

**Ысқақ Ардақ Серғазықызының 6D070800 – «Мұнай газ ісі»
мамандығы бойынша философия докторы PhD дәрежесін алу үшін
дайындалған «Мұнай ұңғыманың түбін сұйық шыны және микроцемент
негізінде тампонажды материалдар арқылы судан оқшаулау
технологиясын өңдеу» тақырыбы бойынша диссертацияның
АНДАТПАСЫ**

Жұмыстың өзектілігі

Қазіргі уақытта Қазақстандағы мұнай кен орындарының көпшілігі игерудің соңғы және орта сатысында, олар қабаттың төмен қысымымен және ұңғымалар өнімінің жоғары суланумен сипатталады. Бұл ұңғымалардың айтарлықтай мұнай бойынша дебитінің төмендеуіне және суды өндіруге жұмсалатын энергияны тұтынумен және оны нарықтағы мұнайдан бөлумен байланысты күтілмеген пайдалану шығындарына әкеледі.

Мұнай ұңғымаларын сулануына әкелетін негізгі факторлардың бірі – пайдалану тізбектегі төменгі перфорация каналдар арқылы ұңғы түбіне қабат судың ағысы. Мұнай өндірілген сайын мұнай өнімді қабаттағы қысым төмендеп, төменгі сулы горизонттан ұңғыма түбіне судың келуі конус түрінде қабат жынысының тесіктері мен жарықтары, тау жыныс арасында пайда болған жарықтар, цемент тас және пайдалану тізбегі арасындағы қуыстар арқылы, сондай-ақ мұнай-сумен жанасудың біртіндеп көтерілуі нәтижесінде болады.

Су ағынын шектеудің перспективалы әдістері - бұл гелдік композицияларға негізделген технологияларды қолдану. Тікелей қабатта оның жағдайымен гелдің түзілуі жоғары фильтрациялық кедергісімен жоғары өткізгіштігі бар арналар арқылы судың өтуін болдырмайтын су оқшаулағыш аймақтарды (тосқауылдар, экрандар) құруға мүмкіндік береді.

Бүгінгі күні оқшаулау жұмыстарында қолданылатын гел түзетін тампонажды материалдары мен технологияларының кеңейтілген спектрі бар. Мысалы, осы мақсаттар үшін тігіндеуші сілтемесі (хром ацетаты) қосылған полиакриламидтің сулы ерітінділері кең қолданылады.

Алайда, олардың жетістігі мен тиімділігі төмен және қысқа мерзімді болып қалады. Бұл олардың ену қабілетінің төмендігімен, қабат суының минералды тұздарына химиялық тұрақсыздығымен, қабат температурасына жоғары сезімталдығымен, уыттылығымен, қымбатшылығымен байланысты. Көптеген өндірістегі гел түзетін композиттер қымбат және олар Қазақстанда өндірілмейді.

Ұңғымаларды судан оқшаулаудың қолданыстағы технологияның үлкен кемшілігі бар: минералданған қабат суымен (90% дейін) суланған ұңғыма түбіне қолданыстағы перфорациялық каналдары арқылы гел түзетін ерітіндіні мұнай қабатына тікелей айдау. Бұл, ең алдымен, қабаттағы судың еріген тұздарымен реагенттердің өзара әрекеттесуіне байланысты ұңғыманың түбінде мерзімінен бұрын гелдің түзілуіне әкеледі. Түзілген гел ұңғыма саңылауының арналары бойымен қозғала отырып, мұнай қабатының ұңғыма аймағының кеуектерін бітеп, оның су өткізгіштігін ғана емес, сонымен қатар

мұнай бойынша өткізгіштігін төмендетеді. Осылайша, қабаттың саңылаулы аймағына енетін гель ұңғыма түбіне келетін мұнай көлемін айтарлықтай азайтады, яғни оның ағынының жылдамдығы немесе қабат қысымындағы тұрақсыз гель мұнай қабатының ұңғыма аймағынан ұңғыма түбіне қайта оралып, суды өшіру жұмыстарының әсерін нөлге жеткізуі мүмкін.

Осыған байланысты сулы қабаттың тереңдігіне жоғары ену қабілеті бар, қол жетімді және олар арқылы сенімді, берікті судан оқшаулау экранын құру арқылы тиімді гель түзетін материалдарды пайдалану негізінде мұнай ұңғымаларының түбін гидроизоляциялаудың қолданыстағы технологиясын жетілдіру қажет.

Бұл жұмыстың мақсаты мұнай ұңғыманың түбін судан оқшаулау технологиясын тиімділігін арттыру және су шыны мен микроцемент негізіндегі материалдар негізінде гель түзетін композицияның ұтымды құрамын негіздеу арқылы ұңғының сулануын төмендету және тауарлы мұнай дайындау шығынын азайту болып табылады.

Мақсатқа жету үшін келесі **ғылыми міндеттер** қойылды:

1. Сұйық шыны мен микроцемент негізінде гель түзетін композицияны және тампонажды материалдарды пайдаланып мұнай қабатынан төмен су оқшаулағыш аймақ құрған кезде өндіру ұңғының түбіне табан судың түсуін шектеудің технологиялық процестерінің заңдылықтарын белгілеу.

2. Мұнай қабатынан төмен су оқшаулағыш аймақ құру үшін су шыны мен тігіндеуші арқылы гель түзуші композицияның рационалды құрамын, сондай-ақ микроцемент сулы ерітіндісінің құрамын анықтау.

3. Өндіру ұңғымалардың түпкі аймағында судан оқшаулау аймағының құруда судан оқшаулау процестерін математикалық модельдеу.

4. Сұйық шыны мен микроцемент негізінде гель түзетін композициялар және тампонажды материалдарды қолдана отырып, мұнай ұңғымаларының түбін гидрооқшаулаудың жаңа технологиясын құру бойынша ғылыми ұсыныстар әзірлеу.

Диссертацияның ғылыми жаңалығы

1. Сұйық шыны мен микроцемент негізінде гель түзетін композициялар және тампонажды материалдар арқылы мұнай қабатынан төмен ұңғыма түб аймағында суды оқшау аймағын құрғанда, өндіру ұңғыманың түбіне қабат суының келуі мүмкін еместігі анықталды; өйткені қатайған гелдің тұтқырлығы мұнайдың тұтқырлығынан жоғары, ал қабатқа мұнайдың өткізгіштігі гелдерге қарағанда жоғары.

2. Гель түзетін композицияның сулы ерітіндісінде натрий силикатының массалық мөлшері 8% және тігіндеушінің мөлшері 2% болғанда, гель түзілу уақыты кемінде 2 сағат (ұңғыда техникалық процесті жүзеге асыру уақытынан көп) және сулы қабаттың оқшаулау коэффициенті 0,66-0,99 дейін болатыны анықталды.

3. Сулы микроцементті ерітіндіде 47% құрғақ қоспаның массалық мөлшері (95% портландцементтен және 5% кеңейтетін кальций оксидінің қоспасынан тұрады) және сұйықтан (66% су, 25% натрий силикат ерітіндісі және 9% реакцияны тежегіш-ингибитор) болғанда құбырсыртындағы

кеңістікте ерітіндінің қатуы 2 сағаттан кем болмайтыны анықталды және сулы қабаттағы перфорациялық каналдардың толық өткізгішбейтінгі қамтамасыз етіледі.

Қорғауға шығарылған ғылыми жағдайлар

1. Пайдалану тізбекті зумпфтың жоғарғы бөлігінде перфорациялау және қалыптасқан перфорация арналары арқылы ретімен сулы қабатқа тұщы су, сұйық әйнек және оны тігіндеуші –алюминий сульфатының сулы ерітіндісін, сондай-ақ кеңейткіші бар микроцементті ерітінді айдау, бірмезгілде жоғарғы мұнай қабатында кері қысым тудыру толығымен табанды қабат суының ұңғыма түбіне келуін шектейді.

2. Сұйық шынымен, кеңейтетін кальций оксидін және реакцияны баяулатқышпен микроцемент ерітіндісі сақинадағы цемент тасының тесіктері мен жарықтарына дер кезінде еніп, қабат жағдайында сенімді суды оқшаулау экранын құрайды.

3. Бұл композициялар экономикалық және технологиялық жағынан тиімді, олар қазақстандық отандық өнімдер.

Ғылыми тұжырымдар мен тұжырымдардың сенімділігі мен негізділігі заманауи әдістермен және зерттеу құралдарымен, ақпаратты өндеудің статистикалық әдістерін қолданумен, тәжірибелік мәліметтермен теориялық тұжырымдарды растаумен қамтамасыз етілген.

Практикалық маңыздылығы сұйық шыны мен микроцемент негізіндегі тампонажды материалдарын қолдана отырып, мұнай ұңғымаларының түбін гидрооқшаулаудың тиімді технологиясын жасау болып табылады. Өзірленген су оқшаулағыш құрам су түбіндегі конустың пайда болуын болдырмау үшін су-мұнай шекарасы деңгейінде сенімді түрде су оқшаулағыш экран жасауға мүмкіндік береді. Осындай технология өндіру ұңғымалары жоғары суланған кен орындарда қолданыла алады. Зерттеу нәтижелерінің экономикалық тиімділігі жылына 57 825 804 теңгені құрайды, ол 630 тонна/жылына қосымша мұнай өндіру және 848 тонна/жылына артық су өндіруді азайту есебінен алынды.

Жұмыстың апробациясы.

Зерттеу нәтижелері және диссертацияның негізгі ережелері «Сәтбаев оқулары» халықаралық конференциясында «Шахмардан Есеновтің ғылыми мұрасы» тақырыбында баяндалды (Алматы, 8-9 сәуір 2017 ж.); «Сәтбаев оқулары» халықаралық конференциясында «Дәстүрлі мәселелердің инновациялық шешімдері: техника және технология» және Республика Президентінің «Цифрлық Қазақстан» жолдауымен орайластыруға бағытталған (Алматы, 12.04.2018); «Халықаралық ғылымның дамуының норвегиялық журналы» №19-шы халықаралық конференцияда (Норвегия, 25-26 маусым, 2018 жыл) баяндалды.

Осы тақырып бойынша ғылыми-зерттеу жұмыстары Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің 2018–2020 жылдарға арналған гранттық қаржыландыру жобасы аясында жүргізілді № 2018 / AP05130484 «Қабат қысымын ұстап тұрудың және мұнай ұңғымаларының шығынын арттырудың тиімді интегралды технологиясын құрудың ғылыми

негіздемесі» тақырыбында, сонымен қатар 2018 жылда ШКҒЖ «ПетроҚазақстан Құмкөл Ресорсиз» АҚ-мен тақырыбы: «Мұнай қабатын арттыру және судың азаюын азайту мақсатында жаңа технологиялар мен техниканы енгізуді ғылыми қолдау» №4.010.18 жоба аясында жүргізілді.

Жарияланымдар.

Диссертация тақырыбы бойынша 12 ғылыми жұмыс жарияланды, оның ішінде Scopus мәліметтер базасына енгізілген нөлдік емес импакт-факторы бар халықаралық рецензияланған ғылыми журналдарда - 3 мақала, ҚР Білім және ғылым саласындағы бақылау комитеті бекіткен тізімдегі басылымдарда - 3 мақала, шетелдік журналда - 1 мақала және халықаралық ғылыми конференциялардағы баяндаманың тезистері - 5 мақала.

Диссертацияның қысқа мазмұны

Кіріспеде ғылыми зерттеу тақырыбының өзектілігін негіздейді, зерттеудің негізгі мақсаттары мен міндеттерін, ғылыми жаңашылдығын, негізгі қорғалған ережелерін, жұмыстың практикалық құндылығы мен апробациясын тұжырымдау берілген.

Диссертацияның **бірінші тарауында** мұнай ұңғымаларын гидроизоляциялаудың қолданыстағы технологияларына әдеби шолу, әртүрлі гель түзуші және тығындау материалдарының көмегімен мұнай ұңғымаларын гидрооқшаулау технологиясын жетілдіруге бағытталған ғылыми-зерттеу жұмыстары талданған. Судың келуін шектеу технологияларын және суды оқшаулауды жүргізуге арналған материалдарды әзірлеуге және жетілдіруге үлкен үлес қосқан ғалымдар: Блажевич В.А., Булгаков Р.Т., Газизов А.А., Газизов А.Ш., Агзамов Ф.А., Зозуля Г.П., Клещенко И.И., Никишов В.И., Уметбаев В.Г, Дубинский Г.С. Mills R.V., Krumrine P.H.and Boyce S.D., Kennedy, Seright, R.S., Lane, R.H., Sydansk, R.D., Lakatos H.T., Lakatos-Szabo I., Szentes J., Razavi G., Hassani S.M., Penberthy F., Bayless, J.H., Essawy W.M., Bin Hamzah R., Hossein Ali A., Bailey B.

Мәселенің жай-күйін зерттеу қазіргі уақытта өндірілген мұнайдың жоғары мөлшерде сулануы үлкен проблема екенін, сулану конусы түрінде ұңғыма түбіне табан судың келу нәтижесінде болатынын көрсетті. Әр түрлі гель түзетін композицияларды суланған мұнай қабатына айдау ұңғымалардың түпкі аймағының өткізгіштігін едәуір төмендетеді және бар проблеманы жеткілікті түрде шешпейді. Осыған байланысты кен орындарының мұнай ұңғымаларының түбін судан оқшаулаудың тиімді технологиясын жасау қажет болады.

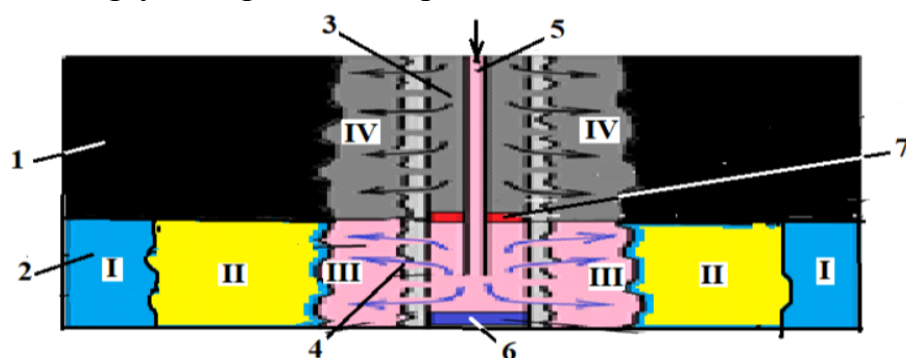
Белгілі гель түзетін гидрооқшаулағыш материалдардың алуан түрлілігіне қарамастан, олардың көпшілігі қабат жағдайында а баротермиялық тұрақсыздық пен қымбатшылыққа байланысты іс жүзінде кең қолдануды таппады. Бұл гель түзетін композициялар мен ерітінді материалдарының жаңа композицияларын жасауды қажет етеді, және олардың ұңғымалардың сағасынан түбіне дейін тасымалдануын қамтамасыз етуді және мұнай қабаты үшін сенімді су оқшаулайтын аймақ құру қажет.

Екінші тарауда мұнай ұңғымаларының түбіне қабат судың келуін шектеудің жаңа тиімді технологиясы өндіру ұңғымаларының түп аймағында

мұнай қабатынан төмен суды оқшаулауаймағын құру және сұйық шыныдан жасалған материалдарды пайдалану (натрий силикатының сулы ерітіндісі) және кеңейтетін қоспасы бар микроцемент ертініндісі ұсынылады. Гель түзетін композиция ретінде сұйық шыны таңдау оның қабат жағдайында жоғары жылу қысымына төзімділігімен және арзан болуымен байланысты. Біздің елімізде сұйық шыны құрылыс қажеттілігі үшін көп мөлшерде шығарылады.

Бұл технологияның мәні мен жаңалығы басында мұнай қабатының деңгейінен 1 төмен (1-сурет), су қабатының 2 жоғарғы аймағында, ұңғымадан 3, пайдалану тізбегі мен цемент тасты 4 теседі. Содан кейін, буферлік сұйықты I қалыптасқан перфорацияланған каналдарға, сұйық шыны ерітіндісін тігіндеушісімен II, содан кейін микроцемент ерітіндіні III кеңейтетін қоспасымен және ығыстыру сұйықын сорапты-компрессорлы құбыр 5 (СКК) арқылы айдайды. Осы кезде бірмезгілде құбырсыртындағы кеңістік арқылы ұңғының түбінде кері қысым тудырып, өнімді қабатқа гелітүзуші композиция көтерілмеу үшін жеңіл мұнайды IV сыртқы құбырмен айдалады. Құрылатын экраннан төмен цементті тығынды 6 құрайды. Сыртқы кеңістікті ұңғыманың түбінде пакермен 7 оқшаулайды.

Буферлік сұйық (тұщы су) қабаттағы тұзды суды қабатқа қарай ығыстырады және сұйық шыны мен минералданған судың тез арада араласып, ұңғы түбінде гель түзуіне мүмкіндік бермейді.



I – буферлік сұйық, II – сұйық шынының тігіндеушісімен ерітінді, III – кеңейтетін қоспасымен микроцементті ерітіндіні, IV – жеңіл мұнай.

Сурет 1- Өндіру ұңғыманың түп аймағында су-мұнай шекарасы деңгейінен төмен судан оқшаулау аймағын құрудың технологиялық сұлбасы:

Сенімді судан оқшаулау аймағын құрудың шарттары мен бағалау критериялары – тасымалдаі кезіндегі гелітүзуші композицияның аққыштығы, тұтқырлығының және тығыздығының шеткі мәндері, сонымен қатар тапмонажды материалдың қатуынан кейінгі беріктігі болып табылады.

Мұнай қабатын судан оқшау аймағын құру кезінде өндіру ұңғыманың түбіне табан қабат суы ағысы болмайтындай рационалды параметрлерін орнату үшін Дарси заңы бойынша мұнайдың және гелдің радиалды фильтрация шығымының теңдеуін құрамыз. Егер мұнайдың радиальды фильтрациясының шығымы Q_1 гелі фильтрация ағымының шығымынан Q_2 үлкен немесе тең болса, онда ұңғыма түбіне қабат суының ағысы болмайды.

Дарси заңы бойынша бұл параметрлер келесідей анықталады

$$Q_1 = \frac{Ak_1 dp}{\mu_1 dL} \geq Q_2 = \frac{Ak_2 dp}{\mu_2 dL} \quad (1)$$

мұнда A – қабат түп аймағының фильтрация а, k_1 және k_2 – сәкес мұнай және су қабаттарының өткізгіштіктері, p – қысым, μ_1 және μ_2 – сәйкес мұнай және түзілген гелдің тұтқырлықтары, L – ұңғыма дренаждау аймақ контурының радиусы (ұңғыма ның қоректену контуры).

Айнымалы параметрлерді интегралдаудан кейін алатынымыз

$$Q_1 \int_0^R dL = \frac{Ak_1 dp}{\mu_1} \int_{p_0}^p dp \geq Q_2 \int_0^R dL = \frac{Ak_2 dp}{\mu_2} \int_{p_0}^p dp \quad (2)$$

мұнда dp – түп қысымынан P_0 қабат қысымына дейін P қысымның өзгеруі, dR – 0 ден қоректену радиусына дейін R қоректену контурының өзгеруі.

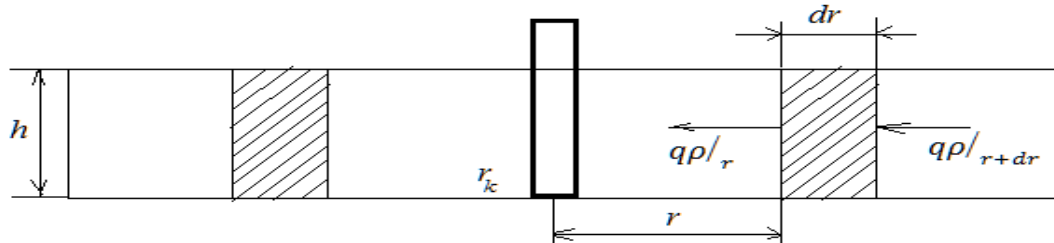
Бірдей атаулы параметрлерді қысқартқаннан кейін алатынымыз

$$Q_1 = \frac{Ak_1(p - p_0)}{\mu_1 R} \geq Q_2 = \frac{Ak_2(p - p_0)}{\mu_2 R} \quad (3)$$

$$\frac{k_1}{\mu_1} \geq \frac{k_2}{\mu_2} \quad \text{немесе} \quad \mu_2 \geq \frac{k_2}{k_1} \mu_1$$

Егер сулы және мұнай қабаттарының өткізгіштік қатынастарын ескеріп пайда болатын гелдің тұтқырлығы мұнай тұтқырлығынан үлкен болса, алынған тәуелділіктер өндіру ұңғыманың түбіне табан қабат су ағынының келуі болмайтынын көрсетеді. Бұл құбылысқа сонымен қатар судан оқшаулау аймағындағы гелдің тығыздығы мұнай тығыздығынан үлкен болғаны оң әсері болады. Сондықтан мұнай өндіру кезінде құрылатын судан оқшаулау аймағы үнемі мұнай қабатынан төмен орналасады.

Әрі қарай осы технология үшін алдын ала тұщы суды айдаумен бірге гелтүзуші құрамды айдаудың математикалық моделі құрылған.



Сурет 2 - Біртекті емес қабат моделі

Үздіксіздік теңдеу негізінде

$$\frac{\partial}{\partial r}(q\rho) = 2\pi r h \phi \frac{\partial \rho}{\partial t} \quad (4)$$

Дарси заңы орындалады деп болжамдап

$$q = \frac{2\pi khr}{\mu} \frac{\partial P}{\partial v} \quad (5)$$

Сұйық тығыздықтарының қысымнан тәуелді теңдеулері

$$\rho = \rho_0 \exp[c(P - P_0)] \quad (6)$$

Сығымдылықты анықтай отырып, қысымға P байланысты диффузия теңдеуін шығарамыз

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial P}{\partial r} \right) = \frac{\phi c \mu}{k} \frac{\partial P}{\partial t} \quad (7)$$

Осы формулаларды ескеріп, сұйықтарды айдау кезінде қысымның қабатта тарау (8) формуласы шығарылды

$$P(r, t) = P_0 + \frac{70.6qB\mu}{kh} E_i \left(-\frac{r_D^2}{\eta t_D} \right)$$

немесе

$$P(r, t) = P_0 + \frac{70.6qB\mu}{kh} E_i \left(-\frac{948\phi\mu c_t r^2}{kt} \right) \quad (8)$$

мұнда $P(r, t)$ - радиус r және уақытқа t , байланысты қысым, psi; P_0 - түп қысым, psi; r - сұйықтың тарау радиусы, м; B -сұйықтың көлемдік коэффициенті, бірлік; t - уақыт, сағ; k - өткізгіштік, мD; q - сұйық шығымы, станд.баррель/тәу; h - перфорация ұзындығы, м; C_t — толық сығымдылық, $C_t = C_{\text{roc}} + \phi \cdot C_{\text{fl}}$, psi⁻¹; μ - сұйық тұтқырлығы, сП; ϕ -кеуектілік, %.

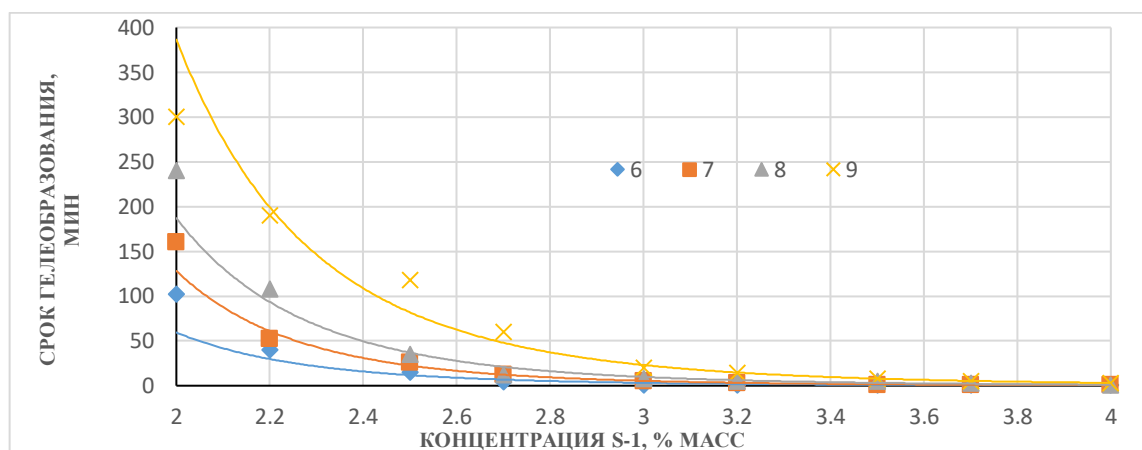
(8) формула бойынша қабатқа тұщы су, содан кейін гелтүзуші ерітіндіні айдау кезіндегі қысымдардың мәндері анықталды, осы қысымдардың ұңғыма арақашықтығынан тәуелділік графиктері тұрғызылды. Ары қарай фазалар шекарасындағы контакт орын ауыстыру жылдамдығы анықталды.

Үшінші тарауда аспаптардың, жұмыс жасайтын жабдықтардың қысқаша сипаттамасы, эксперименттік зерттеу әдістемесі, композицияны модельге енгізгенге дейін және кейін жасалған гель түзетін композицияны сүзілу зерттеулерінің нәтижелері, кеуекті ортада силикат гелінің түзілуі мен бұзылуы келтірілген.

Бастапқыда әр түрлі гель түзу бастамашыларымен (тұз қышқылы, қабат суы, натрий биокарбонаты NaHCO_3 және натрий хлориді) зертханалық тәжірибелер жүргізілді. «Елмаз» ЖШС (Қазақстан) шығарған тығыздығы $1,45 \text{ г/см}^3$ (Na_2SiO_3) сұйық шыны қолданылды.

Бірақ бұл композициялар гельдерді өте жылдам пайда болды және мұндай композицияларды ұңғымадан қабатқа дейін қажетті қашықтыққа дейін айдауға мүмкін болмайды. Сондықтан натрий силикатының сулы ерітіндісін құрылымдау арқылы су қоймасының жағдайын ескере отырып оқшаулау

жұмыстарын жүргізудің барлық талаптарына жауап беретін жаңа кросс байланыстырғышты іздеу мақсатында одан әрі зертханалық тәжірибелер жүргізілді. Зертханалық зерттеулер үшін полимерлену кросс-сілтемесі ретінде S-1 көлденең байланыстырғыштың 20% сулы ерітіндісі (алюминий сульфаты) қолданылды. Су шыны мен S-1 әр түрлі қатынастарды алып, олардың гель уақытын анықтады. 3-графикте су шыны және алюминий сульфаты ерітінділерінің әр түрлі қатынастарымен зертханалық тәжірибелердің нәтижелері көрсетілген.



Сурет 3- Жаңа гидроизоляциялық композицияның гелдену уақытының су шыны мен алюминий сульфаты концентрациясына тәуелділігі.

Зерттеулер гель уақытының мәндерін кең ауқымда өзгертуге болатындығын көрсетті. Алюминий сульфатының концентрациясын жоғарылату гель түзілу уақытын едәуір қысқартады. Осыған байланысты тігіндеушінің массасының 2% концентрациясын таңдаған жөн, өйткені айқасу уақыты 60 минуттан асады.

Жүргізілген тәжірибелерден, температураның жоғарылауымен, 40⁰С, 60⁰С, 80⁰С, 100⁰С температурада таңдалған оңтайлы концентрациядағы гелдеу уақыты, желдеу уақытының айтарлықтай төмендеуі жүреді.

Түзілген гелдің тұтқырлығы мен тығыздығының ρ су шыны C_1 (%) концентрациясын және су ерітіндісіндегі АС-1 алюминий тұзының C_2 (%) концентрациясына тәуелділігін орнату үшін айналмалы тәжірибенің математикалық әдісі жоспарлау қолданылды. Факторларды кодтау кезінде олардың интервалдары мен вариация деңгейлері 1-кестеде көрсетілген.

Кесте 1- Факторлардың өзгеру аралықтары мен деңгейлері

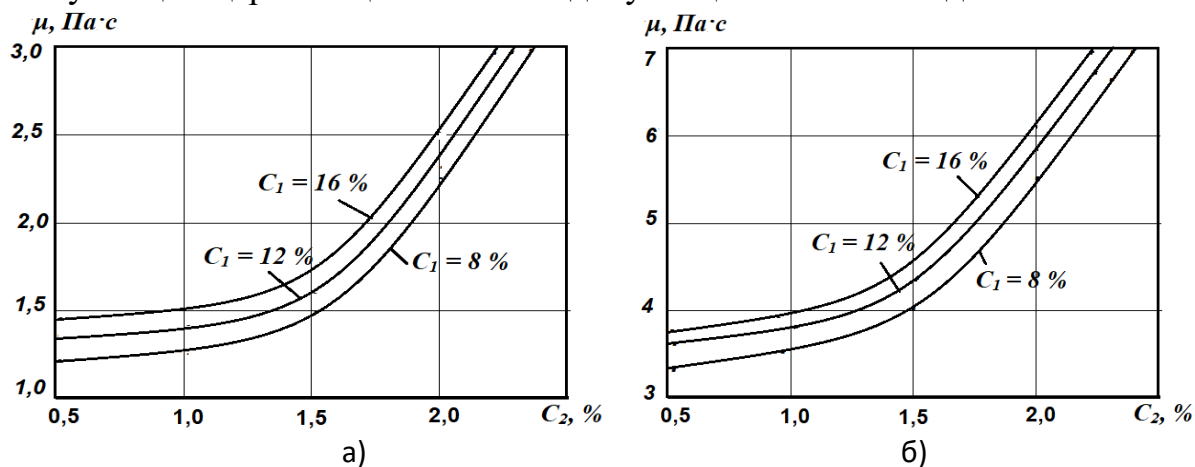
Факторлар	Вариация деңгейлері					Вариация аралықтары
	-1,414	-1	0	+1,414	+1	
C_1 – сұйық шыны концентрациясы (%), x_1	6,3	8	12	16	17,6	4
C_2 – алюминий сульфат концентрациясы (%), x_2	0,56	0,8	1,4	2	2,24	0,6

2-кестеде (C_1 және C_2) және кодталған x_1 және x_2 (жұмыс матрицасы) мәндерінің факторларының өзгеру диапазоны, сондай-ақ 2 сағаттан кейін қалыптасқан гельдің μ тұтқырлығы мен ρ тығыздығының тәжірибелік мәндері және 3 тәуліктен кейінгі мәндері келтірілген.

Кесте 2- Екінші ретті айналмалы жоспарлау матрицасы

Тәжірибе №	Факторлар		Жұмыс матрицасы		Факторларды бағалау критерийлері		
					2 сағат		3 тәулік
	$C_1, \%$	$C_2, \%$	x_1	x_2	$\mu, \text{Па}\cdot\text{с}$	$\rho, \text{кг}/\text{м}^3$	$\mu, \text{Па}\cdot\text{с}$
1	16	2	1	1	2,5	1103	6,1
2	16	0,8	1	-1	1,5	1102	3,8
3	8	2	-1	1	2,3	1085	5,4
4	8	0,8	-1	-1	1,2	1073	3,4
5	6,3	1,4	-1,414	0	1,4	1080	3,7
6	17,6	1,4	1,414	0	1,7	1109	4,7
7	12	0,56	0	-1,414	1,3	1100	3,5
8	12	2,24	0	1,414	2,8	1102	6,7
9	12	1,4	0	0	1,6	1101	4,2
10	12	1,4	0	0	1,6	1101	4,2
11	12	1,4	0	0	1,7	1102	4,3
12	12	1,4	0	0	1,6	1101	4,2
13	12	1,4	0	0	1,6	1101	4,2

4-суретте тұтқырлықтың өзгеруінің су шыны концентрациясының C_1 концентрациясына және алюминий тұзының C_2 концентрациясына тәуелділік графиктері көрсетілген. Графикте көрсетілгендей, 2 сағаттық гельдену уақыты және факторлардың қабылданған мәндері кезінде гельдің тұтқырлығы 1,2-2,9 Па·с аралығында, ал тығыздығы 1080 - 1109 кг/м³ аралығында болады. Гельдің тұтқырлығының бұл мәндері оның ұңғыма сағасынан ұңғыманың түбіне дейін қозғалуға ең аз қарсылықпен тасымалдануын қамтамасыз етеді.



Сурет 4- 2 сағат (а) және 3 тәулік (а) ішінде түзілген гельдің тұтқырлығының C_1 су әйнегінің концентрациясына және C_2 алюминий тұзының AS-1 концентрациясына тәуелділігі

Гельдеу уақытының ұлғаюымен тұтқырлық едәуір жоғарылайды және 3 күнде қабылданған факторларға байланысты гелдің тұтқырлығы 3,4 - 6,7 Па·с аралығында болады.

Сәтбаев университетінің зертханасының өндірістік қондырғысында фильтрациялық зерттеулер жүргізілді. Бұл зерттеулер су өткізбейтін құрамның тиімділігін көрсететін келесі негізгі параметрлерді анықтау мақсатында жүргізілді:

- оқшаулау коэффициенті – гелтүзуші композицияны (ГТК) енгізгеннен кейін кеуекті ортаның өткізгіштігінің төмендеу дәрежесі, көлемді гел түзілуі;
- гелтүзуші композицияны айдау қысымы және гел бұзылмаған максималды қысым градиенті.

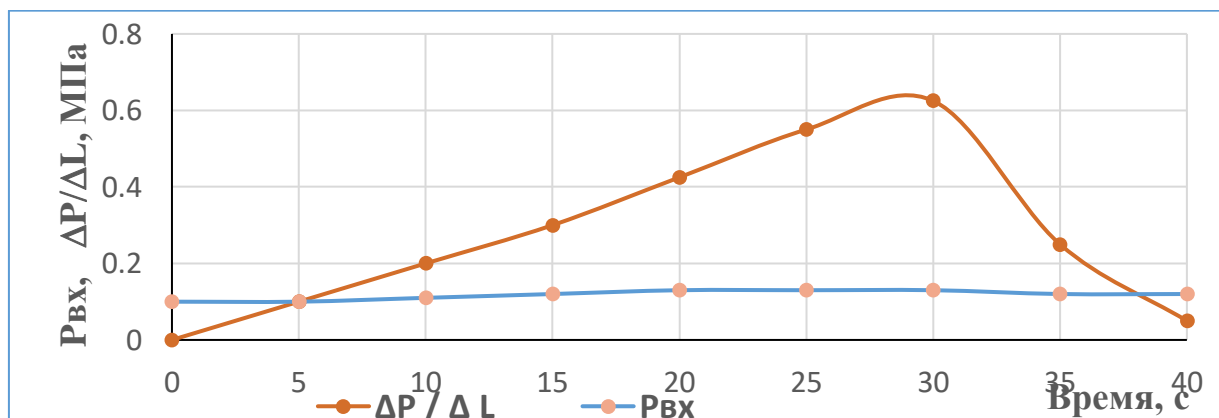
Дарси формуласы бойынша кірістің қысымы $P_{вх}$, ағынның көлемдік жылдамдығының және сәйкес қысымның төмендеуінің ΔP тұрақты мәні негізінде кеуекті ортаның өткізгіштігі ГТК -ны айдағанға дейін және кейін анықталды. Оқшаулану дәрежесі гелмен оқшауланғанға дейін және одан кейін сынама арқылы суды сүзу кезінде өткізгіштік қатынасымен анықталды.

3-кестеде диаметрі 2 мм (гидрофильді), 40Д өткізгіштігі бар өзен құмынан тұратын сусымалы модельде жүргізілген эксперименттік зерттеулердің нәтижелері көрсетілген.

Гельдік құрамның инъекцияланған көлемі тұрақты 80°C температурада СШ: АС (салмақ бойынша 8%: 2%) қатынасы бойынша тұжырымдалған.

Кесте 3 - Тәжірибе кезіндегі қысым мәндерінің нәтижелері

T, c	$P_{вх}$, МПа	$P_{вых}$, МПа	ΔP , МПа	ΔL , м	$\Delta P / \Delta L$, МПа/м
0	0.1	0.1	0	0.4	0
5	0.14	0.1	0.04	0.4	0.1
10	0.18	0.1	0.08	0.4	0.2
15	0.22	0.1	0.12	0.4	0.3
20	0.26	0.1	0.17	0.4	0.425
25	0.32	0.1	0.22	0.4	0.55
30	0.35	0.1	0.25	0.4	0.63
35	0.2	0.1	0.1	0.4	0.25
40	0.12	0.1	0.02	0.4	0.05



Сурет 5- Қысым градиенттерінің уақыттан тәуелділік графигі

Өткізілген сүзу зерттеулері бұл құрамның кеуекті ортадағы сүзгілеу қабілеті мен су өткізбейтін қабілетінің жоғары екендігін көрсетеді. Гель экранының ығысу қысымының максималды градиенті $k = 40D$ бастапқы өткізгіштігі кезінде $0,63 \text{ МПа/м}$ болатындығы анықталды. Суды айдау арқылы гелдік тосқауыл құрғаннан кейін өткізгіштік $k = 0,288D$ құрады. Оқшаулау коэффициенті $k_{\text{оқшаулау}} = (k_{\text{дейін}} - k_{\text{кейін}}) / k_{\text{то}} = (40 - 0,928) / 40 = 0,76$ болады және бұл оқшаулау 76% болғанын көрсетеді.

Ұңғымаларды цементтеу тәжірибесін талдауға сүйене отырып, көп жағдайда құрғақ ерітінді қоспасын араластырғаннан бастап цемент ерітіндісін сығып біткенге дейін орташа $1,5-2$ сағат өтеді. Еритін сұйық шыны (натрий) цемент ерітіндісінің қатаюын едәуір баяулатады. Одан оның (еритін әйнектің) тұрақты құрамы жоқтығын, ал жеке құрамдас бөліктер арасындағы қатынас өзгеруі мүмкін екенін көруге болады. Цементтеу реакциясының жүрісін бәсеңдету үшін қосымша «ЗК-А1» компоненті қабылданды.

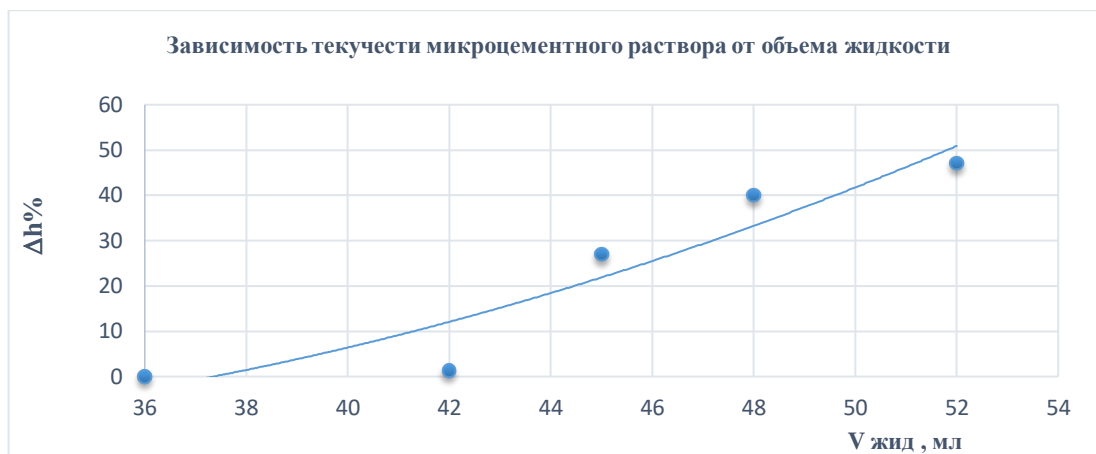
Эксперименттер жүргізген кезде, сынақ ерітіндісінің байланыстырушы негізі ретінде цементтің 400 маркасы таңдалды, ол бұрын $0,6 \text{ мм}$ саңылау өлшемімен електен өткізілген. Өлшемдері 600 мкм -ден аспайтын електен өту микроцемент ерітіндісін дайындау үшін микроцемент ретінде қолданылады.

4-кестеде реагенттердің атауы мен пайыздары көрсетілген: микроцементазмалар (%) және құрғақ заттағы кеңейтетін компонент кальций оксиді $c_{\text{рк}}$ (%), сондай-ақ сұйық шыны $c_{\text{жс}}$ (%), реакция тежегіші $c_{\text{зк}}$ (%) сұйықтықтағы фракциялардағы құрғақ зат пен сұйықтықтың арақатынасы және массасы ($m_{\text{сх}} + m_{\text{ж}} = 18 \text{ мг} + 36 \dots 52 \text{ мл}$).

Кесте 4- Тампонажды материалдың базалық құрам рецептурасы

Реагент атауы	Қоспа мөлшері, %	Реагент тағайындалуы
Микроцемент 400 маркалы $c_{\text{мц}}$	95 - 70	Тұтқырлатқыш
Кальций оксиді $c_{\text{рк}}$	5 - 30	Кеңейткіш
Сұйық шыны $c_{\text{жс}}$	30 - 26	Реакция тежеуіші
Тежеуіш компоненті «ЗК-А1» $c_{\text{зк}}$	30 - 26	Реакция тежеуіші
Су $c_{\text{в}}$	40 - 48	Қатайту сұйығы

Микроцемент ерітіндісін дайындағаннан кейін $2-3$ сағаттан соң оның аққыштығы және беріктік сапасы $1,9 \div 3,9 \text{ кПа}$ қысыммен, сондай-ақ цемент тасының жиырылуымен бағаланды. 6-суретте ұзындығы 74 мм болатын тік үлгінің микроцемент ерітіндісінің өзіндік ауырлық күшінен деформациясы $\Delta h(\%)$ бойынша аққыштығының $c_{\text{в}} + c_{\text{жс}} + c_{\text{зр}} = 40 \% + 30 \% + 30 \%$ су, сұйық шыны және реакция тежегіші қатынастарындағы сұйық көлемінен $V_{\text{ж}}$ (мл) тәуелділік графигін көрсетеді.



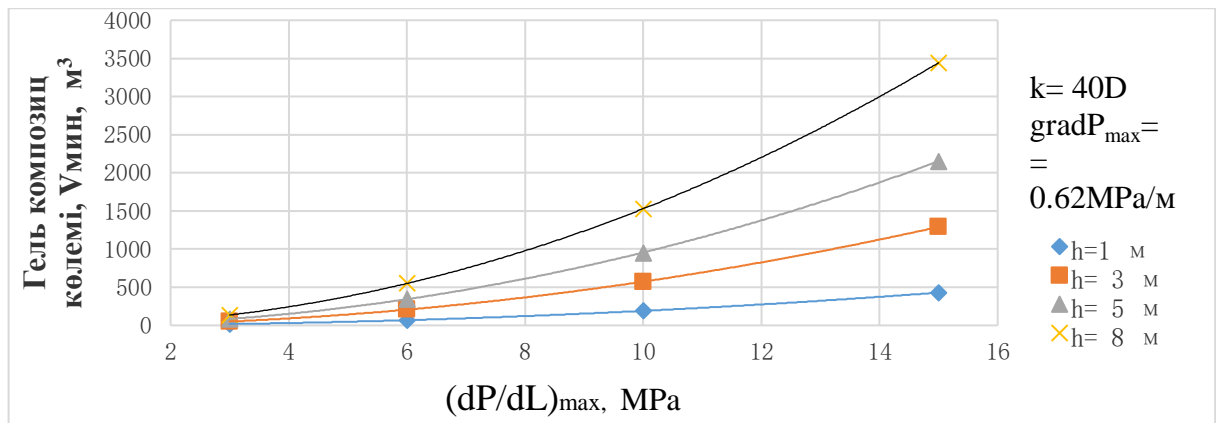
Сурет 6- Су, сұйық шыны және реакция бәсеңдетуші қатынастарында $c_b + c_{жс} + c_{зр} = 40\% + 30\% + 30\%$ микроцементті ерітінді аққыштығының сұйық көлеміне тәуелділік графигі

Осындай рецептурамен дайындалған микроцементті ерітінді су қабатына еніп, жоғары тампонажды қабілеті болады. Сонымен қатар, ертінідідегі кеңейткіш кальций оксиді үлкен отыруды болдырмайды. Гельтүзуші экранды су қабатында құрғаннан кейін осы ерітіндіні айдау өндіру ұңғымаға табан судың келу жолдарын толық жабады.

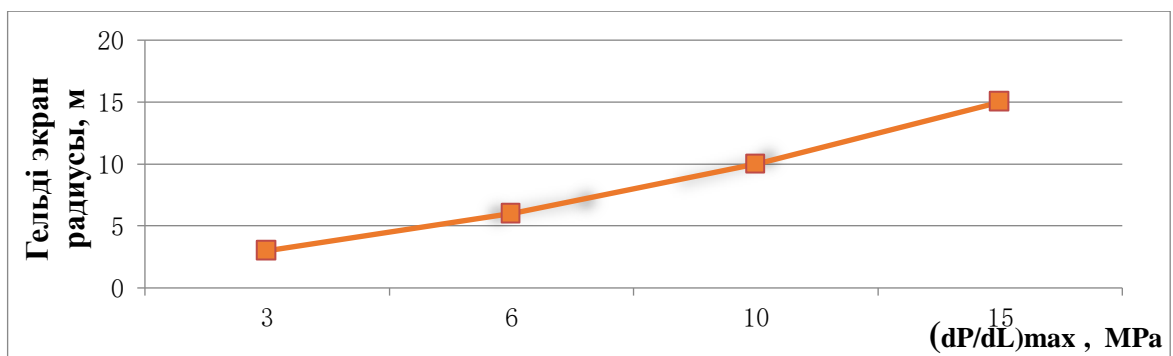
Сулы микроцементті ерітіндінің масаллық құрамында 47% құрғақ қоспа (95% портландцементтен және 5% кальций оксидінен тұратын) және сұйық бөлігі (66% су, 25% натрий силикаты ерітіндісінен және 9% цементтің ұсталынуын тежегіш-ингибитордан) тұратын ерітінді құбыр сыртындағы кеңістікте қатуы 2 сағаттан кем емес және су қабатының перфорациялық каналдарының толық өткізбейтіндігі қамтамасыз етіледі.

Зертханалық эксперименттердің нәтижесінде гельтүзуші құрамның келесі тиімді компоненттерінен тиімді концентрациясы анықталды: сұйық шыны 8-9 % масс.; алюминий сульфаты концентрациясы 2% масс. Микроцементті ерітіндінің тиімді құрамы 4 кестеде көрсетілген. Дәл осындай құрамда ерітінді қатқаннан кейін отыруы, СКҚ арқылы айдауда аққыштығы, және цементті тастың беріктігі қамтамасыз етіледі.

Төртінші тарауда мұнай ұңғымаларының түбін гидроокшаулау процесін жүргізу бойынша ғылыми ұсыныстар мен ұсыныстар келтірілген. Үлгі моделінде $k = 40D$ бастапқы өткізгіштігі кезінде гель экранының ығысу қысымының белгіленген максималды градиенті 0,63 МПа/м болғанда судан оқшаулаушы аймақтың ең кіші радиусы мен гельтүзуші композицияның айдау көлемін есептеудің модельді мысалдары ұсынылған. Осы модельді есептеулердің нәтижелері 7 және 8 суреттерде көрсетілген. Су қабатында суды өткізбейтін барьерді құру кезінде ұңғыма оқпаны мен су қабатының арасында гидравликалық байланысты үзу үшін гелді экран радиусы мен гельтүзуші композиция көлемі есептелді.



Сурет 7- айдалатын композиция көлемі мен қабаттағы ең үлкен депрессия тәуелділік графигі



Сурет 8- Гельді экран радиусы мен қабаттағы ең үлкен депрессия тәуелділік графигі

Қабатқа композицияның енуінің ең кіші радиусы судың гелдан өту кезіндегі ең үлкен қысым градиентінің мәніне тәуелділігі байқалды. Қабаттағы депрессия үлкен болған сайын гелтүзуші композицияның қабатқа ену радиусы және соған байланысты айдалатын композиция көлемі көп болады.

Бесінші тарау ұсынылған гидроқшаулау технологиясының экономикалық тиімділігін өндіру ұңғымасындағы сұйық шыны мен микроцемент негізінде жасалған оңтайлы композициялармен негізделеді. Салыстырмалы бағалау ұсынылған технологияны енгізгенге дейін және енгізілгеннен кейін берілген, мұнда қосымша мұнай өндірісі жылына 630 тонна және судың артық өндірісі жылына 848 тоннаға азайғандықтан, таза пайданың қосымша өсімі 57 825 804 тг/жыл құрайды.

Қорытынды

Мұнай қабатын судан оқшаулау аймағын құру және микроцементтен су шыны мен тампонажды материалы негізінде гел түзетін композицияларды қолдану арқылы осы диссертациялық жұмыста ұсынылған өндіру ұңғымаларының түбін гидроқшаулауға арналған технологиялық процестердің теориялық және эксперименттік зерттеулерінің нәтижелері келесі қорытындылар жасауға мүмкіндік береді:

1. Өзен, Жетібай, Қаламқас, Кенбай және Құмкөл және т.б. сияқты Қазақстанның көптеген кен орындарының игерілуін әдебиеттерге шолу және талдау ұңғымаларды суарудың негізгі себептері (70% және одан да көп) технологиялық болып табылатынын көрсетті. төменгі сулы горизонттан мұнай қабатына су құйып, су конустарын құрайды. Сондай-ақ қабат суларының төменгі жақтан, сондай-ақ кен орындарының жоғарғы сулы горизонттарынан ұңғыма шегелерінің бағандарын цементтеу кезінде пайда болған қаптама-цемент тасы, цемент тасы және тау жыныстары арасындағы кеуектер (қуыстар) мен жарықтар арқылы өтуі.

2. Пайдалану тізбегін және цемент тасын ұңғымада зумпфтың жоғарғы жағынан перфорациялап, кейіннен буферлі сұйықтықты, тігіндеушісімен су шыны ерітіндісін, содан кейін СКҚ арқылы кеңейетін қоспасы кальций оксиді бар микроцемент ерітіндісін перфорацияланған арналарға айдау мұнай қабатының сенімді су оқшаулағыш аймағын құрайды. Осы кезде бірізгілікте құбыр сыртындағы кеңістік арқылы мұнай қабатына ұңғының түбінде кері қысым тудырып, өнімді қабатқа гелітүзуші композиция көтерілмеу үшін жеңіл мұнайды сыртқы құбырмен айдайды.

3. Натрий силикатының гелі түзетін композициясының сулы ерітіндісіндегі массалық құрамы 8% және тігіндеуіш 2% болса, желілеу уақыты кемінде 2 сағатты құрайды (ұңғымадағы техникалық процессті іске асыру үшін қажет уақыттан артық) және сулы қабаттың оқшаулау коэффициенті 0,66 -0,99 құрайтыны белгіленді.

4. Сулы микроцементті ерітіндінің масалық құрамында 47% құрғақ қоспа (95% портландцементтен және 5% кальций оксидінен тұратын) және сұйық бөлігі (66% су, 25% натрий силикаты ерітіндісінен және 9% цементтің ұсталынуын тежегіш-ингибитордан) тұратын ерітінді құбыр сыртындағы кеңістікте қатуы 2 сағаттан кем емес және су қабатының перфорациялық каналдарының толық өткізбейтіндігі қамтамасыз етілетіні белгіленді.

5. Натрий силикаты 6,3-16%, алюминий сульфаты 0,56-2,24%, гелдену уақыты 2 сағат және 80°C температурада, гелдің тұтқырлығы 1,2-2,9 Па·с аралығында, ал тығыздығы 1080-1109 кг/м³ болатыны тәжірибе жүзінде анықталған. Бұл гел тұтқырлығы ең аз қарсылықпен ұңғыманың бетінен түбіне дейін тасымалдауға мүмкіндік береді. Ұсынылған гелі түзетін композиция мұнай қабатының астында сенімді суды бөгеу аймағын қамтамасыз етеді және қабат суының ұңғыма түбіне түсуіне жол бермейді.

6. Суды оқшаулау бойынша іс-шараларды жүргізген кезде оң экономикалық нәтижеге судың конусын азайту есебінен жылына 630 тонна қосымша мұнай өндірудің арқасында қол жеткізіледі. 848 т/жылына артық суды алу мен тазалауға шығындар жылына азаяды. Таза пайданың қосымша өсімі 57 825 804 теңгені құрайды.

Диссертация тақырыбы бойынша жарияланған жұмыстардың тізімі:

1. A.S. Yskak, D. Zh. Abdeli, T.A. Yensepbaev, Z.B. Imansakipova, Z. K. Assabayeva. Water shut off technology in the bottom hole of the oil well // Pollution

Research (Environmental Science: Water Science and Technology) Vol.36 (4), 2017, India, ISSN 0257-8050, Iss.4-P.964-971, SiteScore -0.4; Procentil -15.

2. Abdeli D.Zh., Adi Novriansyah, Taurbekova A.A. Computer modeling of water coning and water shut-off technology in the bottom hole of oil well. // News of the National academy of sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of geology and technical sciences. Vol.5 (431), 2018, P. 86-94, ISSN2224-5278, SiteScore -0.8; Procentil -26

3. D. Zh. Abdeli, H. Daigle, A. S. Yskak, A. S. Dauletov, K. S. Nurbekova. Increasing the efficiency of water shut-off in oil wells using sodium silicate. // Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu (The Scientific Bulletin of National Mining University) № 1, 2021, P.26-32, ISSN 2071-2227, SiteScore -1.5; Procentil -55.

4. Ысқақ А.С. Суды оқшаулауда қолданылатын натрий силикат гельдерін бағалау / ҚазҰТЗУ Хабаршысы, № 4 (128), тамыз, 2018, Алматы, б. 123-127, ISSN 1680 – 9211.

5. Абдели Д.Ж., Ысқақ А.С. Разработка неорганического водоизоляционного состава на основе жидкого стекла для нефтяных скважин // Вестник КБТУ, том 15, выпуск 3, сентябрь 2018, Алматы, стр 7-11, ISSN 1998 – 6688.

6. Abdeli D. Zh., Yskak A.S., Wisup Bae, Adi Novriansyah. Modeling of water shut-off technology in the bottom hole of oil wells with using liquid glass // Вестник КазННТУ, № 4, 2018, Алматы, стр ISSN 1680 – 9211.

7. Абдели Д.Ж., Висап Бай, Ысқақ А.С. Экспериментальные исследования с жидким стеклом для водоизоляции добывающих скважин. // Научный журнал «Norwegian journal of development of International Science », Vol.1, №19/2018, P.51-56 Norway, ISSN 3453-9875.

8. Ысқақ А.С. Технологии водоизоляции в добывающих скважинах // Сборник докладов международной конференции Сатпаевских чтений “Научное наследие Шахмардана Есенова”, апрель 2017, КазННТУ им.К.И.Сатпаева, ISBN

9. Yskak A.S. Modeling the formation of coning of bottom water // Сатпаевские чтения «Инновационные решения традиционных проблем: инженерия и технологии» КазННТУ им.К.И.Сатпаева, 2018 г., стр 192-195.

10. Абдели Д. Ж., Ысқақ А.С., Рахметов О. Ж., Лэй Т., Ван Ц. Установление рациональных параметров процесса герметизации заколонного пространства в призабойной зоне нефтяных скважин // Труды международных сатпаевских чтений «Инновационные технологии – ключ к успешному решению фундаментальных и прикладных задач в рудном и нефтегазовом секторах экономики РК», Алматы 2019, Том I. стр. 364-367.

11. Абдели Д. Ж., Ысқақ А.С., Рахметов О. Ж., Лэй Т., Ван Ц. Определение оптимальных режимов и параметров технологии ограничения обводненности забоя нефтяных скважин // Труды международных сатпаевских чтений «Инновационные технологии – ключ к успешному решению фундаментальных и прикладных задач в рудном и нефтегазовом секторах экономики РК», Алматы 2019, Том I. стр 368-372.

12. Абдели Д. Ж., Ыскак А.С. Влияние водоизоляционной зоны нефтяного пласта и состава гелеобразующей композиции из жидкого стекла и микроцемента на снижение обводненности скважин. Международная конференция «Сатпаевские чтения», I Алматы, 10 апреля, 2020г, том I. стр.183-187.