағылшынша).
2. **Sagyndikov, M., Kushekov, R.M., Seright, R.S.** 2022. Review of Important Aspects and Performances of Polymer Flooding versus ASP Flooding. Bulletin of the Karaganda University Chemistry Series 105 (3). <https://doi.org/10.31489/2022Ch3/3-22-13> (ағылшынша).
3. **Sagyndikov, M., Salimgarayev, I., Ogay, E., Seright, R.S., Kudaibergenov, S.** 2022. Assessing polyacrylamide solution chemical stability during a polymer flood in the Kalamkas field, Western Kazakhstan. Bulletin of the Karaganda University Chemistry Series 105 (1). <https://doi.org/10.31489/2022Ch1/99-112> (ағылшынша).
4. **Sagyndikov, M., Seright, R.S., Tuyakov, N.** 2022. An unconventional approach to model a polymer flood in the Kalamkas oilfield. Paper presented at the SPE Virtual Improved Oil Recovery Conference to be held 25-29 April 2022. SPE-209355-MS. <https://doi.org/10.2118/209355-MS> (ағылшынша).
5. **Sagyndikov, M., Imanbayev, B., Salimgarayev, I., Baipakov, S.** 2022. Method for the field assessment of polymer degradation during a polymer flood of oil reservoir. Patent for Utility Model №7054, National Institute Of Intellectual Property RoK (орысша).
6. **Sagyndikov, M., Ogay, E., Kudaibergenov, S.** 2021. Feasibility study of polymer flooding application in the heavy oil reservoir. Proceedings of the International Scientific Conference "Satbayev Readings – 2021" (орысша).
7. **Sagyndikov, M., Ogay, E., Kudaibergenov, S.** 2020. Evaluation of Polymer Flooding Efficiency at Brownfield Development Stage of Giant Kalamkas Oilfield, Western Kazakhstan. Proceedings of the International Scientific Conference "Satbayev Readings – 2020" (ағылшынша).

Диссертация структурасы. Диссертация алты тараудан тұрады. Кіріспеде диссертацияның жалпы шолуы, өзектілігі, мақсаттары, гипотезалары және ұйымдастырылуы көрсетілген. I тарауда Қаламқас кен орнының геологиялық қасиеттері және қабаттар динамикасының ерекшеліктері көрсетілген. II, III, IV және V тараулар Қаламқас полимерлік суландыру негізгі аспектілері және ҚМБА технологиясын оңтайландыру тақырыптары бойынша мен бірінші автор болып табылатын жарияланған мақалаларға негізделген. VI тарау - қорытынды. Әр тараудың қысқаша мазмұны келесідей:

II тарау полимерлер ЭҚ саласындағы соңғы әлемдік жобалар бойынша әдебиеттерге жан-жақты шолу болып табылады. III тарауда қабат жағдайында полимер механикалық тұрақтылығы қарастырылады және мұнай қабатының ПС кезінде кен орында полимердің тозуын бағалаудың жаңа әдісін әзірлеу сипатталады. IV тарауда полимердің химиялық тұрақтылығы бағаланады және тұтқырлықты жоғалтуды азайту және пайдалану шығындарын оңтайландыру бойынша ұсыныстар беріледі. V тарауда Қаламқас мұнай кен орнында ПС модельдеудің дәстүрлі емес тәсілі сипатталған.

Жалпы көлемі-165 бет, оның ішінде 55 сурет, 27 кесте, 168 атаудан тұратын әдебиеттер тізімі және 6 қосымша материал.

Диссертация қысқаша негізі.

Кіріспеде диссертацияның жалпы шолуы, өзектілігі, мақсаттары, гипотезалары және ұйымдастырылуы көрсетілген.

I тарауда Қаламқас мұнай кен орны және ПС жөніндегі пилоттық жоба диссертациялық зерттеудің мақсаттары көрсетілген. қабаттың сипаттамалары, қабат сұйықтықтардың қасиеттері және қабат динамикасын талдау полимерлі суландыру арқылы мұнай өндіруді ұлғайту үшін айтарлықтай әлеуетті көрсетеді. Соңғы пилоттық жобалар кен орын батыс және шығыс бөліктерінде жүзеге асырылуда. Пилоттық жобаның тиімділігін талдау жоғары техникалық және экономикалық табысты көрсетеді. ПС Қаламқас кен орны үшін одан әрі дамытуды талап ететін ҚМБА перспективті технологиясы болып танылды. Әзірлеу (1) Қаламқас кен орнындағы полимерлерді су басу аспектілеріне баса назар аудара отырып, полимерлерді әзірлеу жөніндегі соңғы әлемдік жобалар әдебиеттерін жан-жақты шолуды, (2) полиакриламид ерітіндісінің химиялық және механикалық тұрақтылығын бағалауды, (3) модельдеудің әртүрлі сценарийлері кезінде қабаттардың мұнай беруін зерделеу үшін Қаламқас кен орнындағы ПС технологиясын эксперименттік және сандық зерттеуді талап етеді, және жергілікті жерлерде толық орналастырудың ең ұтымды тұжырымдамасын таңдауға арналған техникалық-экономикалық негіздемелер.

II тарауда ПС кезіндегі маңызды аспектілер мен сипаттамалар қарастырылады. Бұл аспектілерге тиімді іске асыру, полимерді айдау және кен орнын игеру параметрлері кіреді. ПС өсіп келе жатқан ауқымды қолданылуы бұл ҚМБА ең тиімді химиялық технологиясы екенін көрсетеді. Керісінше, ASP / SP flood пайда әкелмейді және кен орында үлкен проблемалар туғызады. Бұл шолудан және коммерциялық жобаларды талдаудан алынған негізгі жаңа

қорытынды - бұл ASP-ді, әсіресе Қаламқас кен орнын қоса алғанда, қазақстандық мұнай кен орындарында суландырудың экономикалық орындылығына күмән келтіреді. Бұл жұмыс сондай-ақ Қазақстанның мұнай кен орындары үшін, әсіресе ASP-суландыруға қолданылуы үшін TAN (жалпы қышқыл саны) туралы түсінік береді. Сондай-ақ, полимер айдаудың қолданылуы туралы көптеген идеялар айтылды. Атап айтқанда, ПАА бағасының қазір 40 жыл бұрынғыға қарағанда іс жүзінде төмен болуы полимерлі суландыруды бүгінгі күні үлкен көлемде қолдануға мүмкіндік берді. Көлденең ұңғымаларды игеру полимердің қабылдағыштығын едәуір арттырды және полимерді суландыру үшін мұнайдың жоғарғы тұтқырлық шегін ~ 150 сПз-дан 3000 сПз-ға дейін арттырды. Осыған байланысты резервуардың сыну қысымынан жоғары басқарылатын айдау да маңызды рөл атқарды. Соңғы уақытқа дейін коммерциялық қол жетімді ҚМБА полимерлері температурасы ~70 °C-тан асатын резервуарларда жеткілікті тұрақты болған жоқ. Суландырудан басты айырмашылығы-ерітілген оттегінің деңгейі нөлге жақын-әріне, миллиардқа 200-400 бөліктен аз. 60°C-тан жоғары температурада ерітілген оттегінің деңгейі нөлге жақын болуы керек. Теориялық тұрғыдан, судың кез-келген тұздылығында бар қабаттарда ПС қолдануға болады. Дегенмен, практикалық ойлар қол жетімді ең аз тұзды суды пайдалануды қолдайды. Кен орын тәжірибесі, сондай-ақ зертханалық және теориялық зерттеулер полимерлі банка мөлшері мүмкіндігінше үлкен болуы керек (әдетте ~1 кеует колемі). Инъекция полимерді инъекциядан суды инъекцияға ауыстырғаннан кейін, судың жоғалуы жоғары мәндерге тез артады. Полимерлі толтырғыштардың басым көпшілігі орташа және жоғары өткізгіштігі бар резервуарларда қолданылды (>100 мкм). Бұл факт, біріншіден, полимерлердің жоғары қабылдау қажеттілігіне байланысты, екіншіден, жоғары молекулярлық масса полимерлері аз өткізгіш жынысқа ену қиын. Алайда, ән және басқалар. ПАА тығыз, төмен өткізгіш (<50 мкм) карбонатты жыныстар арқылы тиімді таралуы мүмкін зертханалық нәтижелерді көрсетті. Жаңа полимерлер өткізгіштіктің минималды ауқымын кеңейте алады және бұл болашақ зерттеулер мен әзірлемелер үшін үлкен маңызға ие.

III тарауда Қаламқас кен орнындағы ПС кезінде ПАА ерітінділерін тік ұңғымаларға айдау кезінде жарықтардың болуы және олардың қабылдағыштыққа әсері туралы белгілі болжамдар көрсетілді. Бұл тарауда ПАА ерітінділерінің механикалық тозуын азайту және қабылдағыштықты арттыру үшін ұңғыманың жанындағы жарықтардың пайдалылығын түсіндіретін өріс деректері келтірілген. Сондай-ақ, ол кен орында ең аз механикалық және тотығу бұзылыстарын көрсететін іріктеу әдіснамасын ұсынады, ал алдыңғы іріктеу әдістері ПАА тұрақтылығының шамадан тыс пессимистік көрсеткіштерін берген болуы мүмкін. Келесі тұжырымдар атап өтілді:

- Қадамдық сынақтар полимерді айдау алдында суды айдау кезінде жарықтар ашылмағанын көрсетті. Керісінше, полимерді айдау кезінде ашық жарықтар жылдамдық тестілері, қысымның өтпелі анализі және

нақты кірістерді Дарси радиалды ағынының теңдеуін қолдана отырып, Қаламқас өзегіндегі ПАА реологиялық зертханалық өлшеулермен салыстыру арқылы расталды.

- Біз полимер құю кезінде кабатта полимер ерітіндісінің механикалық тұрақтылығын бағалаудың жаңа әдісін жасадық. Қаламқас кен орны жағдайында біз ұңғыманың сағасындағы қойнауқаттың табиғи энергиясын пайдалана отырып, қойнауқат үлгілерін жинауды көрсеттік. Бұл процесс полимерлі ерітінділердің үлгілерін тотығу деградациясынан қорғады. Басқа зертханалық және кен орын әдістермен салыстырғанда, бұл жаңа әдіс тез, қарапайым және арзан. Айтарлықтай бұзылу байқалған басқа кен орын сынақтармен салыстырғанда, біздің әдістер неғұрлым сенімді деп айтуға болады, өйткені олар ПАА үлгілерінің аз ғана механикалық және / немесе тотығу бұзылуын анықтады, сонымен қатар зертханалық және теориялық нәтижелер басқа кен орын сынақтар жағдайында жойылудың болмайтынын көрсетті.
- Алынған полимерлі ерітінділердің реологиялық қасиеттерін өлшеу механикалық бұзылудың жоқтығын көрсетті. Бұл ашылу полимерді айдау резервуардың сыну қысымынан жоғары болғанын және жарықшақпен байланысты айдау алаңы ерітіндінің тұрақтылығын қамтамасыз ететін жеткілікті үлкен екенін қосымша растауға мүмкіндік берді.
- Бұл нәтижелер ПС кезінде жарықтар немесе жарық тәрізді элементтердің артықшылығы (яғни, қабылдаудың аздап жоғалуы немесе оның болмауы; полимер ерітіндісінің механикалық тұрақтылығы) олардың кемшіліктерінен асып кетуі мүмкін (мысалы, арналардың күшті қалыптасуы, қамту тиімділігінің төмендеуі).
- Айдау ұңғымаларынан алынған полимерлі ерітінділер ерітілген оттегімен таусылды, дегенмен сорылатын ерітінділерде 200-300 ppb ерітілген оттегі болды, ал полимерлі ерітінділер резервуарға бірнеше метр ғана кірді. Коллекторлық жыныстағы темір минералдарының мөлшері 2-4% деңгейінде бұл оттегінің сарқылуына себеп болды. Бұл процесте ерітінділерге ерітілген темір қосылса да, ПАА ерітілген оттегінің деңгейі төмен болғанша ыдырамады.
- Бұдан әрі IV тарауда көрсетілгендей, инжектордан өндірушіге дейінгі жарықшақ бойымен 400 метрден астам таралған полимерлердің ерітінділері де ерітілген оттегімен таусылды, бірақ бүкіл жол арқылы өткеннен кейін аздап тұтқырлық жоғалды (15%).
- Соңғы төрт тұжырымның маңыздылығы мен жаңалығын алдыңғы барлық кен орын сынақтар (пайдалану ұңғымаларынан алынған үлгілерді талдаған немесе айдау ұңғымаларынан алынған үлгілерді талдаған) ПАА-ның айтарлықтай нашарлауын көрсеткенін түсіну арқылы бағалауға болады (біздің әдебиеттерде көрсетілгендей). Егер

сіз осы алдыңғы нәтижелерді номиналды түрде қабылдасаңыз, олар барлық ПАА суландырку өміршеңдігіне күмән келтіреді. Керісінше, біздің нәтижелеріміз осы күмәнді жоққа шығарады, бұл өрістегі ПАА тұрақтылығы қазіргі және алдыңғы зертханалық және теориялық үміттерге сәйкес келетіндігін көрсетеді. Біздің нәтижелеріміз алдыңғы сынақтарда байқалған тұрақтылықтың болмауы резервуардағы полимерге қауіп төндіретін деградацияға емес, іріктеу процедураларына байланысты болуы мүмкін екенін көрсетеді.

IV тарауда далалық жағдайларда химиялық ыдырауды бағалау әдістемесі ұсынылған және бұл әдістеме Қаламқас кен орнында далалық жағдайларда қолдану үшін көрсетілген. Бұл зерттеу пайдалану шығындарын 25% - ға оңтайландыру және eductor типті қондырғы пайдаланатын полимерлік суландыру жобасының экономикалық тиімділігін арттыру мүмкіндігін көрсетеді. (Seright and Skjevraak 2015) сәйкес, полимерді дайындау және бүрку процесінде 300-400 ppb оттегі полимердің тұтқырлығын төмендетпейді. Сонымен қатар, бұл тарауда сорылатын полимер ерітіндісінің ерітілген оттегі қоршаған тау жынысымен тиімді тұтынылатындығы және резервуарда қосымша химиялық тұрақтылықты қамтамасыз ететіндігі туралы қосымша өріс туралы ақпарат берілген. Инжектордан өндірушіге дейінгі жарықшақ бойымен 400 метрден асатын Полимерлі ерітінділер ерітілген оттегімен таусылды, бірақ бүкіл жол арқылы өткеннен кейін тұтқырлықтың аз ғана жоғалуы байқалды.

V тарауда ПС модельдеудің дәстүрлі емес әдісі көрсетілген, ол полимерді тік ұңғымаларға айдау кезінде пайда болатын нақты жағдайларды ескереді. Бұл шарттарға (а) жарықшақты айдамалау ұңғымалары, (б) айдалатын полимер ерітінділерінің механикалық бұзылуының болмауы, (в) айдалатын полимердің әсерінен өткізгіштіктің айтарлықтай төмендеуінің болмауы және (г) полимер үшін қол жетімсіз кеуек көлемінің болмауы жатады. Бұл модель Қаламқас мұнай кен орнында қолданылды. Модель ұңғыманың түбіндегі айдау қысымын тарихи салыстыруға назар аударады және жарықтардың болмауын болжайтын қарапайым модельдерге қарағанда әлдеқайда жақсы болжайды. Модель полимерден суды айдауға ауысқаннан кейін сулану мен мұнай өндірісінің өте тез нашарлауын дұрыс болжайды — полимер өткізгіштігінің едәуір төмендеуін болжайтын қарапайым модельдерге қарағанда жақсы. Эмпирикалық теңдеу Қаламқас мұнай кен орнының алты учаскесіндегі ұңғымалардың көпшілігі үшін мұнай өндіруге жақсы сәйкес келді. Бұл теңдеу модельдеуге қажет шығындар мен күш-жігердің орнына болжауды жеңілдетеді. Мұнай бағасының құбылмалылығын ескере отырып, техникалық-экономикалық негіздемелер біздің полимерлі суландырку кен орнын пайдаланудың экономикалық мерзімін ұзартатын және мұнай өндіруді арттыратын ұзақ мерзімді жоба болуы керек екенін көрсетеді.

Қорытынды. Осы докторлық диссертацияның мақсаты технологияны жетілдірудің жүйелі тәсілін әзірлеу үшін Қаламқас кен орнындағы полимерлерді суландыруын зерттеу болды. Осы мақсатқа жету үшін біз

Қаламқас кен орнын игеру ерекшеліктерін және ПС пилоттық жобасының ағымдағы кезеңін талдадық, Қаламқас кен орнындағы ПС аспектілеріне баса назар аудара отырып, полимерлерді дамытудың соңғы әлемдік жобаларын қарастырдық, полиакриламид ерітіндісінің химиялық және механикалық тұрақтылығын бағаладық, полимердің тозуын кео орында бағалаудың жаңа әдісін жасадық, Қаламқас полимерін эксперименттік және сандық тұрғыдан зерттедік, жобаның техникалық-экономикалық есептерін жасады.

Кен орнына шолу Қаламқас мұнай қабаттарының қабатты өткізгіштігінің жоғары контрастына және су мен мұнайдың қозғалғыштығының қолайсыз қатынасына ие екендігін көрсетеді, бұл біркелкі сарқылу мен мұнайдың шығуына қауіп төндіреді. Қойнауқаттық температураның төмендігін, қойнауқаттық қозғалыстың жоғары коэффициентін және қойнауқаттың жоғары өткізгіштігін ескере отырып, Қаламқас кен орны мұнайды ПС арқылы өндіруді ұлғайту үшін айтарлықтай әлеуетке ие екендігі мойындалды. Жоғары білім беру саласындағы пилоттық жобаның соңғы нәтижелері оң нәтижелерді көрсетеді. Алайда, бұл әлі де жетілдіруді қамтамасыз ету үшін қосымша зерттеуді қажет етеді.

Әдебиеттерге жан – жақты шолу ПС жобасы үшін ерітілген оттегінің деңгейі нөлге жақын болуы керек екенін көрсетеді-әріне, миллиардқа 200 бөліктен аз. Бұл технологияны судың кез-келген тұздылығы бар қабаттарда қолдануға болады. Дегенмен, практикалық ойлар қол жетімді ең аз тұзды суды пайдалануды қолдайды. Кен орын тәжірибе, сондай-ақ зертханалық және теориялық зерттеулер полимерлі банка мөлшері мүмкіндігінше үлкен болуы керек (әдетте ~1 кеует көлемі). Полимерді айдаудан су айдауға ауыстырғаннан кейін, судың ондируі жоғары мәндерге тез артады. Қаламқас жағдайында ASP / SP суландыруы сияқты басқа химиялық ҚМБА полимерді суландыру салыстырғанда тым қауіпті болады, әсіресе өндіру / айдау проблемалары және химиялық заттар мен суды тазартудың жоғары құны. Көлденең ұңғымаларды пайдалану полимердің қабылдағыштығын едәуір арттырады және резервуардың сыну қысымынан жоғары сорууды бақылайды.

Полимерлердің тұрақтылығын арнайы кен орын зерттеулер ПАА ерітінділерінің механикалық тозуын жұмсарту және қабылдағыштықты арттыру үшін ұңғыма оқпанының жанындағы жарықтардың пайдалылығын нақтылауға мүмкіндік беретін далалық деректерді ұсынады. Сонымен қатар, біз Қаламқас кен орны жағдайында ең аз механикалық және тотығу деградациясын көрсететін сынамаларды іріктеудің жаңа әдістемесін ұсындық, ал сынамаларды іріктеудің алдыңғы әдістері ПАА тұрақтылығының тым пессимистік көрсеткіштерін берген болуы мүмкін. Сонымен қатар, зерттеу құйылатын полимер ерітіндісінің ерітілген оттегін қоршаған тау жынысымен тиімді сіңіруге және Қаламқас түзілуінде одан әрі химиялық тұрақтылықты қамтамасыз етуге қосымша өріс қолдауын қамтамасыз етеді. Далалық зерттеулерге сүйене отырып, East eductor айдау қондырғысын оттегінің анықталмайтын немесе қолайлы деңгейін қамтамасыз ету үшін өзгертуді ұсындық, бұл химиялық реагенттер құнын 25% үнемдейді.

ПС модельдеудің дәстүрлі емес әдісі жасалды, ол полимерді тік ұңғымаларға айдау кезінде пайда болатын нақты жағдайларды ескереді. Бұл шарттарға (а) жарықшақты айдамалау ұңғымалары, (б) айдалатын полимер ерітінділерінің механикалық бұзылуының болмауы, (в) айдалатын полимердің әсерінен өткізгіштіктің айтарлықтай төмендеуінің болмауы және (г) полимер үшін қол жетімсіз кеуек көлемінің болмауы жатады. Бұл модель Қаламқас мұнай кен орнында қолданылды. Сонымен қатар, біз геологиялық параметрлер мен коллекторлық динамика негізінде полимерлі су тасқынының тиімділігін аналитикалық болжау үшін эмпирикалық теңдеу жасадық. Бұл аналитикалық құралды кен көлемді қолдану кезінде ұңғымаларды тандау және саралау үшін пайдалануға болады.

Сонымен, техникалық-экономикалық негіздемелер көрсеткендей, мұнай бағасының осы құбылмалылығымен Қаламқас полимерлі суландыру кен орнының экономикалық қызмет ету мерзімін ұзартатын және мұнай өндіруді арттыратын ұзақ мерзімді жоба болуы керек.