

АННОТАЦИЯ

8D07202 – «Мұнай инженериясы» мамандығы бойынша философия докторы PhD ғылыми дәрежесін алу үшін ұсынылған Абилева Сауле Жалғасбайқызының диссертациялық жұмысына, тақырыбы: **«Гетерогенді қабаттардан мұнай өндіруді арттырудың химиялық және термиялық әдістерін жетілдіру»**

Кіріспе

Қазіргі заманғы мұнай өндіру жағдайында игеріліп жатқан кен орындарының көпшілігі жоғары біртекті еместігімен, күрделі фильтрациялық-сиымдылық қасиеттерімен және қиын өндірілетін мұнай қорларының болуымен сипатталады. Бұл факторлар кен орындарын пайдалануды айтарлықтай қиындатып, өндіру тиімділігін арттыру үшін ғылыми негізделген шешімдерді талап етеді.

Мұнай өндіруді арттырудың дәстүрлі әдістері, мысалы, су, газ айдау немесе термохимиялық әсер ету, біртекті емес қабаттар мен күрделі құрамды мұнай жағдайында төмен тиімділік көрсетеді. Сондықтан ағындарды қайта бөлуге, тұйық аймақтарды белсендіруге және мұнай алу коэффициентін арттыруға мүмкіндік беретін жаңа технологияларды әзірлеу қажеттілігі туындайды. Бұл тұрғыда полимерлі және гель-полимерлі композицияларды қолдану, термохимиялық әсер етудің біріктірілген технологиялары, сондай-ақ қиын өндірілетін мұнайлардың реологиялық ерекшеліктерін ескеретін әдістер өзекті болып отыр.

Бұл жұмыста гель-полимерлік өңдеу арқылы мұнай алу тиімділігін арттыру және ұңғымалардың сулануын төмендету әдісі зерттелді. Жоғары тұтқырлыққа ие гель-полимерлі композициялардың рецептуралары әзірленіп, олардың 45 күн ішіндегі термостабильдігі зерттелді. Гельдерді бұзу үшін арнайы құрамдар жасалды. Алайда, бұл әдіс полимерлік су басуға қарағанда төмен тиімділікке ие, өйткені гель-полимерлік өңдеу жеке ұңғымаларға жергілікті әсер етеді, ал полимерлік су басу бүкіл қабаттың үлкен көлемін қамтиды. Сонымен қатар, өндіруші ұңғымаларда полимерлік гельдерді қолдану мұнай өткізгіштігінің төмендеуіне және ұңғыма дебитінің жоғалуына әкелуі мүмкін.

Осыған байланысты диссертацияның үшінші тарауы полимерлі ерітінділер мен рекордтық жоғары шайыр құрамды мұнайлардың кеуекті ортада фильтрациясын зерттеуге арналған. Сонымен қатар, Қазақстанның бір кен орнындағы игеру элементі шегінде толық көлемді полимерлік су басудың сандық модельдеу нәтижелері ұсынылған.

Зерттеу нәтижелеріне сәйкес, полимерлік су басудың тиімділігі мұнай қаныққан қабаттар арасындағы өткізбейтін тосқауылдары бар қабатты құрылымдарда шектеулі болады. Мұндай жағдайларда қозғалыс коэффициентін 1-ден төмендету қабаттың қосымша қамтылуын арттырмайды. Сондықтан үшінші тарауда өткізбейтін қабатшасы бар

гетерогенді қабатты құрылымның моделі қарастырылып, оған сілті айдау арқылы біріктірілген жылулық әсер ету әдісі ұсынылған.

Жұмыстың өзектілігі

Қазіргі уақытта мұнай-газ өнеркәсібінің даму кезеңі біртекті емес қабаттарға шоғырланған қиын өндірілетін көмірсутек қорларының үлесінің артуымен сипатталады. Жоғары тұтқырлықты мұнай мен битум қорлары 790 млрд – 1 трлн тоннаға бағаланады, бұл жеңіл мұнайдың қалдық алынатын қорларынан (162 млрд тонна) 5–6 есе көп. Оларды игеру үдерісіне тарту үшін мұнай беру коэффициентін арттырудың жаңа технологиялары қажет.

Ауыр мұнайларды өндіру тек олардың төмен қозғалыстылығымен ғана емес, сонымен қатар жиі кездесетін тау жыныстарының жоғары біртекті еместігімен және күрделі фильтрациялық-сиымдылық қасиеттерімен қиындайды. Бұл факторлар кен орындарын игеру үдерісін едәуір күрделендіріп, қолданыстағы химиялық және жылулық әдістерді жетілдіруді талап етеді. Осындай әдістерге гель-полимерлік өңдеу, полимерлік су басу және жылулық тәсілдер жатады. Әсіресе, қабат ішіндегі жану және басқа да жылулық әдістерге ерекше назар аударылады.

Қазіргі уақытта аталған әдістер кеңінен қолданылып жатқанымен, олардың тиімділігін шектейтін бірқатар кемшіліктер бар. Әсіресе, біртекті емес қабаттарда бұл әдістер коллекторды әсермен қамтуды айтарлықтай арттыруға мүмкіндік бермейді. Сондықтан химиялық және жылулық әдістерді жетілдіру – біртекті емес қабаттарда мұнай өндіру тиімділігін арттыруға бағытталған маңызды ғылыми-техникалық міндет болып табылады.

Осы диссертациялық жұмыс осы мәселені шешуге арналған және Қазақстанда мұнай өндіру үшін маңызды ғылыми-техникалық әрі экономикалық маңызға ие. Бұл зерттеу тақырыбының өзектілігін айқындайды.

Осы ғылыми-зерттеу жұмысын жүргізудің қажеттілігін негіздеу

Қазақстандағы көптеген кен орындары күрделі геологиялық-физикалық жағдайлармен сипатталады, ал өндірілетін мұнайдың едәуір бөлігі сарқылған қорларға тиесілі. Қабатқа әсер етудің тиімді технологияларын енгізу тұрақты өндірудің негізгі факторы болып табылады. Ең перспективалы әдістердің қатарында жылулық және химиялық әсер ету, сондай-ақ олардың үйлесімді қолданылуы бар.

Жұмыстың мақсаты

Осы диссертациялық жұмыстың мақсаты – гетерогенді қабаттардан қиын өндірілетін мұнайларды өндіруді арттыру үшін химиялық және жылулық әдістерді жетілдіруге арналған технологиялық шешімдерді әзірлеу.

Ғылыми жаңалығы

-Гель-полимерлік композиция [ЧГПА молекулалық массасы 6-7 млн Да және гидролиз дәрежесі 5% / хром ацетаты] үшін 39°C температурада динамикалық тұтқырлықтың концентрацияға және ығысу жылдамдығына тәуелділігі анықталды. Полимер концентрациясын 0,5%-дан 2,5%-ға дейін

арттыру динамикалық тұтқырлықты 5486 сП-дан 267505 сП-ға дейін ұлғайтатыны көрсетілді (ығысу жылдамдығы $0,6 \text{ с}^{-1}$). Яғни, полимер концентрациясын 5 есе арттыру тұтқырлықты 48 есе арттырады.

-Алғаш рет бірегей Ньютондық емес мұнай үшін, оның құрамында шайыр (73%), сондай-ақ күкірт (9%), асфальтендер (5%) және парафин (4,5%) көп мөлшерде кездесетіндіктен, фильтрация жылдамдығының қысым градиентіне тәуелділігі кең температура диапазонында зерттелді. Бұл зерттеу сыни ығысу қысым градиенттерін анықтауға мүмкіндік берді, оның негізінде мұнайдың фильтрациясы жүрмейтін тұйық аймақтар анықталды.

-Жоғары шайырлы (22%) және парафинді (5,2%) мұнай үшін КВН (қозғалыс коэффициентінің) полимер концентрациясына және полимер ерітіндісінің көлеміне тәуелділігі алғаш рет зерттелді. Нәтижесінде, оптималды полимер концентрациясы 0,4%, ал полимер ерітіндісі көлемі мұнайдың кеуекті көлемінің 70%-ын құрауы тиіс екені дәлелденді.

-Қабаттанған-гетерогенді қабаттарға әсер етудің комбинацияланған технологиясы әзірленіп, тәжірибелік тұрғыдан негізделді. Бұл әдіс ыстық су, ауа, 3-5% концентрациядағы сілті ерітіндісі және су-ауа қоспасын қабатқа айдауды қамтиды. Сілті айдалғаннан кейін жоғары өткізгіш қабатта жоғары тұтқырлықты эмульсия түзілуіне байланысты ағындарды қайта бөлу жүзеге асқаны көрсетілді. Төмен өткізгішті қабаттан мұнайды ығыстыру коэффициенті 54%-дан 64%-ға дейін артты.

Зерттеу нысаны. Зерттеу нысаны – қиын өндірілетін мұнай қорлары бар біртекті емес қабаттар.

Зерттеу пәні. Зерттеу пәні – гетерогенді қабаттардан мұнайды химиялық және жылулық агенттер ерітінділері арқылы ығыстыру процесі.

Зерттеу барысында қойылған және шешілген негізгі міндеттер:

- Гель-полимерлік композициялардың құрамын зертханалық тестілеу;
- Жоғары тұтқырлықты мұнайды полимер ерітінділерімен ығыстыруды насыпты модельдерде зерттеу;
- Полимерлік су басуды сандық модельдеу;
- Қабат ішіндегі бу генерациясы мен сілті ерітіндісін айдауға негізделген қабаттанған-гетерогенді қабаттардан мұнайды ығыстырудың кешенді әдісін әзірлеу.

Қойылған міндеттерді шешу әдістері

Қойылған міндеттер эксперименттік және гидродинамикалық модельдерде зерттеулер жүргізу, сондай-ақ тәжірибелік-өнеркәсіптік зерттеулерді жүзеге асыру арқылы шешілді.

Қорғауға ұсынылатын негізгі қағидалар:

- Гель түзілудің, термостабильділіктің және гель-полимерлі композициялардың бұзылу заңдылықтары. Берік гельдер (тұтқырлығы $>200 \text{ сП}$) түзілуі үшін полимер концентрациясы $\geq 2,5\%$ болуы қажет, бұл ерітінді тұтқырлығын ($>400 \text{ сП}$) арттырып, бақыланбайтын гидравликалық

жарылу қаупін тудырады. Осыған байланысты мұнай өндіруді арттыру және судың үлесін азайту үшін балама әдістерді әзірлеу қажеттілігі негізделді.

-Өте жоғары шайырлы (73%) бірегей ньютондық емес мұнай үшін пористі ортадағы сыни ығысу қысым градиентін анықтауға арналған эксперименттік зерттеу жүргізілді. Бұл зерттеу қабаттағы мұнай қозғалысы жүрмейтін тұйық аймақтарды анықтауға мүмкіндік берді. Полимер ерітінділерімен жүргізілген фильтрациялық тестілер нәтижесінде полимер ерітіндісі көлемінің оңтайлы мөлшері мұнайдың кеуекті көлемінің 70%-ын құрауы тиіс екені дәлелденді. Сандық модельдеу нәтижесінде полимерлік су басу мұнай өндіруді 15%-ға арттырып, судың үлесін 26%-ға төмендететіні, ал жергілікті полимерлік су басу (екі ұңғымада) тиімсіз екені көрсетілді.

-Сілті ерітіндісін (30% кеуекті көлем) айдай отырып жүргізілген жылулық әсер ету технологиясының комбинациясы қабаттың қамту аймағын кеңейтіп, орташа мұнай алу коэффициентін 65%-дан 76%-ға дейін арттырады. Сілтілі ерітінді енгізілгеннен кейін жоғары өткізгіш қабатта қысым айырмашылығы 5,7 есе артады, бұл төмен өткізгішті аймақтардан мұнай ығыстыруды белсендіреді. Бұл аймақтарда температура 360°C-қа жетсе, жоғары өткізгішті қабатта 210°C деңгейінде қалады.

Зерттеудің ғылыми және практикалық маңыздылығы

Зерттеудің ғылыми және практикалық маңызы гель түзілу және аномальды мұнайлардың фильтрация процестерін зерттеу, сыни ығысу қысым градиенттерін анықтау, сондай-ақ қабатқа әсер етудің жаңа технологияларын әзірлеу және олардың тәжірибелік негіздемесін жасау болып табылады. Алғаш рет гель-полимерлі ерітінділердің динамикалық тұтқырлыққа тәуелділігі, полимерлік су басудың оңтайлы параметрлері анықталды және сілтілі ерітінділерді айдай отырып жүргізілетін жылулық әсер етудің кешенді әдісі әзірленді.

Жүргізілген зерттеулердің мұнай-газ саласы үшін жоғары практикалық маңызы бар, өйткені олар күрделі геологиялық құрылымы бар кен орындарын игеру тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Әзірленген әдістер мен технологиялар мұнай өндіру компанияларында өндірістік процестерді оңтайландыру үшін және судың үлесін азайту мен мұнай алу коэффициентін арттыру арқылы тиімділікті жоғарылату үшін тікелей енгізілуі мүмкін.

Осылайша, диссертациялық зерттеу нәтижелері біртекті емес қабаттардан мұнай өндірудің химиялық және жылулық әдістерін жетілдіру үшін мұнай-газ компанияларында қолдануға болады.

Жұмысты апробациялау. Диссертациялық жұмыстың нәтижелері бірқатар халықаралық ғылыми конференцияларда апробациядан өтті: Алматы 2020, 2021, 2022; Түмен 2022.

Жарияланымдар

Диссертацияның негізгі қағидалары, нәтижелері және қорытындылары 18 ғылыми еңбекте жарияланған, оның ішінде: 2 мақала – Scopus деректер базасына кіретін халықаралық рецензияланатын ғылыми журналдарда, 6 мақала – Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің

Білім беру және ғылым сапасын қамтамасыз ету комитеті ұсынған басылымдарда, 4 мақала – басқа шетелдік ғылыми журналдар мен басылымдарда, 5 баяндама – халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференция материалдарында және 1 патент алынған.

Жұмыстың құрылымы мен көлемі. Диссертациялық жұмыс кіріспеден, төрт бөлімнен, қорытындыдан және 111 атаудан тұратын пайдаланылған әдебиеттер тізімінен тұрады. Жұмыс көлемі: 118 бет машинкамен терілген мәтін, 51 сурет, 17 кесте.

Жұмыстың негізгі мазмұны

1. Өндірістік жағдайларда қолдануға арналған гель-полимерлі композициялардың құрамдары әзірленді

- Гель-полимерлі ерітінділердің динамикалық тұтқырлыққа тәуелділігі анықталды, бұл олардың қабат жағдайларындағы мінез-құлқын болжауға мүмкіндік береді.
- Полимерлі гельдердің тұтқырлығының химиялық реагенттер концентрациясына тәуелділігі анықталды, бұл гельдердің қабат жағдайларындағы қасиеттерін алдын ала бағалауға мүмкіндік береді.
- Гель-полимерлі өңдеулердің теріс салдарын жою үшін деструкторлар құрамы әзірленді, олар өндіруші ұңғымаларда қолданылады.

2. Полимерлік су басу технологиясын қолдану арқылы ГТШ (геологиялық-техникалық іс-шаралар) техникалық параметрлері анықталды

- Мұнайды ығыстыру коэффициентінің (МЫК) полимер ерітіндісі концентрациясы мен айдалатын көлемге тәуелділігі анықталды, бұл технология параметрлерін нақты геологиялық жағдайларға оңтайлы таңдауға мүмкіндік береді.
- Модельдеу нәтижелері толық ауқымды полимерлік су басу мұнай өндіруді 15%-ға арттырып, судың үлесін 26%-ға төмендететінін көрсетті, ал жеке ұңғымаларда жергілікті қолдану тиімсіз.
- Полимерлі ерітіндінің оңтайлы айдау көлемі анықталды (мұнайдың кеуекті көлемінің 70%), бұл ГТШ жобалау кезінде белгісіздікті төмендетуге көмектеседі.
- Рекордтық жоғары шайырлы (73%), күкіртті (9%), асфальтенді (5%) және парафинді (4,5%) мұнай үшін сыни ығысу қысым градиенттері анықталды, бұл мұнайдың жеткіліксіз қысым градиенттеріне байланысты қозғалыссыз қалатын аймақтарды анықтауға мүмкіндік береді.
- Әзірленген әдістер мұнай өндіру процестерін модельдеу кезінде қолданылып, су басу жүйелерін жобалауды жақсартуға және қалдық мұнай өндіру көлемін азайтуға мүмкіндік береді.

3. Қабатты қамту аймағын кеңейтетін термо-химиялық әдіс әзірленді

- Ыстық су, ауа, сілтілі ерітінділер және су-ауа қоспасын айдауды қамтитын кешенді технология әзірленді, бұл мұнайды алу коэффициентін 65%-дан 76%-ға дейін арттыруға мүмкіндік береді.
- Сілтілі ерітінді айдау жоғары тұтқыр эмульсия түзілуіне байланысты ағындардың қайта бөлінуіне ықпал етеді, бұл төмен өткізгіш аймақтардан мұнайды ығыстыруды белсендіреді және жылулық әсер етудің тиімділігін арттырады.
- Бұл әдісті енгізу төмен өткізгіш қабаттардағы температураны жоғарылатып, олардан мұнайды тиімді ығыстыруға мүмкіндік береді, ал гель-полимерлі өңдеулер мен полимерлік су басу жағдайында мұндай әсерге қол жеткізу қиын.

Осылайша, диссертациялық жұмыста геологиялық-техникалық іс-шараларды жүргізу кезінде туындайтын мәселелерді шешуге арналған технологиялық шешімдер әзірленді.

Зерттеу жұмыстары Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Гранттық қаржыландыру жобалары аясында орындалды:

- ИРНАР22683343 – «Күрделі геологиялық құрылымы бар кен орнында геологиялық-техникалық іс-шараларды таңдауда шешім қабылдау әдістерін жетілдіру»
- АР19674847 – «Су ағынының пайда болу механизмін және оқшаулау жұмыстарының көрсеткіштеріне геологиялық-технологиялық факторлардың әсер ету заңдылықтарын зерттеу»