

Түлемисова Самал Серікқызы

техника ғылымдарының магистрі, аға оқытушы

Батыс Қазақстан инновациялық-технологиялық университеті, Орал, Қазақстан,
samaltulemisova35@gmail.com, ORCID ID: 0009-0003-1324-0388

ҚАБАТТЫ СҰЙЫҚПЕН ЖАРУ ТЕХНОЛОГИЯСЫНЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ, ӘЛЕМДІК ҚОЛДАНЫЛУ ТӘЖІРИБЕРЛЕРІ

Аннотация. Бұл мақалада мұнай кен орындарын игеру кезінде қабат өткізгіштігінің төмендігі, суланудың жеткіліксіздігі және коллектордың біртектісіздігі салдарынан алынуы қиын қорлардың айтарлықтай бөлігі қалып қою мәселесі талқыланады. Мұндай жағдайда мұнайбергіштікті арттырудың тиімді әдістерінің бірі – қабатты сұйықпен жару (ҚСЖ) технологиясы қарастырылған. Қабатты сұйықпен жару — өнімді қабатқа механикалық әсер ету әдісі, яғни өнімді қабатқа жоғары қысыммен сұйықтықты жіберіп, жарықтар жасау. Жарықтар пайда болғаннан кейін, сұйық қысымының әсерімен жарықшақтар кеңейіп, скважина арқылы ашылмаған табиғи жарықтар жүйесімен байланысқа шығады, онымен бірге бұрын скважинамен дренаждалмаған аймақтары (өткізгішті өте төмен) қамтылады. ҚСЖ өнімді қабатқа жоғары қысыммен сұйықтық айдау арқылы жасанды жарықшақтар қалыптастыруды және бұрын дренаждалмаған аймақтарды қамтуды қамтамасыз етеді. Жұмыста ҚСЖ технологиясының даму тарихы, айдалатын сұйықтықтар мен проппант түрлерінің ерекшеліктері, көпсатылы ҚСЖ жүргізудің өзектілігі мен тиімділігі ғылыми тұрғыда сипатталған. Сондай-ақ ұңғыма түп маңы аймағына әсер ету параметрлерін жобалау, жабдықтардың жұмыс қысымына қойылатын талаптар және гидравликалық параметрлерді есептеу мәселелері талданады. Алынған нәтижелер ҚСЖ әдісінің төмен өткізгішті коллекторларда мұнай өндіруді арттырудағы жоғары әлеуетін және оның өнеркәсіптік қолданысын кеңейту қажеттілігін дәлелдейді.

Кілт сөздер. Қабатты сұйықпен жару, мұнай өндіру, жару технологиясы, гидравликалық кедергі, өнімді қабат, проппант, сұйықтық, ұңғыма, коллектор, өткізгіштік, скин-эффект, массалық, локальды ҚСЖ.

Түлемисова Самал Сериковна

магистр технических наук, старший преподаватель,

Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет, Уральск.
Казахстан, samaltulemisova35@gmail.com, ORCID ID: 0009-0003-1324-0388

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА, ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ

Аннотация. В данной статье анализируется проблема сохранения значительной части трудноизвлекаемых запасов при разработке нефтяных месторождений вследствие низкой проницаемости пластов, недостаточной обводненности и неоднородности коллекторов. В таких условиях одним из эффективных методов повышения нефтеотдачи рассматривается технология гидроразрыва пласта (ҚСЖ). Гидроразрыв пласта — это метод механического воздействия на продуктивный пласт, заключающийся в закачке

жидкости под высоким давлением для создания трещин. После образования трещин под воздействием давления жидкости они расширяются и соединяются с системой естественных трещин, ранее не вскрытых скважиной, при этом охватываются участки с очень низкой проницаемостью, не дренированные ранее скважиной. ҚСЖ обеспечивает формирование искусственных трещин в продуктивном пласте путем закачки жидкости под высоким давлением и охват ранее недренированных зон. В работе научно описаны история развития технологии ҚСЖ, особенности закачиваемых жидкостей и типов проппантов, актуальность и эффективность проведения многостадийного ҚСЖ. Также проанализированы вопросы проектирования параметров воздействия на призабойную зону, требования к рабочему давлению оборудования и расчет гидравлических параметров. Полученные результаты подтверждают высокий потенциал метода ҚСЖ в повышении добычи нефти в коллекторах с низкой проницаемостью и необходимость расширения его промышленного применения.

Ключевые слова. гидроразрыв пласта, добыча нефти, технология разрыва, гидравлическое сопротивление, продуктивный пласт, проппант, жидкость, скважина, коллектор, проницаемость, скин-эффект, массовый и локальный ҚСЖ.

Tulemisova Samal Serikkzy

Master of Technical Sciences, Senior Lecturer

West Kazakhstan Innovative and Technological University, Uralsk, Kazakhstan
samaltulemisova35@gmail.com, ORCID ID: 0009-0003-1324-0388

FEATURES OF HYDRAULIC FRACTURING TECHNOLOGY AND INTERNATIONAL APPLICATION EXPERIENCE

Abstract. This article analyzes the issue of a significant proportion of hard-to-recover reserves remaining in place during the development of oil fields due to low reservoir permeability, insufficient water flooding, and heterogeneity of the collector. In such conditions, one of the most effective methods of enhancing oil recovery is considered to be the hydraulic fracturing (HF) technology. Hydraulic fracturing is a method of mechanical impact on the productive formation, which involves injecting fluid under high pressure to create fractures. After the formation of fractures, under the influence of fluid pressure, the fractures expand and connect with the system of natural fractures previously not penetrated by the well, thereby covering zones with very low permeability that were not previously drained. HF ensures the formation of artificial fractures in the productive formation by injecting fluid under high pressure and allows the inclusion of previously undrained zones. The paper scientifically describes the history of the development of HF technology, the characteristics of injected fluids and proppant types, and the relevance and effectiveness of multi-stage HF operations. It also analyzes the design of parameters for near-wellbore impact, the requirements for equipment operating pressure, and the calculation of hydraulic parameters. The obtained results confirm the high potential of the HF method in increasing oil production in low-permeability reservoirs and the need for its broader industrial application.

Keywords. hydraulic fracturing, oil production, fracturing technology, hydraulic resistance, productive reservoir, proppant, fluid, well, reservoir rock, permeability, skin effect, massive and localized hydraulic fracturing.

Кіріспе. Кен орындарын пайдалану және игеру кезінде өткізгіштіктің төмендігінен, суланудың нашарлығынан, коллектордың біртексіздігінен қорлардың көп бөлігі қалып қоюда, бұл алынуы қиын қорлардың көптігін көрсетеді. Сондықтан мұнайбергіштікті арттыру әдістерін тиімдендіру және жетілдіру өте маңызды. Бұл әдістің бірі қабатты сұйықпен жару (ҚСЖ).

Қабатты сұйықпен жару — өнімді қабатқа механикалық әсер ету әдісі, яғни өнімді қабатқа жоғары қысыммен сұйықтықты жіберіп, жарықтар жасау.

Жарықтар пайда болғаннан кейін, сұйық қысымының әсерімен жарықшақтар кеңейіп, скважина арқылы ашылмаған табиғи жарықтар жүйесімен байланысқа шығады, онымен бірге бұрын скважинамен дренаждалмаған аймақтары (өткізгішті өте төмен) қамтылады.

Қабатты сұйықпен жару сәтті жүргізілген соң, өндіру ұңғымаларының шығымдары артады, себебі ұңғыма түпкі аймағының гидравликалық кедергілер азаяды, скважинаның сүзбелену беті кеңейеді, сулануы төмен аймақтар мен қабатшалар өндірістің құрамына қосылады, нәтижесінде мұнай берілуі өседі.

Локальды ҚСЖ кең тараған, ол бойынша қабат түпкі аймағына едәуір әсер етуге болады. Мұндай түрінде әдетте 10-20м ұзын жарықшақтар қалыптастыру үшін ондаған текше метр сұйықтық және бірнеше тонна проппант жіберіледі.

Қабатты неғұрлым кең қамту және бұрын игерілмеген аймақтарды тарту мақсатында ұзын жарықшақтар түзілетін ҚСЖ жүзеге асырылады. Ең тиімді жарықшақ ұзындығы — 40-60 м, сұйықтық жіберу көлемі — ондаған-жүздеген текше метр, проппант — бірнеше-он тонна.

Зерттеу әдістері мен материалдар. Батыс Еуропаның, АҚШ пен Канаданың кейбір елдерінде массалы ҚСЖ технологиясы өте төмен өткізгішті газ коллекторларын (10-4 мкм²-ден аз) игеру үшін сәтті қолданылады. Мұндай ҚСЖ түріндегі жарықшақ ұзындығы 1000 м және одан да көп, сұйықтық жіберу көлемі — жүздеген-мыңдаған текше метр, проппант көлемі — жүздеген-мыңдаған тонна.

Мұнай өндіру тәжірибесінде алғашқы ҚСЖ АҚШ-та 1947 жылы жасалды. Технология мен ҚСЖ процесіне қатысты теориялық ұғымдар J.B. Clark жұмысында 1949 жылы сипатталды, содан кейін бұл технология кең тарады. 1955 жылдың соңына қарай АҚШ-та жүз мыңнан астам ҚСЖ операциясы жүзеге асырылған [1].

Бірінші сұйықтықтар мұнай негізінде болды, бірақ 50-жылдардың соңынан бастап су негізіндегі сұйықтықтар қолданылды.

Су негізіндегі сұйықтықтардың ішіндегі ең кең таралғандары — гуар шайыры мен гидроксипропилгуар.

Жарықшақты бекітуге пайдаланылатын ең кең тараған материал — құм. АҚШ-та сондай-ақ «суперпесок» деп аталатын кварцты құм қолданылады: оның түйіршіктері арнайы шайырлармен қапталған, бұл олардың беріктігін арттырады және жарықшақтан проппантың үзілген бөлшектерінің сыртқа шығарылуын тежейді. Сондай-ақ синтетикалық шайырмен қапталған проппантар да қолданылады [2].

АҚШ-та жүргізілген соңғы зерттеулерге сәйкес, орташа беріктігі бар проппантарды тереңдігі 2500 м-ден аз орындарда қолдану экономикалық тұрғыдан тиімді, себебі олардың бағасы жоғары болса да, жарықшақ ішінде өткізгіштігі жоғары проппант құру арқылы қосымша мұнай өндіруден алынатын табыс шығындарды өтейді [4].

Америка нарығында сұйықтықтар мен проппантардың алуан-түрлілігіне байланысты Американдық мұнай институты (API) осы материалдардың қасиеттерін анықтау үшін стандартты әдістерді әзірлеген (API RP39; Prud'homme, 1984-1986 — сұйықтықтар үшін; API RP60 — проппантар үшін) [5].

Американдық газ зерттеу институты (GRI) мен АҚШ-тағы ірі мұнай-газ компанияларының (Mobil Oil, Amoco, Schlumberger және т.б.) бірлескен күштерімен жаңа технологиялық кешен жасалды: мобильді жабдықтар GRI ҚСЖ сапасын тексеріп, бақылауға мүмкіндік береді; GRI агрегаты реологияны зерттеу үшін; жарықшақтың жобасын дайындауға арналған үшөлшемді компьютерлік бағдарлама FRACPRO; пластағы кернеу профилін анықтай алатын құралдар және жарықшақтың биіктігі мен азимутын анықтау үшін микросейсмика техникасы [6, 7].

Бірнеше жарықшақ жасау бойынша тәжірибелік эксперимент алғаш рет Mobil компаниясы тарапынан 60-жылдары жүргізілген [8].

Датияның Солтүстік теңізіндегі (Нидерланды) мұнай кен орындарында горизонтальды скважиналарда ҚСЖ орындалған [9].

70-жылдардың соңында жаңа берік синтетикалық проппантардың пайда болуымен, батыс Еуропадағы мұнай және газ орындарында ҚСЖ қолдану өрістей бастады; олар қалың құмтас және әктас сияқты қатты тастарға жататын және үлкен тереңдікте орналасқан.

Еуропада массалы ҚСЖ негізінен Германия, Нидерланды және Ұлыбританияның Солтүстік теңізі аймақтарындағы кен орындарында жүргізіледі.

Локальды ҚСЖ Норвегияның Солтүстік теңізіндегі кен орындарында, сондай-ақ Францияда, Италияда, Австрияда және Шығыс Еуропа елдерінде кең тараған. Қытайда ҚСЖ-де өз өндірісіндегі боксит проппанты қолданылады.

Осы кезеңде ҚСЖ механизмін және ол скважина өнімділігіне қалай әсер ететінін зерттеуге бағытталған теориялық-өндірістік-эксперименттік жұмыстар жүргізілді.

Массалы ҚСЖ бұрынғы КСРО-да өткізілмеген. Батыс Сібірдің ірі кен орындары игерілгеннен кейін, өнімдігі жоғары скважиналар кезінде гидравликалық жару пласта қолдану дерлік тоқтады. Өндірістік көлемде 70-80-жылдары ҚСЖ пайдаланылмаған.

Отандық ҚСЖ қолданылуын қайта жандануы 80-жылдардың аяғында басталды.

Ресейде негізгі проппант ретінде табиғи құм көп қолданылды, ол коллекторлардың тереңдігі аз болғанымен, сапалы синтетикалық проппантар қолданылмады.

Қазіргі уақытта Ресейде ҚСЖ-ны қолдануға қызығушылық өсуде, себебі мұнай қорларының құрылымында төмен өткізгішті коллекторлардағы қорлардың үлесі артып келеді.

Мұнай-газ саласында қорлардың 40-тан астам пайызы өткізгіштігі 0,05 мкм²-ден аз коллекторларда, олардың шамамен 80 %-ы Батыс Сібірде орналасқан.

1988-1995 жылдар аралығында Батыс Сібірде 1600-ден астам ҚСЖ операциясы жүргізілді. [12] Сол уақытта ҚСЖ өндіру қорының 50-80 %-ында қолданылды [1].

АО «Юганскнефтегаз» компаниясында 1989-1994 жылдары СП «ЮГАНСКФРАКМАСТЕР» арқылы 17 кен орынның 22 пластында 700-ден астам ҚСЖ талданған, тиімділігі зерттелген [9].

1992 жылы алып Самотлор кен орнында кең ауқымды ҚСЖ басталды. 1997 жылдың басына дейін 432 операция жасалып, табыстылығы — 94 %, ҚСЖ-дан қосымша мұнай өндіру 4 млн-нан астам тонна болды.

ТОО «Когалымнефтегаз» («ЛУКОЙЛ-Батыс Сібір») Повхов кен орнында көбінесе индивидуалды линзалар түріндегі пласттардан тұратын үзілісті пласттарда ҚСЖ тәжірибесі алынған.

1993 жылы ОАО «Ноябрьскнефтегаз» кен орындарында тәжірибелік-өндірістік жұмыстар басталды. ҚСЖ төмен дебитті және төмен суды шөлікті скважиналарда жүргізілді. Нәтижесінде мұнай дебиті 7,7 есеге, сұйықтықтар 10 есеге өсті. Операциялардан кейінгі обводнендік (сумен қанығу) 25 %-ға дейін артты.

1994 жылы “Dowell Schlumberger” компаниясы Ново-Пурпей, Тарасов және Харапур кен орындарында бірнеше ондаған ҚСЖ операцияларын жүргізді. Нәтижесінде қосымша 222,7 тыс. тонна мұнай өндірілді. [1]

Батыс Сібір кен орындарында ҚСЖ енгізу деректерін талдау бойынша, бұл әдіс әдетте жеке таңдалатын өндіру скважиналарында қолданылады [3].

Астрахан газоконденсат кен орнында қышқылды ҚСЖ тәжірибесі алынған, коллекторлары тығыз, жарақатталған әктас-жарғыш тәсулекті, төмен өткізгішті және төмен пористік қасиеттерге ие. Астрахан кен орнында ҚСЖ дұрыс технологиялық параметрлер мен скважинаны таңдау шартымен жоғары тиімділік көрсетті.

Әлемдік тәжірибе көрсетіп отырғандай, мұнайдың жоспарланған шығымына қол жеткізбеу себебі – бұрғылау ерітіндісінің тиімсіздігінен қабаттың түп аймағының ластануы. Бұл процесс бұрғылау ерітіндісінің коллекторға, яғни өнімді қабатқа әсерлесуінен туындайды. Нәтижесінде тау жыныстарының ісінуі мен өткізгіштіктің төмендеуі байқалады.

Сонымен қатар, бұрғылау ерітіндісінің қатты фазасы да тиімді нәтиже бермейді, себебі ол мұнайдың сүзбелену каналдарын бітейді.

Соңғы уақытта ең көп қызығушылық тудыратындар – құрамында биополимерлер бар сазсыз бұрғылау ерітінділері, себебі олар әдетте саздың ісінуін тежеуші ингибиторларды қамтиды және кең қолданылады.

Бұрғылау кезінде бұрғылау ерітіндісінің өнімді қабаттарға түсуі ұңғыманың іске қосылуына және оның әрі қарай пайдалануына кері әсерін тигізеді. Геофизикалық зерттеулер көрсеткендей, төмен өткізгіштігі бар коллекторда бұрғылау ерітіндісінің фильтраты жоғары өткізгіштігі бар коллектормен салыстырғанда әлдеқайда тереңірек енеді. Бұл құбылыс саз қабықтың түзілу уақытымен түсіндіріледі (1-сурет).

Төмен өткізгіштігі бар коллекторда фильтрациялық қабық баяу түзіледі, әлсіз болады және бұрғылау құралдарының механикалық әсерінен оңай бұзылады.

Нәтижелер, оларды талқылау. Қабаттың қасиеттері мен ұңғыманың мүмкіндігін бағалау қазіргі таңда бірнеше моделдерге тәуелді болып келеді. Алайда, қарапайым қысымды қалпына келтіру қисығы қабатқа әсер ету әдістерін қолдану арқылы ұңғыманың өнімділігін арттырудың потенциалдық мүмкіндіктері туралы ақпаратты бере алады.

- Қабаттың өткізгіштігі, k
- Түпкі аймақтың ластануы (скин-эффект)

Қабаттың ластанған аймағы арқылы ұңғымаға сұйық ағысын қамтамасыз ететін әдістердің ең тиімдісі қабатты сұйықпен жару арқылы өткізгіштігі жоғары каналдарды туғызу.

Қабатты сумен жару кезінде қабатта жарықтар жасау және оларды дамыту мақсатында жоғары қысымда, жоғары жылдамдықта қабатқа су айдалады. Бұл операцияларды жүргізу үшін саға жабдығы, құбырлар тізбегі (шеген құбырды қоса алғанда) жер асты және жер үсті жабыдқтары механикалық жүктемеге төтеп беруі керек.

Сораптық-компрессорлық, шеген құбырлардың, саға және жер асты жабыдқтарының жұмыс қысымы қабатты сұйықпен жаруға сәйкес келетіндей максималды болуы керек. Егер қандай да бір жабдық орнатылған қысымға сәйкес келмейтін болса, онда оны ауыстып, жұмыс қысымын шектеу қажет немесе ұңғыманы ҚСЖ-ға ұсынбаған жөн.

Жару сұйығын өнімді қабатқа жіберу үшін цемент сақинасының сапасы жақсы болуы керек. Кей жағдайда жұмыс сұйығы жоғары қысымда болғандықтан құбырдың сыртына немесе басқа интервалға кетіп қалуы мүмкін. Егер цементтің сапасы сенімсіз

болса, цементтің сапасын тексеру үшін акустикалық каратаж жүргізу керек. Бұрғылау кезінде немесе соңында жүргізілген температуралық каротаж цемент сақинасының жоғарғы шекарасы координатасын туралы қажетті ақпаратты береді. Кей кезде цементтің тізбек сыртына құйылуын болдырмау үшін екіншілік немесе түзету бойынша цементтеуді жүргізеді. Цементтеу кезінде перфорация аралығына цемент ерітіндісі енетін болғандықтан, олардың бір бөлігі интервалда қалып қояды, ҚСЖ жоғары қысыммен жүргізілетіндіктен, осы жағдайды да ескеру керек. Осындай жағдай болғанда цементтеу аралықтарын пакер көмегімен оқшаулау қажет. Егер цементтеу аймағы өнімді қабаттан төмен орналасса, онда ол құм тығынымен немесе тығын көпірімен оқшауланады. Егер цементтеу интервалын оқшаулау мүмкін болмаса, онда саңылаусыздыққа сенімді болуы үшін, сынау жұмыстарын жүргізу қажет.

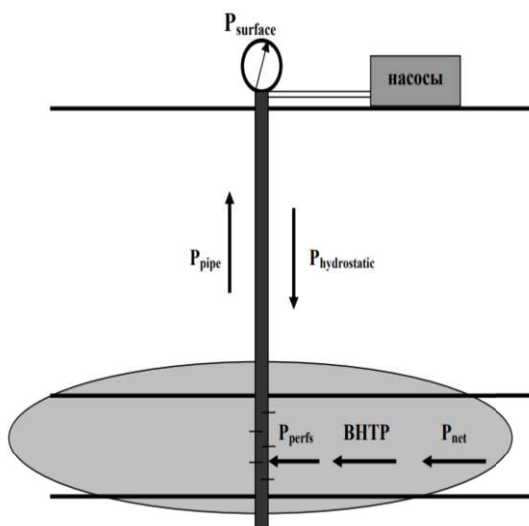
ҚСЖ жобалау инженері құбырлар тізбегінің жағдайы мен параметрлерін ескруге міндетті. Құбырлар тізбегі өлшеміне, салмағына және болат класына байланысты белгілі бір аққыштық шегіне ие болады. Ұңғымадағы құбырлар тізбегі, оның барлық жұмыс уақытында бекітілген максималды жүктемені ұстап тұруы қажет, дегенмен бұл мән ұңғыма құрылысын жобалау кезінде ҚСЖ-дың жоғары жұмыс қысымы, қабатқа әсер ету әдістерін қолдану ытималдығы ескерілмеген өнімдігі жоғары ұңғымаларда, шектік мәннен артуы мүмкін. Сондықтан ҚСЖ жұмыстарын жобалау кезінде қосымша шараларды жүргізу қажет.

ҚСЖ-ға қажетті қысымды дұрыс туғызудың өзі, жару жұмысын сәтті жүргізуде шешуші рөл атқарады. Құбырлар тізбегі максималды жұмыс қысымына төтеп беруі керек., операция алдында жабдықтарды сынау өте маңызды, сондықтан бұл қысымдардың есебін жүргізу қажет. Айдау қысымын есептеу әдістемесі келесідей жүргізіледі. Егер құбырлар тізбегін максималды қысымға сынау мүмкін болмаған жағдайда, ҚСЖ жүргізудің жұмыс қысымы шектік мәнге дейін шектелуі мүмкін. Сондықтан проппантпен бекітілген тиімді жарықтар жүргізуге жоғары қысым қажет болғандықтан, СКҚ-ны ауыстыру қажеттігі туындайды. ҚСЖ кезінде құбыраралық кеңістікті оқшаулау үшін пакерді орнату қажет, бұл белгілі бір қысымды ұстап тұруға мүмкіндік береді. Құбыраралық кеңістікке қысым туғызу арқылы ҚСЖ кезінде құбырлар тізбегінің саңылаусыздығын бірден табуға болады, сондай -ақ пакердегі қысымды да түсіруге болады.

Қабатты сұйықпен жаруды жүргізу кезінде сағадағы қысымды бірнеше құрамдас қысымдарға бөлуге болады:

- **ВНТР = Ұңғы түбіндегі қысым** = жару градиенті $\times$ тереңдік, ρ_{si} – бұл қысым жарықшақты ашық күйде ұстап тұру және оның әрі қарай өсуін қамтамасыз ету үшін қажет.

- **ρ_{pi} = СКҚ ішіндегі үйкеліс қысымының жоғалуы**, ρ_{si} – бұл жоғалтулар жұмыс сұйықтығының түрі мен тұтқырлығына, НКТ өлшеміне және айдау жылдамдығына байланысты.



Сурет 1 - Саға қысымының құрамдас бөліктері

- P_{perf} = Перфорациялық тесіктердегі қысымның жоғалуы, p_{si} – бұл жоғалтулар жарықшақтың басталуы кезінде максималды болуы мүмкін (жарықшақтың бағытына, ену тереңдігіне және перфорациялық тесіктер санына байланысты). Бұл жоғалтулардың маңызды бөлігі, әсіресе жарықшақты қалыптастыру сәтінде, **P_{tortuosity}** (перфорациялық тесіктер маңындағы сұйықтықтың қисық қозғалыс жолы салдарынан болатын қысым жоғалтулары).

- P_{net} = Жарықшақ ішіндегі үйкеліс қысымының жоғалуы (таза қысым), p_{si} – жарықшақ дамыған сайын оның параметрлері (биіктігі, ені және ұзындығы) артады. Егер жарықшақ өнімді қабат шекараларымен шектелген болса, P_{net} біртіндеп өсіп, 1000–2000 p_{si} дейін жетуі мүмкін. Егер ҚСЖ кезінде P_{net} күрт төмендесе, бұл жарықшақтың енді шектелмегенін, яғни биіктігі бойынша өсе бастағанын білдіреді.

- **$P_{hydrostatic}$** = Сұйықтық бағанының гидростатикалық қысымы. Сұйықтық бағанының салмағы ұңғы түбінде қажетті қысымға жетуге көмектеседі, сондықтан бұл құрамдас басқа компоненттерден шегеріледі.

Осылайша, саға қысымын бағалау үшін келесі мәліметтер белгілі болуы тиіс: жару градиенті, жұмыс сұйықтығының түрі, СКҚ түрі мен өлшемі, өнімді қабаттың тереңдігі мен перфорациялық тесіктердегі үйкеліс қысымының жоғалуы.

Қорытынды. Соңғы уақытта кеңінен қолданылып жүрген жергілікті қабатты сұйықпен жару (ҚСЖ) мұнай өнеркәсібінде ұңғыманың түп маңы аймағына әсер етудің тиімді әдісі және мұнай ағынын арттыру технологиясы ретінде қарастырылады. Бұл технология тау жыныстарында жарықшақтардың пайда болуы мен таралу механизміне негізделген, әрі бір реттік те, көп реттік те ҚСЖ жүргізу кезінде қолданылады.

ҚСЖ бойынша жарияланған ғылыми жұмыстардың басым көпшілігі тік ұңғымаларға қатысты, ал көлденең ұңғымаларда (КҰ), әсіресе көпсатылы гидравликалық жару (КҚСЖ) бойынша ақпарат пен тәжірибе әлі де шектеулі. Бұл жағдай анизотропты және біртекті емес коллектор жағдайында көлденең ұңғымаларда көпсатылы ҚСЖ қолдану тиімділігін зерттеу, сондай-ақ жарықшақтар арасындағы арақашықтықты бағалау арқылы гидроразрыв сатыларының онтайлы санын анықтау үдерісі әлі жеткілікті дәрежеде зерттелмегендігімен байланысты.

Көпсатылы ҚСЖ технологияларын тәжірибеде кеңінен қолдану жағдайында теориялық зерттеулерге деген қажеттілік артуда. Мысалы, Самотлор кен орнында

жүргізілген тәжірибелік жұмыстардың нәтижелері көрсеткендей, қайталама ҚСЖ -ның тиімділігі бірінші (базалық) ҚСЖ -мен салыстырғанда 17%-ға, ал үшінші ҚСЖ-да 31–35%-ға дейін төмендейді.

Сондықтан, қабатқа кешенді әсер ету технологияларында көпсатылы қабатты сұйықпен жаруды табысты қолданудың жаңа критерийлерін әзірлеу қажеттілігі туындап отыр. Мұндай міндет қазіргі уақытта өзекті әрі сұранысқа ие болып табылады.

Қабатты сұйықпен жару әдісі өңделетін нысанның ерекшеліктеріне және қойылған мақсаттарға байланысты көптеген технологиялық нұсқаларға ие болуы мүмкін. Қабатты сұйықпен жару технологиялары, әдетте, айдалатын жұмыс сұйықтықтары мен проппант көлемдерінің әртүрлілігімен ерекшеленеді, бұл өз кезегінде пайда болатын жарықшақтардың өлшемдеріне әсер етеді [9].

Саға маңы аймағына (СМА) әсер етудің тиімді әдісі ретінде жергілікті қабатты сұйықпен жару кеңінен қолданылады. Кейбір жағдайларда жарықшақтың ұзындығы 10–25 метрге жетіп, ондаған текше метр сұйықтық пен бірнеше тонна проппант айдалған кезде мұнай өндіретін ұңғыманың дебиті 2–3 есе артуы мүмкін.

Ұзын жарықшақтардың түзілуімен жүргізілетін гидроразрыв тек саға маңы аймағының фильтрациялық қасиеттерін жақсартып қана қоймай, сонымен қатар қабатты қалыңдығы бойынша кеңірек қамтып, қосымша мұнай қорларын игеруге тартуға және мұнай беру коэффициентін арттыруға мүмкіндік береді. Бұл ретте өндірілген өнімдегі су үлесі төмендеуі де, артуы да мүмкін екенін атап өткен жөн.

Қабаттың өткізгіштігі 0,01–0,05 мкм² болған жағдайда жарықшақтың оңтайлы ұзындығы 60 м-ге дейін, ал айдалатын сұйықтық көлемі 10–100 м³, проппант көлемі 1–10 тонна аралығында болуы қажет.

Бастапқы уақытта қолданылған технологиялық сұйықтықтар мұнай негізінде жасалды. 1960-жылдардың басынан бастап су негізіндегі сұйықтықтар қолдана бастады, олардың ішінде ең кең таралғандары — гуар шайыры мен гидроксипропилгуар болды. 2000-жылдардың басында АҚШ-та барлық операциялардың 70%-дан астамы осы құрамдармен жүргізілді. Мұнай негізіндегі гелдер тек 5–6 % жағдайда қолданылды, ал сығылған газ негізіндегі көбік — барлық операциялардың 25 %-ында қолданылды. ГЖТ (гидравликалық жарықшақ түзу) сапасын арттыру мақсатында сұйықтыққа үйкелісті азайтатын арнайы қоспалар қосылады.

Жарықшақтарды сенімді бекіту үшін көбінесе қарапайым құм пайдаланылады, оның тығыздығы шамамен 2650 кг/м³. Бұл материал қысу кернеуі 400 атм-нан аспайтын қабаттарды гидравликалық жару кезінде қолданылады. Орташа беріктіктегі материалдарға жататын керамикалық проппанттардың тығыздығы 2700–3300 кг/м³ аралығында болады және олар 690 атм-ға дейінгі қысымда қолданылады. Өте берік проппанттар (құрғақ боксит пен цирконий тотығы) 1000 атм-ға дейінгі қысымға төтеп береді, олардың тығыздығы 3200–3800 кг/м³ аралығында, алайда бұл материалдар өте қымбат, сондықтан өңдеу құнын арттырады. Қабаттың өткізгіштігі 0,01–0,05 мкм² болған жағдайда жарықшақтың оңтайлы ұзындығы 60 м-ге дейін, ал айдалатын сұйықтық көлемі 10–100 м³, проппант көлемі 1–10 тонна аралығында болуы қажет.

Бастапқы уақытта қолданылған технологиялық сұйықтықтар мұнай негізінде жасалды. 1960-жылдардың басынан бастап су негізіндегі сұйықтықтар қолдана бастады, олардың ішінде ең кең таралғандары — гуар шайыры мен гидроксипропилгуар болды. 2000-жылдардың басында АҚШ-та барлық операциялардың 70%-дан астамы осы құрамдармен жүргізілді. Мұнай негізіндегі гелдер тек 5–6 % жағдайда қолданылды, ал сығылған газ негізіндегі көбік — барлық операциялардың 25 %-ында қолданылды. ГЖТ

(гидравликалық жарықшақ түзу) сапасын арттыру мақсатында сұйықтыққа үйкелісті азайтатын арнайы қоспалар қосылады.

Жарықшақтарды сенімді бекіту үшін көбінесе қарапайым құм пайдаланылады, оның тығыздығы шамамен 2650 кг/м^3 . Бұл материал қысу кернеуі 400 атм-нан аспайтын қабаттарды гидравликалық жару кезінде қолданылады. Орташа беріктіктегі материалдарға жататын керамикалық проппанттардың тығыздығы $2700\text{--}3300 \text{ кг/м}^3$ аралығында болады және олар 690 атм-ға дейінгі қысымда қолданылады. Өте берік проппанттар (құрғақ боксит пен цирконий тотығы) 1000 атм-ға дейінгі қысымға төтеп береді, олардың тығыздығы $3200\text{--}3800 \text{ кг/м}^3$ аралығында, алайда бұл материалдар өте қымбат, сондықтан өңдеу құнын арттырады.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Каневская Р.Д. Математическое моделирование разработки месторождений нефти и газа с применением гидравлического разрыва пласта [Текст] / Р.Д. Каневская ; – М. : Изд-во "Недра ", 1999.–212 б.
2. Коршак А. А., Шамазов А. М. Основы нефтегазового дела [Текст] / А.А.Коршак ; –М. : Изд-во "Недра ", 2007 г.
3. Демичев П. С., Клещенко И. И., Смирнов В. С., Лесь И. В. Оценка эффективности закрепления слабосцементированных коллекторов в нефтяных и газовых скважинах. [Текст] / НТЖ «Бурение и Нефть»– 2013 г. — № 7,8.
4. Mader D. Hydraulic proppant fracturing and gravel packing. Developments in petroleum science. – Elsevier Science Publishers, 1989.– V. 26.– 1240 pp.
5. Economides M.J., Nolte K.G. Reservoir Stimulation.–Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey 07632. – 1989.– 430 pp.
6. Robinson B.M., Holditch S.A., Whitehead W.S., Peterson R.E. Hydraulic fracturing research in East Texas: third GRI staged field experiment // J. Petrol. Technol. – 1992.– V. 44.– N 1.– P. 78–87.
7. Voneiff G.W., Holditch S.A. Economic assessment of applying advances in fracturing technology // J. Petrol. Technol. – 1994. – V. 46.– N 1.– P. 51–57.
8. Strubhar M.K. Multiple, vertical fractures from an inclined well-bore – A field experience // J. Petrol. Technol. – 1975. – N 5. – P. 641–647
9. Anderson S.A. Exploring reservoirs with horizontal wells: the Maersk experience offshore // Offshore. –1991.– V. 51.– N 2. – P. 23.

REFERENCES

1. Kanevskaya R.D. Matematicheskoe modelirovanie razrabotki mestorozhdenij nefti i gaza s primeneniem gidravlicheskogo razryva plasta [Mathematical modeling of oil and gas field development using hydraulic fracturing] / R.D. Kanevskaya ; –М. : Izd-vo "Nedra ", (1999).–212 b. – (In Rus)
2. Korshak A. A., Shamazov A. M. Osnovy neftegazovogo dela [Fundamentals of oil and gas business] / A.A.Korshak ; –М. : Izd-vo "Nedra ", (2007) – (In Rus)
3. Demichev P. S., Kleshchenko I. I., Smirnov V. S., Les' I. V. Ocenka effektivnosti zakrepleniya slaboscementirovannyh kollektorov v neftyanyh i gazovyh skvazhinah. [Evaluation of the effectiveness of fixing weakly cemented reservoirs in oil and gas wells.] / NTZh «Burenie i Neft'»– (2013) – № 7,8. – (In Rus)
4. Mader D. Gidravlicheskij razryv plasta s primeneniem proppanta i gravijnaya nabivka. Dostizheniya v neftyanoj nauke. – Izdatel'stvo Elsevier Science, 1989.– T. 26.– 1240 s.

-
5. Ekonomides M.Dzh., Nolti K.G. Stimulirovanie vodohranilishch.–Prentis Holl, Eglvud Kliffs, N'yu–Dzhersi, 07632. - 1989. – 430 s.
 6. Robinson B.M., Holditch S.A., Uajthed V.S., Peterson R.E. Issledovanie gidrorazryva plasta v Vostochnom Tekhase: tretij polevoj eksperiment GRI // J. Petrol. Tekhnol. – 1992.– T. 44.– № 1.– S. 78-87.
 7. Voniff G.V., Holditch S.A. Ekonomicheskaya ocenka primeneniya dostizhenij v tekhnologii gidrorazryva plasta // J. Petrol. Tekhnol. – 1994. – T. 46.– № 1.– S. 51-57.
 8. Strubhar M.K. Mnozhestvennye vertikal'nye treshchiny v naklonnom stvole skvazhiny – polevoj opyt // J. Petrol. Tekhnol. – 1975. – N 5. – S. 641-647
 9. Anderson S.A. Issledovanie kollektorov gorizonta'nymi skvazhinami: opyt Maersk na shel'fe // Offshor. -1991.– T. 51.– N 2. – S. 23.