

АННОТАЦИЯ

6D070800 – «Мұнай-газ ісі» мамандығы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін ұсынылған **Логвиненко Александр Валерьевичтің** диссертациясына

Өзектілігі. Жақында дейін дәстүрлі жеңіл мұнай көмірсутек шикізатының негізгі көзі болып, энергия тасымалдаушыларға деген әлемдік сұранысты толығымен қанағаттандырып келді. Алайда, 2000-шы жылдардың басынан бастап, халық санының өсуімен және дамушы елдердің индустрияландырылуымен байланысты мұнайға деген жаһандық сұраныстың тұрақты өсуі байқалды. Бұл, өз кезегінде, жеңіл мұнайдың қолжетімді қорының азаюына және оны әлемдік нарыққа жеткізу көлемінің шектелуіне әкелді. Сұраныс пен ұсыныс арасындағы туындаған теңгерімсіздік көмірсутектердің балама және бұрын жеткіліксіз игерілген көздерін белсенді іздеуге түрткі болды.

Осындай көздердің ішінде орташа және ұзақ мерзімді перспективада тұрақты энергиямен қамтамасыз ету үшін ең перспективалы ресурстар ретінде жоғары тұтқыр мұнай мен табиғи битумға ерекше назар аударылады. Көмірсутек шикізатының бұл түрлері айтарлықтай барланған қорымен, географиялық таралуымен және заманауи өндіру технологияларын енгізу арқылы өнеркәсіптік игерудің әлеуетті мүмкіндігімен сипатталады.

Жоғары тұтқыр мұнай соңғы онжылдықтарда мұнай өңдеу кәсіпорындары үшін шикізат ретінде қолданылып келеді, алайда оның физика-химиялық қасиеттері — жоғары тұтқырлық, жеңіл фракциялардың төмен құрамы және жоғары тығыздық — арнайы өндіру және дайындау әдістерін қолдануды қажет етеді. Сапасы төмен және өндірудің өзіндік құны жоғары болғандықтан, жоғары тұтқыр мұнайдың нарықтық құны дәстүрлі жеңіл мұнаймен салыстырғанда төмен болады.

Халықаралық бағалауларға сәйкес, жоғары тұтқыр мұнай мен табиғи битумның жиынтық әлемдік қоры шамамен 5,6 триллион баррельге жетеді. Бұл ресурстар әлемнің 70-тен астам елінде анықталған, олардың негізгі көлемі Венесуэлада және Канадада шоғырланған. Венесуэлада әлемдегі ең ірі жоғары тұтқыр мұнай қоры, ал Канадада табиғи битум қоры бар, оны игеру Альберта провинциясында белсенді жүргізілуде [1–3]. Қазақстан да дәстүрлі емес көмірсутектердің айтарлықтай әлеуетіне ие: елдегі жоғары тұтқыр мұнай ресурстары шамамен 42 млрд баррельді құрайды деп бағаланады, сондай-ақ табиғи битумның кең кен орындары анықталған [4].

Бұдан жоғары тұтқыр мұнай мен битумды өндіру және өңдеу ерекшеліктерін зерттеу Қазақстанның минералдық-шикізат базасын кеңейту және энергетикалық қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін маңызды болып табылатын өзекті бағыт екендігі шығады.

Халықаралық талдау деректеріне сәйкес, Қазақстан аумағындағы жоғары тұтқыр мұнай кен орындарын игеру кезінде бу-гравитациялық дренаж (Steam Assisted Gravity Drainage, SAGD) және буландыру-экстракциялық дренаж (VAPEX) технологиялары ең үлкен әлеуетті көрсетеді. Бұл әдістер

қиын алынатын қорларды игерудің ең тиімді технологиялары қатарына жатады және дәстүрлі тәсілдермен салыстырғанда мұнай беру коэффициентін айтарлықтай арттыруға мүмкіндік береді.

Соған карамастан, Қазақстан жағдайы үшін бұл технологиялар салыстырмалы түрде жаңа және жеткіліксіз апробацияланған болып қалып отыр. Бұл отандық кен орындарының геологиялық және термобаралық жағдайларында SAGD және VAPEX қолданылуын бағалауға бағытталған ғылыми жарияланымдардың шектеулі санымен және кешенді эксперименттік және модельдік зерттеулердің болмауымен расталады. Осыған байланысты, Қазақстанның мұнай қабаттарының аймақтық ерекшеліктерін ескере отырып, шетелдік тәжірибені бейімдеу және осы технологияларды енгізудің әдістемелік негіздерін әзірлеу қажеттілігі туындайды.

Бұл ретте SAGD технологиясы халықаралық деңгейде ең тиімді термиялық өндіру әдістерінің бірі ретінде танылды, ол балама технологиялардың көпшілігінің көрсеткіштерінен асатын жоғары МБК (КИН) қамтамасыз етеді. Салыстыру үшін, бу-гравитациялық дренаж кезінде МБК 50%-дан асуы мүмкін болса, ТМД елдерінде кең таралған дәстүрлі әдістер айтарлықтай төмен тиімділікпен сипатталады: бу айдау кезінде МБК 45%-дан аспайды, ал ұңғымаларды циклдік бумен өңдеу кезінде тек 15–20% құрайды.

Осылайша, Қазақстанда SAGD және VAPEX технологияларын қолдану жоғары тұтқыр мұнайларды игеру тиімділігін арттырудың перспективалы бағыты болып көрінеді, бұл елдің кен орындарының нақты геологиялық-физикалық жағдайларына терең ғылыми негіздеме мен бейімделуді талап етеді.

Осы тақырып бойынша ғылыми-зерттеу жұмысын жүргізу қажеттілігінің негіздемесі. Қазақстанның жоғары тұтқыр мұнай және табиғи битум кен орындары үшін ең жоғары МБК SAGD термиялық өндіру әдісін қолдану арқылы қол жеткізіледі. Бұл әдістің негізгі кемшілігі — ұзындығы 1000 м-ге дейін жететін екі көлденең ұңғыманы бұрғылауға кететін үлкен күрделі шығындар. Бұл ретте SAGD әдісінің жиырмадан астам түрлі модификациялары бар, олардың бірі пласты бір көлденең ұңғыма – SW-SAGD арқылы игеруді көздейді. SW-SAGD-тің өз кезегінде айқын кемшілігі бар, ол айдау учаскесіне жақын орналасқан өндіру учаскесіне будың лезде тесіп шығуына байланысты бу-мұнай қатынасының (БМК) жоғары болуында. Мұндай проблема бір тонна мұнай өндіруге қажетті бу мөлшерінің өте жоғары өсуіне әкеледі. Алайда, классикалық SAGD әдісіндегідей екі ұңғыманың орнына бір көлденең ұңғыманы бұрғылау арқылы күрделі шығындар айтарлықтай қысқарады. Осылайша, SAGD әдісінің бір ұңғымалы модификациясын қолдану арқылы төмен күрделі шығындарға және бу-мұнай қатынасына қол жеткізуге болады. Бұл мәселені шешу үшін будың өндіру участогіне тесіп шығуына жол бермеу қажет.

Жаңа SAGD модификацияларын әзірлеу қажеттілігі бірнеше көлденең ұңғымаларды ұзақ қашықтыққа бұрғылауға байланысты бұл әдістің қымбаттығын көрсететін бірқатар жұмыстармен расталады.

ҒЗЖ метрологиялық қамтамасыз етілуі туралы мәліметтер. Бу генерациялауға және айдауға арналған жабдықтар сатып алынды. Жоба аясында ЭПГ-20-8У бу генераторы мен ЭПГ-6П бу қыздырғышы сатып алынды. Жұмыс Қ.И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТУ-дың ОСТ ИСО / МЭК 17025-2009 талаптарына сәйкес аккредиттелген «Химиялық синтез және мұнай өндіру» сынақ зертханасында жүргізілді (№ KZ.T.02.2159 09.11.2017 ж.).

SWC-SAGD инновациялық модификациясы ұсынылады. Диссертация тақырыбы бойынша ғылыми зерттеулер ҚР БҒМ гранттық қаржыландыру және ШҒЗ (ХНИР) жобаларын орындау шеңберінде жүзеге асырылды:

1. 2017–2018 жж. – Қазақстан Республикасы Тұңғыш Президенті – Елбасы Қорымен №219-17 жобасы бойынша ШҒЗ: «Жоғары тұтқыр мұнайды химиялық еріткіштермен ығыстырудың және 3D визуализацияның зертханалық зерттеулері» тақырыбында.

2. 2018–2020 жж. – «AP05135893» тақырыбы бойынша: «Геомеханикалық есептеулерді және ұңғымалардың орналасуын өзгертуді қолдана отырып, мұнайдың бу-гравитациялық дренажын оңтайландыруға көпсалалы көзқарас».

3. Қосымша зерттеулер BR21882241 «Парниктік газдар шығарындыларын азайту үшін Қазақстан Республикасының өнеркәсіптік нысандарында CO₂ аулау мен сақтаудың кешенді жүйесін зерттеу және әзірлеу» (2023-2025 жж.) БНҚ шеңберінде жүргізілді.

Зерттеу бойынша патенттер:

1. Үміткер алған патенттер ҚОСЫМША Б-да ұсынылған. ҚР 35457 патенті «Жалғыз ұңғыманың бу-гравитациялық дренажының циклдік әдісі», 2022 ж.

2. PCT/KZ2020/000025 халықаралық PCT патенттік өтінімі «Жалғыз ұңғыманың циклдік бу-гравитациялық дренаж әдісі (SWC-SAGD)», 2022 ж.

Диссертациялық жұмыстың мақсаты:

Диссертациялық жұмыстың мақсаты ұңғымалардың орналасу схемасын жетілдіру арқылы бу-гравитациялық дренаж (SAGD) әдісінің тиімділігін арттыруға бағытталған тәсілдерді әзірлеу және оңтайландыру болып табылады:

1. SAGD әдісін қолдану тиімділігін арттыруға, пласты біркелкі және толық қамтуды жақсартуға, сондай-ақ айдау және өндіру процестерін оңтайландыруға мүмкіндік беретін ұңғымалар орналасуының жаңа архитектуралық шешімдері мен модификацияларын зерттеу және әзірлеу.

2. Ұсынылған өзгерістердің SAGD әдісін қолданудың экономикалық рентабельділігіне әсерін бағалау, оның ішінде шығындар мен кірістерді талдау, сондай-ақ мұнай кен орындарын игерудің жалпы тиімділігін арттыру үшін ұсынылған шешімдердің экономикалық орындылығын негіздеу.

Зерттеу міндеттері:

1. SAGD әдісінің тиімділігін арттыру әдістерінің ағымдағы жағдайын талдау:

- Қолданыстағы тәсілдерге шолу жасау, ұңғымалардың орналасуын өзгертуге назар аудару.

2. SAGD әдісінің жаңа модификациясын — SWC-SAGD әзірлеу:

- SWC-SAGD жаңа әдісінің тұжырымдамасын әзірлеу, оның ішінде негізгі принциптерді анықтау және осы модификацияның қажеттілігін негіздеу.

- Қолданыстағы әдістердің анықталған кемшіліктеріне және жаңа модификацияның ықтимал артықшылықтарына сүйене отырып, SWC-SAGD-ті әзірлеу негіздерін тұжырымдау.

3. SAGD әдісінің физикалық модельдеуі үшін зертханалық эксперименттер жүргізу:

- Бу камерасының мінез-құлқын және әртүрлі әдістердің тиімділігін зерттеу үшін үйінді және 3D физикалық модельдерді қолдана отырып, жоғары тұтқыр мұнаймен зертханалық эксперименттерді ұйымдастыру және жүргізу.

- SAGD әдісінің қолданылуын және оңтайландырылуын бағалау үшін зертханалық эксперименттердің нәтижелерін талдау.

4. SAGD және SWC-SAGD әдістерінің гидродинамикалық модельдеуі:

- Дәстүрлі SAGD әдісін де, оның SWC-SAGD модификациясын да гидродинамикалық модельдеуді орындау.

- Алынған модельдерге салыстырмалы талдау жүргізу, бу-мұнай қатынасын бағалау және әртүрлі игеру жағдайларында әр әдістің артықшылықтары мен кемшіліктерін анықтау.

5. SWC-SAGD қолданудың техникалық-экономикалық негіздемесін жүргізу:

- Жаңа SWC-SAGD модификациясын қолданудың экономикалық орындылығын бағалау, оның ішінде шығындарды, кірістерді және рентабельділікті дәстүрлі SAGD әдісімен салыстыру.

- Алынған нәтижелер негізінде SWC-SAGD-ті өндірістік практикаға енгізу бойынша ұсыныстар әзірлеу.

Зерттеу объектісі – жоғары тұтқыр мұнай мен табиғи битумды өндірудің SAGD термиялық әдісі.

Зерттеу пәні – SAGD әдісінің ұңғымалар орналасуының әртүрлі вариациялары, оның ішінде бір ұңғымалы SW-SAGD модификациясы.

Зерттеудің ғылыми жаңалығы айдалған будың өндіру учаскелеріне өтуіне жол бермейтін және будың пластты қамтуын арттыратын SWC-SAGD инновациялық әдісін (модификациясын) әзірлеу болып табылады:

Бұл тармақтар диссертацияның ғылыми жаңалығы мен негізгі нәтижелерін сипаттайды. Төменде олардың академиялық стильдегі қазақша аудармасы берілген:

1. Алғаш рет SWC-SAGD деп аталатын бумен қыздыру және өндірудің жаңа бір ұңғымалы тәсілі (модификациясы) ұсынылды. Ол айдау және өндіру учаскелерінің орналасу схемасын және перфорацияланбаған секцияларды қолдануды қамтиды, бұл айдалатын будың өндіру учаскелеріне өтіп кетуіне жол бермейді және айдау процесін тиімді басқаруға мүмкіндік береді.

2. SWC-SAGD бір ұңғымалы орналасуында будың көлденең ағындарын болдырмау үшін су-мұнай кедергісін қолданудың мақсатқа сәйкестігі анықталды, бұл будың пласттың қажетсіз аймақтарына жылжымауын қамтамасыз етеді.

3. Айдау және өндіру учаскелерінің кезектесіп келуі, сондай-ақ олардың орналасуын оңтайландыру есебінен пластты бұмен қамтуды арттыруға мүмкіндік беретін әдіс әзірленді. Бұл пластқа біркелкі әсер етуді және бұ ағынының таралуын жақсартуды қамтамасыз етеді, нәтижесінде мұнай кен орындарын игеру тиімділігі артады.

4. Айдау учаскелері кезең-кезеңімен өндіру учаскелеріне ауыстырылатын және керісінше жұмыс істейтін циклдік игеру жүйесіне жаңа тәсіл әзірленді және негізделді. Бұл пластты неғұрлым біркелкі қамтуға және SAGD әдісінің жалпы тиімділігін арттыруға ықпал етеді.

5. Алғаш рет Сарыбұлақ кен орнының мұнайына ұқсас қасиеттері бар мұнай үлгісінде ұсынылған технологияны қолданудың гидродинамикалық моделі жасалды.

Жұмыстың теориялық және практикалық маңыздылығы:

Жиынтық жоғары тұтқыр мұнай немесе табиғи битум өндіруді арттыруға, күрделі және операциялық шығындарды қысқартуға мүмкіндік беретін жаңа SWC-SAGD модификациясы ұсынылды. SAGD әдісінің физикалық модельдеуі бойынша зертханалық эксперименттердің нәтижелері ұсынылған. SAGD және SWC-SAGD әдістерінің гидродинамикалық модельдері құрастырылған. SWC-SAGD әдісін қолданудың техникалық-экономикалық негіздемесі жүргізілген.

Автордың жеке үлесі:

Зертханалық жағдайларда жүргізілген физикалық эксперименттердің нәтижелері, 3D гидродинамикалық модельдеу жеке ізденушімен орындалды. Мақсатты, міндеттерді қою, сондай-ақ әзірленген әдісті қолданудың техникалық-экономикалық негіздемесі ғылыми жетекшімен бірлесіп жүргізілді.

Қорғауға ұсынылатын негізгі қағидалар:

1. Айдау және өндіру учаскелерін кезектестіруді, перфорацияланбаған секциялармен бөлуді қамтитын, бұ-гравитациялық дренаж (SAGD) әдісінің SWC-SAGD деп аталатын жаңа модификациясы ұсынылған.

Бұл құрылым айдалған будың өндіру учаскелеріне өтуіне жол бермейді және циклдік игеру жүйесін қолдану есебінен пластты әсер етумен қамтуды арттырады.

2. Бұрын SAGD әдісінде тік ағындардың алдын алу үшін қолданылған су-мұнай кедергісін бір ұңғымалы SWC-SAGD орналасуы кезінде көлденең ағындардың алдын алу үшін қолданудың орындылығы негізделген.

Бұл шешім буды айдау аймақтарында тиімдірек ұстауға және оның пласттың қажетсіз аймақтарына жылжуын азайтуға ықпал етеді.

3. Айдау учаскелерінің мезгіл-мезгіл өндіру учаскелеріне ауыстырылуын және керісінше ауыстырылуын көздейтін циклдік игеру жүйесі әзірленді және негізделді.

Бұл тәсіл пластты неғұрлым біркелкі қамтуды және игерудің жалпы тиімділігін арттыруды қамтамасыз етеді.

4. Жоғары тұтқыр мұнай және табиғи битум кен орындарын игеру үшін SWC-SAGD модификациясын қолданудың технологиялық және экономикалық орындылығы дәлелденді.

Бұл оның осындай ресурстарды игеру кезінде тиімділікті және экономикалық пайданы жақсарту үшін әлеуетін растайды.

Жарияланымдар:

Диссертацияның негізгі қағидалары 9 ғылыми мақалада және 2 патентте баяндалған.

Жұмыстың көлемі мен құрылымы:

Докторлық диссертация кіріспеден, 4 бөлімнен, қорытындыдан және 1 қосымшадан тұрады. Жұмыс 130 бет машинкамен терілген мәтінде баяндалған, негізгі бөлігінде 59 сурет, 10 кесте, сондай-ақ қосымшада 3 сурет бар. Пайдаланылған дереккөздер тізімі 94 атауды қамтиды.