

Молдабеков Мурат Сманович ^{1*},

PhD докторы, қауымдастырылған профессор,

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті,

Қазақстан Республикасы, 050013, Алматы қ., Қ.Сәтпаев көшесі, 22,

m.moldabekov@satbayev.university, ORCID ID: 0000-0002-1623-0324

КӨЛДЕНЕҢ ЖӘНЕ ТІК ҰҢҒЫМАЛАРДАҒЫ ҚАБАТТЫҢ ГИДРОЖАРЫЛУЫН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа: Бұл мақалада қабаттың гидравликалық үзілуін (ҚГЖ) көлденең және тік ұңғымалар жағдайында модельдеу әдістері қарастырылады. Қабат өнімділігін арттырудың заманауи тәсілдерінің бірі ретінде қышқылды гидрожарылу технологиясы кеңінен қолданылып келеді. Мақалада гидрожарылу процестерін геологиялық-гидродинамикалық модельдерге енгізудің тиімді әдістері, атап айтқанда жарықтарды аналитикалық және сандық жолмен есепке алу тәсілдері сипатталады. Жарық пен ұңғыма осінің өзара орналасуының флюидтің ағын профиліне және мұнай өндіру тиімділігіне әсері зерттеледі. Зерттеу барысында ұңғыма маңындағы аймақта ағынды сипаттайтын арнайы формулалар мен жарықтардың өткізгіштік сипаттамалары қолданылды. Көлденең ұңғымаларда көпсатылы гидрожарылу жүргізілген кезде жарықтардың кеңістіктегі геометриясының күрделілігі ескеріліп, нақты инженерлік жағдайларға бейімделген модельдік тәсіл ұсынылды.

Осы жұмыстың ерекше құндылығы — горизонталды ұңғыма бойымен дебит пен фильтрациялық сипаттамалардың (табиғи және техногендік) таралуын ескере отырып, поинтервалды (учаскелік) қышқылмен әсер етудің техникалық-экономикалық оңтайландырылған схемасы жасалған. Бұл схема ұңғыма бойындағы төмен өнімділік аймақтарын нақты анықтауға және әсер ету әдістерін дәл реттеуге мүмкіндік береді. Сызба негізінде ұңғымалар жұмысының тиімділігін арттыру, өнім қайтарымын көбейту және әсер ету шығындарын оңтайландыру мүмкіндіктері қарастырылған.

Ұсынылған модельдеу әдісі мен сызбалық шешімдер қабаттың зақымдалған аймақтарын қалпына келтіруде және ұңғымаларды қайта іске қосуда үлкен практикалық маңызға ие.

Кілт сөздер: қабаттың гидравликалық үзілуі (ҚГЖ), көлденең ұңғыма, қышқылды гидрожарылу, фильтрациялық сипаттамалар, ұңғыманың түп маңы аймағы (ҰТМА)

Молдабеков Мурат Сманович ^{1*},

PhD доктор, ассоциированный профессор,

Казахский национальный исследовательский технический университет им. К. И.

Сатпаева, Республика Казахстан, 050013, г. Алматы, ул. К. Сатпаева, 22,

m.moldabekov@satbayev.university, ORCID ID: 0000-0002-1623-0324

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА В ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ И ВЕРТИКАЛЬНЫХ СКВАЖИНАХ

Аннотация: В данной статье рассматриваются методы моделирования гидравлического разрыва пласта (ГРП) в условиях горизонтальных и вертикальных скважин. Одной из современных технологий повышения продуктивности пласта является кислотный гидроразрыв, который широко применяется в нефтедобывающей промышленности. В статье описаны эффективные методы внедрения процессов гидроразрыва в геолого-гидродинамические модели, в частности, аналитические и численные подходы к учету трещин. Исследуется влияние взаимного расположения трещины и оси скважины на профиль потока флюида и эффективность добычи нефти. В процессе исследования использовались специальные формулы для описания течения в пристволенной зоне скважины, а также характеристики проводимости трещин. При проведении многостадийного ГРП в горизонтальных скважинах учитывалась сложность пространственной геометрии трещин, предложен адаптированный к реальным инженерным условиям модельный подход.

Особая ценность данной работы заключается в разработке технико-экономически оптимизированной схемы кислотного воздействия по интервалам (участкам) с учетом распределения дебита и фильтрационных характеристик (как природных, так и техногенных) вдоль горизонтальной скважины. Такая схема позволяет точно определить зоны низкой продуктивности вдоль ствола скважины и эффективно регулировать методы воздействия. На основе предложенной схемы рассмотрены возможности повышения эффективности работы скважин, увеличения коэффициента извлечения нефти и оптимизации затрат на технологические мероприятия.

Предложенный метод моделирования и схемные решения имеют большое практическое значение при восстановлении поврежденных зон пласта и повторном вводе скважин в эксплуатацию.

Ключевые слова: гидравлический разрыв пласта (ГРП), горизонтальная скважина, кислотный гидроразрыв, фильтрационные характеристики, пристволенная зона скважины (ПЗС).

Moldabekov Murat Smanovich 1*,

PhD, Associate Professor,

K. I. Satpayev Kazakh National Research Technical University, 22 K. Satpayev St., 050013,
Almaty, Republic of Kazakhstan,

m.moldabekov@satbayev.university, ORCID ID: 0000-0002-1623-0324

STUDY OF HYDRAULIC FRACTURING IN HORIZONTAL AND VERTICAL WELLS

Abstract: This article discusses methods for modeling hydraulic fracturing (HF) in the context of horizontal and vertical wells. One of the modern technologies used to enhance reservoir productivity is acid fracturing, which is widely applied in the oil production industry. The article describes effective methods for integrating fracturing processes into geological and hydrodynamic models, particularly analytical and numerical approaches for accounting for fractures. The influence of the spatial relationship between the fracture and the wellbore axis

on fluid flow profiles and oil recovery efficiency is analyzed. During the study, specific formulas were used to characterize the flow in the near-wellbore zone, along with fracture conductivity parameters. When conducting multistage hydraulic fracturing in horizontal wells, the complexity of the spatial geometry of fractures was taken into account, and a model-based approach adapted to real engineering conditions was proposed.

The unique value of this work lies in the development of a technically and economically optimized scheme for interval-based acid treatment, considering the distribution of flow rates and filtration properties (both natural and induced) along the horizontal wellbore. This scheme allows for precise identification of low-productivity zones along the well and enables accurate control of stimulation methods. Based on the proposed approach, opportunities are explored for improving well performance, increasing oil recovery, and optimizing operational costs.

The proposed modeling method and schematic solutions have significant practical importance for restoring damaged reservoir zones and reactivating idle wells.

Keywords: hydraulic fracturing (HF), horizontal well, acid fracturing, filtration properties, near-wellbore zone (NWZ).

Кіріспе. Әлемдік тәжірибе қорларды өндіру қарқынын, сондай-ақ төмен өткізетін қабаттардың түпкілікті мұнай қайтарымын ұлғайтуға мүмкіндік беретін қабаттың гидравликалық үзілуінің (ҚГЖ) жоғары тиімділігін көрсетті. Көптеген кен орындарын игеру осы технологияны кеңінен енгізумен жүргізіледі, ал көбінесе ҚГЖ операцияларымен ұңғымалардың барлық қолданыстағы қоры қамтылады.

Мұндай жағдайда жеке алынған ұңғыма дебитінің өзгеруіне әкелетін рәсім ретінде ғана емес, сонымен қатар игеру жүйесінің элементі ретінде де қарастыру қажет; қабаттағы ағымның сипатын өзгерте алатын технология.

Қаралып отырған міндетке қатысты гидрожарылу жарықтарын есепке алу мәселесі қабаттың қышқылды гидрожарылуы сияқты күрделі технологиялық процесті модельдеу кезінде туындайды. Бұл мақалада геологиялық-гидродинамикалық үлгідегі ҚГЖ жарықтарын есепке алу әдістерінің бірінің сипаттамасы келтіріледі. Бұл әдіс жүргізілетін іс-шаралардың саны көп кен орнының ірі ауқымды сүзгіш моделі үшін де, сондай-ақ сызат қиылысқан бір ұңғыма моделі үшін де қолданылады[1].

Үлгілердегі сызаттарды есепке алу әдістерін шартты түрде тікелей және жанама деп бөлуге болады. ҚГЖ тікелей модельдеу кезінде ұңғымалар мен жарықтарға жақын есептеу торы жарықтың дәл геометриясын қайталай отырып ұсақталады. Бұл ағымның сипатын егжей-тегжейлі сипаттауға мүмкіндік береді. Алайда, бұл әдістің бірқатар елеулі кемшіліктері бар. Өлшемі бойынша бірнеше тәртіпке ерекшеленетін қосымша есептеу ұяшықтарын енгізу айтарлықтай есептеу қиындықтарына әкеледі. ҚГЖ жарықтарын жанама есепке алудың неғұрлым қарапайым тәсілі, әдетте, өңделген ұңғыма, бұл олардың есептік өткізу қабілетін арттыруды қамтамасыз етеді. Бірақ мұндай тәсіл қыртыстағы ағыстың көрінісін бұрмалауы мүмкін, себебі ұңғымаларға ағым радиалды болып қалады және бұл дұрыс емес нәтижелерге әкелуі мүмкін.

Мақалада әртүрлі-талдамалық тәсіл қолданылған, ол қабат үшін әртүрлі шешімді және жарық төңірегіндегі талдамалық шешімді түйістіруден тұрады. Бұл ретте ұңғымаға ағымның арнайы формуласы енгізіледі, ал жарықшақтағы ағыс бір өлшемге жақын болады. Ағым формуласы тиісті есептің талдамалық шешімі негізінде шығарылады, онда соңғы өткізгіштіктің эллиптикалық нысанының симметриялық жарығы қаралады, ал сұйықтық біртекті және сығылмайтын деп болжанады [2].

Нәтижелер және оларды талқылау. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, көлденең және тік ұңғымалардағы гидрожарылу процестерінің тиімділігі жарықтардың кеңістіктік орналасуына тікелей байланысты. Әсіресе, ұңғыма осіне перпендикуляр бағытталған жарықтар сұйықтықтың ағын үлестірілімін оңтайландырып, өнімділікті арттырады. Қиғаш орналасқан жарықтарда ағын профилінің асимметриясы байқалып, мұнай қайтарымы төмендейтіні анықталды.

Көлденең ұңғымаларда көпсатылы қышқылды гидрожарылу кезінде жарықтардың әртүрлі ұзындығы мен арақашықтығы өнім алу аймағын кеңейткенімен, оның тиімділігі өңделген интервалдарды дұрыс таңдауға байланысты болды. Зерттеу барысында поинтервальды қышқылды өңдеу тәсілін қолдану өнімділігі төмен аймақтарды дәл анықтап, өңдеу ресурстарын үнемдеуге мүмкіндік беретіні дәлелденді.

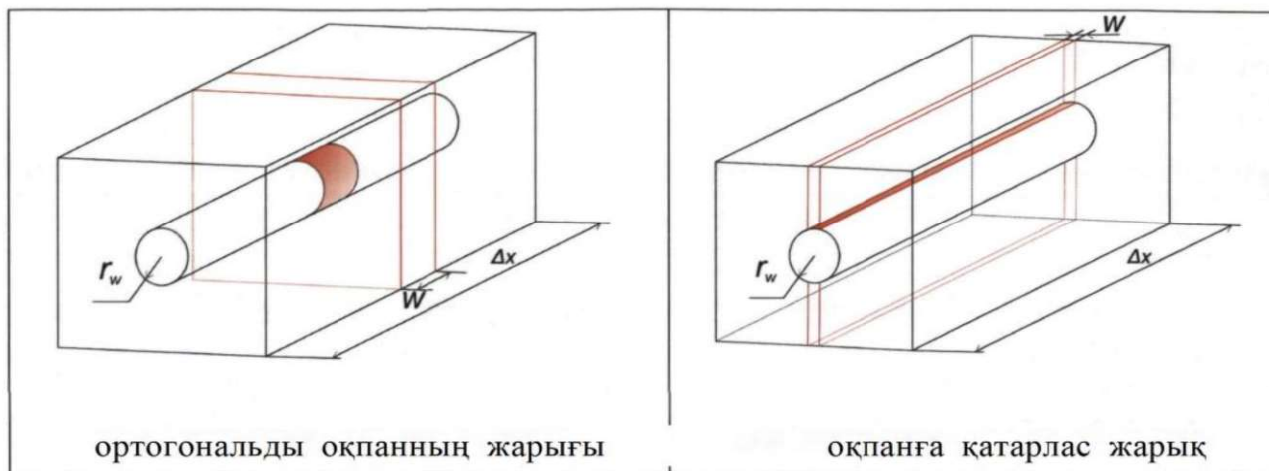
Ұңғыма маңы аймағының (ҰТМА) фильтрациялық қасиеттерін талдау нәтижесінде оның өнімділікке әсері айқындалды. ҰТМА-дағы кольматация, парафин және шайырлы қосылыстардың түсуі өнімділікті шектейтін негізгі факторлардың бірі екендігі белгілі болды. Бұл мәселені шешуде аралық және каверн жасау әдістері тиімді нәтиже көрсетті.

Сондай-ақ, есептік үлгілер арқылы жүргізілген гидродинамикалық талдаулар s шамасының 2–4 аралығында өзгеруі нәтижелерге айтарлықтай әсер етпейтінін көрсетті. Бұл тәжірибелік модельдеулерде салыстырмалы фазалық және абсолюттік өткізгіштік негізгі параметрлер болып табылатынын дәлелдеді.

Жалпы, алынған нәтижелер қышқылды гидрожарылуды көлденең ұңғымаларда тиімді ұйымдастыру үшін ұңғыма бойындағы дебит пен фильтрациялық сипаттамалардың кеңістіктік таралуын ескерудің маңыздылығын көрсетті.

Көлденең ұңғымадағы қышқыл гидрожарылуын модельдеу міндетін шешу ұңғыма-жарық жүйесінің маңайындағы кеңістіктік ағысты жоғары өткізгіш жарықтағы және ол қиылысатын көлденең оқпандағы ағыспен бірге есепке алуды білдіреді.

Нәтижелер ұңғыма мен жарықтың өзара орналасуына едәуір тәуелді. Ұңғыманың ортогональды оқпанының тік жарылу жағдайы аса қызығушылық тудырады, өйткені бұл ретте құрғату аймағының ауданы барынша жоғары (1-сурет).



Сурет.1 – Көлденең ұңғымадағы ҚГЖ (гидравликалық жару) жарығының орналасу нұсқалары

Бұл суретте көлденең ұңғымада гидравликалық жару кезінде пайда болатын жарықтардың ықтимал орналасу түрлері көрсетілген. Жарықтар ұңғыма осіне қатысты

эртүрлі бұрыштарда немесе қашықтықтарда орналасуы мүмкін және бұл олардың өнімділікке әсер ету сипатын анықтайды. Негізгі нұсқаларға мыналар жатады:

1. Перпендикуляр орналасқан жарықтар — жарықтар ұңғыма осіне 90° бұрышпен бағытталады, бұл сұйық ағын үшін ең тиімді жағдайлардың бірі болып саналады.

2. Қиғаш бағытталған жарықтар — жарықтар ұңғыма осіне белгілі бір бұрышпен түспейді, бұл ағын үлестірілімінде асимметрия тудырып, тиімділікті азайтуы мүмкін.

3. Ұзындығы мен арақашықтығы эртүрлі бірнеше жарықтар — көпсатылы ҚГЖ жүргізілген жағдайда пайда болады. Мұндай конфигурация өнім алу аймағын кеңейтеді.

Бұл нұсқалар геологиялық құрылым, кернеу өрісі, ұңғыма бағыты және ҚГЖ параметрлеріне байланысты таңдалады [3,4].

Гидрожарылу жоғары қысыммен айдалатын бейтарап тұтқыр сұйықтықпен жүргізіледі, содан кейін алынған жарықты қышқыл құраммен дәрілеу жүргізіледі деп болжанады. Сондықтан әсер ету барысында қышқыл қабатқа w ашылатын және $k_f = w^2/12$ тиісті өткізгіштігі бар тік сызат арқылы түсетінін қабылдауға болады [65]. Қысым төмендегеннен кейін және жарықтар жанасқаннан кейін, пайда болған құрт тесіктері есебінен, әсерге ұшыраған аймақтың өткізгіштігі жоғары болады.

Көлденең оқпанмен қиылысатын жарыққа қышқыл құрамын айдау процесін сипаттау үшін тік ұңғымалар үшін дамыған айырмашылық-талдамалық тәсілді [59] түрлендіруге болады, ол айырмашылық торын қосымша ұсақтаусыз сандық үлгілердегі гидроүзілістің жарықтарын ескеруге мүмкіндік береді. Жарықтағы ағыс екі өлшемді болады деп болжанады. Жарық өтетін торлы блоктардың тиімді өткізгіштігі жарықтың жоғары өткізу қабілетімен байланысты анизотропиямен сипатталады. Егер айырым торы осьтерінің бірінің бағыты жарықтың таралу бағытымен сәйкес келсе, бұл әсерді есептеулерде ескеру оңай.

Бағалау есептері s шамасының 2-ден 4-ке дейінгі шектегі өзгеруі нәтижелерге іс жүзінде әсер етпейтінін көрсетті. Бұл жағдайда өзгерген салыстырмалы фазалық және абсолюттік өткізгіштік анықтаушы параметрлер болып табылады [3].

Мұнай-газ кен орындарын игеру барысында негізгі проблемалардың бірі ұңғымалардың төмен өнімділігі болып табылады, бұл жобаның экономикалық көрсеткіштерін нашарлатады. Ұңғымалардың төмен өнімділігі көптеген факторларға байланысты болуы мүмкін: қабатты ашудың жетілмегендігі, ҰТМА-да кольматация, ҰТМА-да деформациялық процестер, түп маңы аймағына парафиндер мен шайыр асфальттарының түсуі және т.б. Ұңғымалардың өнімділігін қалпына келтіру және ұлғайту үшін ҰТМА-ке әсер етудің эртүрлі әдістері әзірленген, олардың арасында қатты тұзды-қышқылды өңдеу әдісі (ТҚӨ) кең таралған, алайда әсерді жүргізгеннен кейін өндірудің нақты өсуі күтілгеннен едәуір төмен болады, бұл экономикалық көрсеткіштерге теріс әсер етеді және өңдеу процесінің тиімсіздігіне әкелуі мүмкін. ҰТМА қабатқа әсер етудің тиімділігі оны қалыптастыру кезінде болған процестерді түсінуден және олардың ұңғыманың өнімділігіне әсерін бағалаумен байланысты. ҰТМА қабаттағы құбылыстарды сипаттау мүмкіндігі әсер етудің эртүрлі технологияларына қойылатын негізгі талаптар мен ұсынымдарды тұжырымдауға және оларды әрбір нақты ұңғыма үшін барабар етуге мүмкіндік береді.

ҰТМА аймағының фильтрациялық сипаттамаларын жақсарту жұмыстарын жүргізу қажеттілігін анықтайтын негізгі белгілерге ҰТМА қабатының фильтрациялық-емдік сипаттамаларын интегралды түрде сипаттайтын ұңғымалардағы

гидродинамикалық зерттеу нәтижелері жатады. Алайда, алдыңғы бөлімдерде көрсетілгендей, горизонталды ұңғымалар жағдайында ұңғыманың интегралды және орташа өндірушілік сипаттамалары ақпараттылығы төмен болып табылады, өйткені олар фильтрациялық қасиеттердің нашарлау дәрежесі туралы жалпы түсінік береді және сондықтан да әсер етуге кандидат ұңғыманы таңдауда ғана қолдануға жарамды.

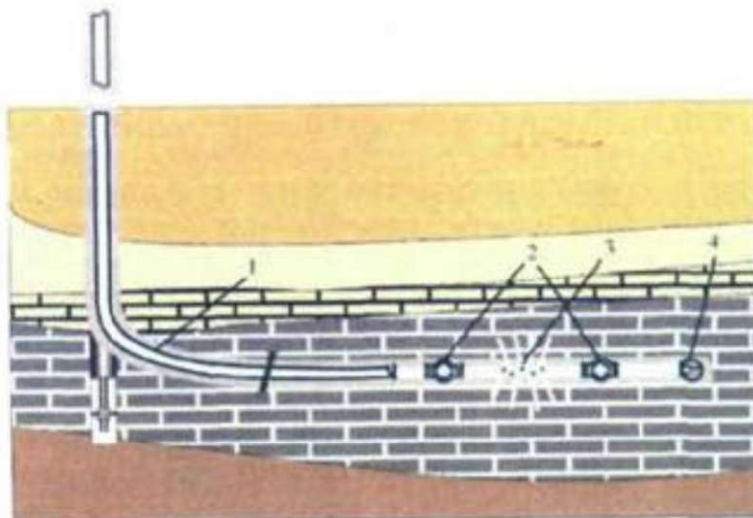
Сонымен қатар, бұл мәліметтер горизонталды ұңғыма оқпанының ең көп зақымдалған, төмен өнімділік аймақтарын, яғни әсер ету жүргізуге әлеуетті зоналарды, және де жоғары ағындылықты аймақтарды, яғни ағын профилін теңестіру құрылғыларымен жабдықтауға болатын аймақтарды нақты анықтауға мүмкіндік бермейді. Сондықтан горизонталды ұңғымалардың жұмысын оңтайландыру және қабаттың ұңғыма маңы аймағына әсер ету тиімділігін арттыру үшін горизонталды оқпан бойындағы дебит пен фильтрациялық сипаттамалардың (табиғи және техногендік) таралу профилдерін білу қажет.

Жалпы қышқылды өңдеу. Ұзындығы бойынша өткізгіштігі ерекшеленбейтін КҰ барлық ашық оқпанын өңдеу үшін қолданылады. Қышқылдың жыныспен реакциясына қолайлы жағдай жасау, яғни қышқыл ерітіндісін көлденең учаскенің ұзындығы бойынша неғұрлым біркелкі бөлу үшін өңделетін аралықтың ұзындығына перфорацияланған төменгі бөлігі бар икемді СКҚ кешенін қолдану ұсынылады, Бұл ретте перфорация тығыздығы мен саңылау диаметрлері ұңғыма кенжарына қарай ұлғайтылады. Алайда осы әдістің технологиялық және экономикалық тиімділігі КҰ оқпанының бойындағы өткізгіштіктің елеулі түрленуі кезінде күрт төмендейді. Бұл жағдайда қышқыл неғұрлым өткізгіш аралықтарға еніп, сол арқылы флюид ағынының бұдан да біркелкі емес профилін жасайды, бұл өз кезегінде төселетін судың, газдың жағымсыз бұзылуына және өңделмеген аймақтардың қалыптасуына әкелуі мүмкін.

Аралықта қышқылды өңдеу. КҰ өнімді қабаттардың ұзын аралықтарымен қиылысатындықтан, барлық көлденең оқпанды тазалау үлкен көлемдегі химиялық реагенттерді талап етуі мүмкін. Егер ынталандырушы флюидтер негізінен біртекті емес коллектордың бірнеше өткізгіш учаскелерінде сіңірілсе, өңдеу құны жол берілмейтін жоғары болады, Аталған жағымсыз салдарларды болдырмау үшін кен орындарын игеру практикасында аралас қышқылды өңдеу әдістері қолданылады. Неғұрлым кең таралған ұңғыманың көлденең оқпанын аралас қышқыл өңдеудің екі әдісі болып табылады [4].

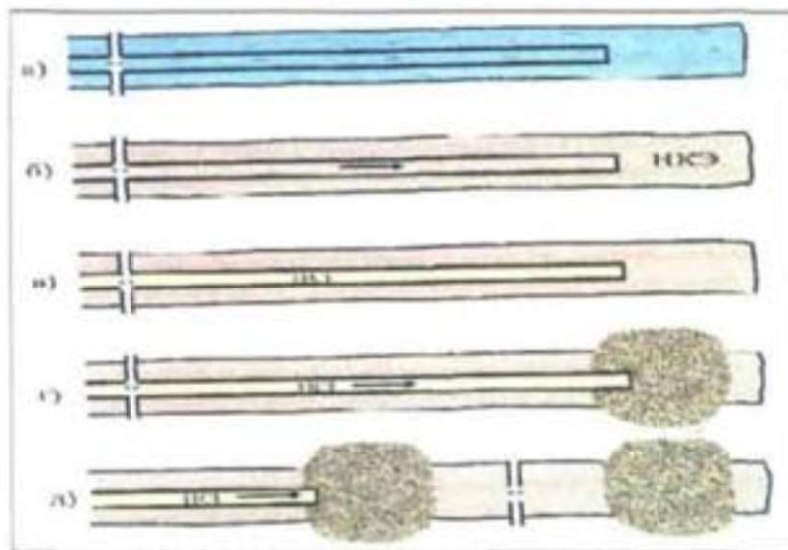
Біріншісі қабаттың өңделетін аралығын ажырататын арнайы гидравликалық пакерлерді қолдануға негізделген; екіншісі - ажыратушы рөлін атқаратын тұтқыр серпімді құрамдарды пайдалануда.

Тарқатушы сұйықтықтардың көмегімен интервалдық СҚО технологиясы жұмыста егжей-тегжейлі сипатталған.



Сурет.2 – Поинтервальды қышқылдық өндеуді (ҚӨ) жүргізудің принциптік сұлбасы:
1 – иілгіш құбыр; 2 – гидравликалық пакерлер; 3 – құбырдың перфорацияланған
учаскесі; 4 – клапанды құрылғы.

Кавер жасау әдісі. Бұл әдісті пайдалану КҰ оқпанының барлық көлденең учаскесі бойынша сұйықтық ағынын оңтайландыруға мүмкіндік береді. Газды аймақтарға, су ағызу аймақтарына, сондай-ақ табанды суларға жақын орналасқан оқпан учаскелері, әдетте, қышқыл ерітінділерінің қандай да бір әсері үшін шығарылады. КҰ оқпанының бойында каверндер жасау үшін жер асты жабдығын біріктірудің схемалары және қышқылды аралас өндеу кезіндегідей тұтқыр серпімді қоспалар пайдаланылуы мүмкін. Сонымен қатар, өндеудің пакерсіз схемасы пайдаланылуы мүмкін. Бұл схема каверндердің пайда болу процесін жүзеге асырудың қарапайымдылығымен ғана емес, сондай-ақ ашық оқпанның барлық көлденең учаскесін қышқыл ерітіндісімен жұмсақ режимде өндеуге мүмкіндік беретіндігімен ерекшеленеді, Бұл әдіс ұңғыма оқпанының көлденең бөлігі жақсы зерттелген кезде ең жақсы нәтижелер бере алады, атап айтқанда: ҰТМА бойынша өткізгіштіктің өзгеруі, сұйықтық ағыны аймағының интервалдық саралануы және т.б. Осындай өндеу схемаларының бірі 3-суретте көрсетілген [5].



Сурет.3 – Оқпанның көлденең бөлігінде каверндерді қалыптастыру бойынша технологиялық тәсілдердің бірізділігі: а - иілгіш НКТ түсіру, б - көлденең оқпанды тұтқыр мұнай қышқылы эмульсиясымен толтыру, в - құбырлардың колонналарын тұз қышқылының ерітіндісімен толтыру, г - каверндің түзілуі, д - екінші каверндің түзілуі

Қорытынды. Зерттеу барысында көлденең және тік ұңғымалардағы қабаттың гидрожарылу процестерін модельдеу нәтижелері талданды. Жүргізілген жұмыстардан төмендегідей қорытындылар жасалды:

1. Ұңғыма осіне перпендикуляр бағытталған жарықтар ең жоғары тиімділікке қол жеткізетін негізгі конфигурация болып табылады.
2. Көлденең ұңғымаларда көпсатылы қышқылды гидрожарылуды қолдану өнім алу аймағын кеңейтіп, мұнай өндіруді арттыруға мүмкіндік береді.
3. ҰТМА аймағының фильтрациялық қасиеттері өнімділікке елеулі әсер етеді, сондықтан оның жағдайын жақсартуға бағытталған әдістер (поинтервальды қышқылдау, каверн жасау және т.б.) өндірістік тұрғыда тиімді болып табылады.
4. Поинтервальды қышқылдық өңдеу әдісі қышқыл шығынын азайтып, өнімділігі төмен аймақтарға селективті әсер етуге мүмкіндік береді.
5. Ұсынылған техникалық-экономикалық схема көлденең ұңғымаларды игеру тиімділігін арттыруда және өндіріс шығындарын оңтайландыруда практикалық маңызға ие.

Зерттеу нәтижелері мұнай-газ кен орындарын тиімді игеру үшін гидрожарылу әдістерін жетілдіруге, ұңғымалардың өнімділігін арттыруға және өндірістік процестерді оңтайландыруға ықпал етеді.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. Айтмұхамбетов, Б. Ж. Мұнай және газ кен орындарын игеру. – Алматы: Қазақ университеті, 2015. – 280 б.
2. Ахметзянов, И. Р., Гимадиев, А. И. Гидроразрыв пласта: теория и практика. – Уфа: БашГУ, 2017. – 276 с.
3. Economides, M. J., Nolte, K. G. Reservoir Stimulation. – 3rd ed. – Wiley, 2000. – 864 p.

4. Тлеубаев, А. Т. Гидрожарылу технологиясын жетілдіру жолдары // Мұнай-газ ісі журналы. – 2021. – №2. – Б. 43–50.

5. Montgomery, C. T., Smith, M. B. Hydraulic Fracturing: History of an Enduring Technology // Journal of Petroleum Technology. – 2010. – Vol. 62, No. 12. – P. 26–40.

REFERENCES

1. Aitmukhambetov, B.Zh. Munai zhane gaz ken oryndaryn igeru [Development of Oil and Gas Fields]. – Almaty: Kazakh University, 2015. – 280 p. – (In Kaz)

2. Akhmetzyanov, I.R., Gimadiev, A.I. Gidrorazryv plasta: teoriya i praktika [Hydraulic Fracturing of the Formation: Theory and Practice]. – Ufa: BashGU, 2017. – 276 p. – (In Rus)

3. Economides, M.J., Nolte, K.G. Reservoir Stimulation. – 3rd ed. – Wiley, 2000. – 864 p.

4. Tleubaev, A.T. Gidrozharlyu tekhnologiyasyn zhetildiru zholdary [Ways to Improve Hydraulic Fracturing Technology] // Munai-gaz isi zhurnaly [Oil and Gas Industry Journal]. – 2021. – No. 2. – pp. 43–50. – (In Kaz)

5. Montgomery, C.T., Smith, M.B. Hydraulic Fracturing: History of an Enduring Technology // Journal of Petroleum Technology. – 2010. – Vol. 62, No. 12. – pp. 26–40.