

Код МРНТИ 52.47.15

Н.А. Бесбаева¹, *Г.Ж. Бимбетова¹, Г.М. Эфендиев², К.С. Надиров¹¹М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті (Шымкент қ., Қазақстан),²Мұнай және газ институты (Баку қ., Әзербайжан Республикасы)

МҰНАЙ ЖӘНЕ ГАЗ ҰҢҒЫМАЛАРЫН БҰРҒЫЛАУҒА АРНАЛҒАН ЖЕҢІЛДЕТІЛГЕН БҰРҒЫЛАУ ШАЮ СҰЙЫҚТЫҒЫ

Аннотация. Мақалада сіңіру қабаттары жағдайында бұрғылау ерітінділерінің сүзілуін төмендетуге арналған модификацияланған полимерлі реагенттерді әзірлеу нәтижелері баяндалады. Әзірленген полимерлік жүйелер ерітіндінің сұзу және реологиялық қасиеттерін тиімді реттеуге мүмкіндік беріп, бұрғылау кезінде технологиялық сенімділікті арттырады. Бұл жүйелер тығыз өткізбейтін сүзгі қабыршақтарын түзе отырып, иілімді тұтқырлық пен ығысу кернеуін оңтайлы деңгейде ұстайды. Зерттеуде модификацияланған полиакрилонитрил мен әртүрлі қатынастағы ұсақталған макта сабақтарының ерітінді қасиеттеріне әсері қарастырылған. Ұңғыма қабырғалары арқылы сіңу дәрежесін төмендету мақсатында зертханалық сынақтар жүргізіліп, олардың тиімділігі бағаланған. Нәтижесінде полимер мен өсімдік толтырғышының оңтайлы құрамы анықталды.

Түйінді сөздер: бұрғылау, ұңғыма, сіңірілу, мұнай, газ, шайынды сұйықтық, гудрон, полиакрилонитрил, модификациялау.

Lightweight drilling fluid for oil and gas well drilling

Abstract. The article presents the results of developing modified polymer reagents aimed at reducing the filtration of drilling fluids under conditions of loss circulation zones. The developed polymer systems make it possible to effectively regulate the filtration and rheological properties of the drilling fluid, thereby enhancing the technological reliability of the drilling process. These systems form dense, low-permeability filter cakes, ensuring optimal values of plastic viscosity and yield stress. The study examines the effect of modified polyacrylonitrile and ground cotton stalks in various ratios on the properties of the drilling fluid. Laboratory tests were conducted to reduce fluid loss through the wellbore walls, and their efficiency was evaluated. As a result, the optimal composition of the polymer-plant filler was determined.

Key words: drilling, well, loss circulation, oil, gas, drilling fluid, tar, polyacrylonitrile, modification.

Облегченная буровая промывочная жидкость для бурения нефтегазовых скважин

Аннотация. В статье представлены результаты разработки модифицированных полимерных реагентов, предназначенных для снижения фильтрации буровых растворов в условиях поглощающих пластов. Разработанные полимерные системы позволяют эффективно регулировать фильтрационные и реологические свойства раствора, повышая технологическую надежность процесса бурения. Данные системы формируют плотные, малопроницаемые фильтрационные корки, обеспечивая поддержание оптимальных значений пластической вязкости и предельного напряжения сдвига. В исследовании рассмотрено влияние модифицированного полиакрилонитрила и измельченных хлопковых стеблей в различных соотношениях на свойства бурового раствора. С целью снижения степени поглощения через стенки скважины проведены лабораторные испытания, в ходе которых оценена их эффективность. В результате определен оптимальный состав полимерно-растительного наполнителя.

Ключевые слова: бурение, скважина, поглощение, нефть, газ, промывочная жидкость, гудрон, полиакрилонитрил, модифицирование.

Кіріспе

Мұнайгаз саласын дамытудың қазіргі жағдайында күрделі геологиялық-техникалық жағдайларда ұңғымаларды бұрғылау тиімділігін арттыру ерекше өзекті болып отыр. Мұнай және газ ұңғымаларын салудағы негізгі мәселелердің бірі бұрғылау ерітіндісінің сіңірілуі болып табылады, бұл айтарлықтай материалдық шығындарға, бұрғылау жылдамдығының төмендеуіне, ұңғыма оқпанының тұрақтылығының нашарлауына және апаттық жағдайлардың туындауына әкеледі. Осыған байланысты жақсартылған өнімділігі бар бұрғылау ерітінділерінің жаңа құрамдарын әзірлеу маңызды ғылыми және практикалық міндет болып табылады [1].

Бұрғылау шаю сұйықтықтары немесе ұңғымаларды бұрғылау кезінде қолданылатын ерітінділер олардың функционалдық қасиеттерін қамтамасыз ететін бірқатар талаптарға сай болуы тиіс. Ұңғыма түбін тазарту, бұрғылау шламын шығару, бұрғылау қашауын тазалау және салқындатумен қатар, бұл ерітінділер ұңғымадағы гидродинамикалық қысымды ұстап тұруды қамтамасыз етуі қажет. Бұл өз кезегінде қабаттық флюидтердің ұңғыма оқпанына енуінің және бұрғылау ерітіндісінің сіңуін алдын алуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, бұрғылау ерітінділері бұрғыланып жатқан тау жыныстардағы кеуектерді жауып тұратын жұқа сүзгілік қабықшаның түзілуін реттеуі тиіс, бұл олардың опырылуы мен құлауын болдырмайды [2].

Бұрғылау тәжірибесінде су негізіндегі, көмірсутек негізіндегі және азрацияланған негіздегі бұрғылау ерітінділері қолданылады. Экологиялық қауіпсіздік тұрғысынан су не-

гізіндегі ерітінділер анағұрлым қолайлы болып табылады және мұнай-газ ұңғымаларын бұрғылау тәжірибесінде кеңінен таралған. Қажетті қасиеттерді қамтамасыз ету үшін мұндай ерітінділердің құрамында уытты және қоршаған ортаға зиянды әсер ететін қоспалар болмауы тиіс. Сулы ерітінділердің қажетті реологиялық қасиеттерін қалыптастыру және олардың экологиялық қауіпсіздігін қамтамасыз ету мақсатында қазіргі уақытта экологиялық тұрғыдан қауіпсіз қоспаларды пайдалану ұсынылады. Бұрғылау ерітіндісінің реологиялық сипаттамалары оның әртүрлі температура, қысым және ығысу жылдамдығы жағдайларында қалай жұмыс істейтінін көрсетеді. Мысалы, ерітіндінің тұтқырлығы оның ағынға қарсы тұру қабілетін сипаттайды. Сонымен қатар, ерітінділердің тек тұтқырлық қасиеттерін ғана емес, олардың иілімді және тиксотропиялық қасиеттерін де ескеру қажет.

Ерітіндінің маңызды сипаттамаларының бірі иілімді тұтқырлық, ол бұрғылау ерітінділеріндегі қатты бөлшектер мен сұйық қабаттары арасындағы үйкелістен туындайтын ағынға меншікті кедергіні сипаттайды. Бұл көрсеткіш негізгі сұйықтықтардың (мысалы, су мен органикалық фазаның) тұтқырлығына, қатты бөлшектердің концентрациясы мен өлшеміне тәуелді. Бұрғылау ерітінділеріндегі иілімді тұтқырлықтың едәуір артуы ерітіндінің қозғалысының баяулауына және бұрғылау жылдамдығының төмендеуіне әкелуі мүмкін. Иілімді тұтқырлықты төмендету сұйылтқыш қоспаларды қолдану арқылы жүзеге асырылады [3]. Сонымен қатар, тұтқырлығы жоғары бұрғылау ерітінділері терең ұңғымаларды, сондай-ақ жоғары қысым

мен жоғары температура жағдайындағы ұңғымаларды бұрғылау кезінде тиімді болып табылады, өйткені мұндай жағдайларда ерітіндінің тұтқырлығы төмендеу үрдісіне ие болады.

Тығыздық та бұрғылау шаю сұйықтығының қасиеттеріне айтарлықтай әсер етеді. Кейбір жағдайларда ерітіндінің тығыздығы ұңғыма оқпанының тұрақтылығын жақсартып, қабат қысымын ұстап тұруға мүмкіндік береді. Бұрғылау ерітіндісінің тығыздығының төмен болуы ұңғыма оқпанының бұзылуына және флюидтердің атқылауына әкелуі мүмкін. Керісінше, ерітінді тығыздығының шамадан тыс жоғары болуы циркуляция жылдамдығының төмендеуіне және бұрғылау кезінде механикалық өту жылдамдығының азаюына себеп болады [3].

Ұңғыманы бұрғылау тиімділігіне ерітіндінің сүзгіленуі (фильтрациясы) де үлкен әсер етеді. Бұл көрсеткіш гидростатикалық қысымның кеуек қысымынан артық болуы нәтижесінде бұрғылау ерітіндісінің қабаттарға ену мөлшерін сипаттайды. Сүзгілену процесіне байланысты ұңғыма қабырғаларындағы тау жынысының кеуектері бұрғылау ерітіндісіндегі қалқымалы қатты бөлшектермен толып, сапалы сазды сүзгілік қабықша түзіледі. Ерітіндідегі қатты бөлшектер концентрациясы артқан сайын сүзгілену жылдамдығы мен сазды қабықша қалыңдығы азаяды.

Бұрғылау шаю сұйықтығының маңызды көрсеткіштерінің бірі ығысудың динамикалық кернеуі. Бұл шама ерітіндінің бұрғылау шламын ұңғыма оқпанында және сақиналы кеңістікте циркуляция кезінде қалқымалы күйде тасымалдау қабілетін сипаттайды. Қоспадағы қатты бөлшектердің өлшемі азайған сайын ағымдылық шегі артады. Бұл қатты бөлшектер арасындағы тартылыс күштерінің ұлғаюымен түсіндіріледі, нәтижесінде бұрғылау шламын тасымалдау қабілеті артып, ұңғыма оқпанының тиімді тазалануы қамтамасыз етіледі [2–4].

Көтеріп-түсіру операциялары кезінде бұрғылау ерітіндісінің маңызды реологиялық көрсеткіштерінің бірі гель беріктігі немесе ығысудың статикалық кернеуі болып табылады. Бұл көрсеткіш ерітіндінің статикалық жағдайда бұрғылау шламын қалқымалы күйде ұстап тұру қабілетін сипаттайды. Гель беріктігінің уақыт өте артуы ерітіндінің құрылымдық беріктігінің ұлғаюына әкеледі, сәйкесінше жинақталған гель құрылымын бұзып, ерітіндінің циркуляциясын қайта бастау үшін жоғары қысым қажет болады. Сіңірілу қаупі жоғары интервалдар үшін сіңу құбылысының пайда болу ықтималдығын барынша азайтуға мүмкіндік беретін арнайы бұрғылау режимдері мен бұрғылау ерітіндісінің параметрлері әзірленеді. Ал сіңу құбылысының алдын алу мүмкін болмаған жағдайда, оны жоюдың әртүрлі технологиялық әдістері қолданылады. Бұрғылау тәжірибесінде механикалық тампонаждау сіңуді жоюдың ең кең таралған және тиімді тәсілдерінің бірі болып табылады. Қазіргі заманғы тампонаж ерітінділері бірнеше фракциядағы қатты бөлшектерден тұратын күрделі композициялар болып табылады. Ірі бөлшектер жарықшақ аузына көпір (мост) түзсе, ұсақ бөлшектер оның ішкі кеңістігін толтырады. Тығынның беріктігін арттыру мақсатында талшықты компоненттер, ал тау жынысы бетімен адгезияны жақсарту үшін полимерлік қоспалар қолданылады. Ерекше назар реттелетін тығыздыққа және реологиялық

қасиеттерге ие материалдарды әзірлеуге аударылады, бұл оларды сіңу аймағына тиімді жеткізуге мүмкіндік береді. Күрделі ұңғымаларды бұрғылау тәжірибесінде органикалық және техногенді дәстүрлі емес кольматанттарды қолдану маңызды рөл атқарады. Мұндай материалдарға ұсақталған жаңғақ қабықтары, резеңке ұнтағы және басқа да ұқсас компоненттер жатады. Олар әртүрлі геологиялық жағдайларда тиімділігі дәлелденген сіңуге қарсы қоспалардың ерекше класына жатады. Оларды қолдану сіңу аймағында сенімді сүзгілік қабықшалар мен тығындар түзетін қабілетке негізделген, бұл бұрғылау ерітіндісінің қабатқа өту жолдарын тиімді түрде бөгейді [5].

Бұрғылау ерітіндісінің сіңу мәселесін шешудің бір жолы – полимерлік композициялық материалдар мен ұсақ резеңке ұнтағын қолдану болып табылады. Бұл қоспалар ұңғыма қабырғаларында тығыз, төмен өткізгіштікке ие сазды қабықша түзеді, нәтижесінде ерітіндінің қабатқа енуі азайып немесе толық тоқтайды.

Резинотехникалық өнімдер (РТӨ) өндірісінде көп мөлшерде қалдықтар түзіледі, олардың айтарлықтай бөлігі қайта өңделмейді, мысалы, этиленпропилен қалдықтары және т.б. Ұзақ уақыт бойы резеңке химиялық құрылымы (үшөлшемді химиялық тор) себебінен қайта өңделмейтін және қиындық туғызатын материал деп есептелген. Алайда, қазіргі таңда РТӨ қалдықтарын соңғы өнімге, шикізатқа немесе энергия көзіне айналдыруға мүмкіндік беретін бірқатар технологиялар бар [6].

Тәжірибелік зерттеулердің нәтижелерін талдау [7] бұрғылау ерітінділерінің құрамына металл оксидтерінің нанобөлшектерін (Fe_2O_3 , SiO_2) енгізу, тығыз өткізбейтін сүзгі қабығын қалыптастыру арқылы сіңуді 40–50% дейін төмендетуге мүмкіндік беретінін көрсетеді. Сонымен қатар, реологиялық сипаттамалардың жақсаруы, соның ішінде жүйенің аққыштығы мен құрылымдық беріктігінің артуы байқалады. Нанобөлшектердің төмен концентрациясының ең тиімдісі (шамамен 0,3–0,5 мас.%), онда бұрғылау ерітіндісінің тұтқырлығы мен сіңу қасиеттері арасында оңтайлы тепе-теңдікке қол жеткізіледі.

Шетелдік зерттеулерде бұрғылау ерітінділерінің сіңуіне жол бермеуге арналған полимерлі материалдарды жасауға көп көңіл бөлінеді. Атап айтқанда, жұмыста [8] көмірсутек негізіндегі бұрғылау ерітінділерінің құрамында май мен ісінетін полимерлерді қолдану ұсынылды. Мұндай полимерлер дисперсиялық ортаны өз көлемінің ұлғаюымен сіңіре алатындығы анықталды, бұл олардың микрожарықтар мен кеуекті арналарға тиімді енуін қамтамасыз етеді, содан кейін герметикалық тосқауылдар пайда болады. Бұл қоспаның 1,5%-дан аз концентрациясы ерітіндінің реологиялық қасиеттеріне іс жүзінде теріс әсер етпейтіні көрсетілген, бірақ олар сіңу шығындарын едәуір төмендетеді және жүйенің герметизациялау қабілетін арттырады. Сонымен қатар, сіңіруді жою үшін полимерлерді дәстүрлі материалдармен қолдану кезінде синергетикалық әсер анықталды, бұл шығын аймақтарын оқшаулау тиімділігінің айтарлықтай жоғарылауына әкеледі.

Қазіргі кезде бұрғылау ерітінділерінде полимерлік қоспалары бар су негізіндегі ерітінділер кеңінен қолданылады. Бұл ерітінділердің жоғары су ұстайтын қасиеті қиындықтардың қарқындылығын азайтуға мүмкіндік береді.

Елдің оңтүстік аймақтарында орналасқан мұнай және газ кен орындарының геологиялық қималарында ең жиі кездесетін қиындықтарға ұңғыма оқпанының тұрақтылығының төмендеуі жатады, бұл құбылыстарға ерітіндінің сіңуі, ұңғыма қабырғаларының опырылуы, сазды тау жыныстардың құлауы және т. б. жатады [9].

Зерттеулердің айтарлықтай санына қарамастан, бірқатар мәселелер әлі де жеткілікті зерттелмеген. Атап айтқанда, қарқынды сіңірілу жағдайында тиімді жұмыс істей алатын композициялық полимерлі реагенттерді пайдалана отырып, жергілікті шикізат негізінде бұрғылау ерітінділерін әзірлеуге шектеулі көңіл бөлінеді. Сонымен қатар, мұндай жүйелердің құрылымдық механизмдері және олардың нақты геологиялық-техникалық жағдайлардағы әрекеті жеткілікті зерттелмеген.

Осылайша, қазіргі ғылыми әдебиеттерді талдау қол жеткізілген жетістіктерге қарамастан, осы зерттеудің бағытын анықтайтын полимерлік технологиялар мен қол жетімді шикізатты қолдануды біріктіретін тиімді бұрғылау ерітінділерін құру тәсілдерін одан әрі дамыту қажеттілігі бар екенін көрсетеді.

Осы зерттеудің мақсаты мұнай және газ ұңғымаларын бұрғылау кезінде сіңіруді азайтуды қамтамасыз ететін полимерлі реагенттерді пайдалана отырып, тиімді бұрғылау ерітіндісінің құрамын әзірлеу болып табылады.

Бұрғылаудың геологиялық-техникалық шарттарына сәйкес полимерлі реагенттер негізінде жеңілдетілген бұрғылау, шаю сұйықтығының мамандандырылған құрамын таңдау, сондай-ақ ұңғымаларды салу процесінде сапаны бақылауды қолдану және мұнай және газ ұңғымаларында қиындықтар мен апаттарды алдын алу өзекті міндет болып табылады.

Зерттеу объектісі жергілікті шикізаттан синтезделген полимерлі қоспалардың жаңа буынына негізделген бұрғылау ерітінділері, сондай-ақ оларды мұнай және газ ұңғымаларын бұрғылау кезінде қолдану процестері болып табылады.

Зерттеу пәні жаңа полимерлі реагенттермен модификацияланған бұрғылау ерітінділерінің құрамы мен құрылымы болып табылады.

Ұңғыманы бұрғылау кезінде қолданылатын бұл ерітінді жеңілдетілген, белгілі бір тығыздық пен тұтқырлыққа ие және ұңғыма қабырғасында қажетті қабықша қалыңдығын қалыптастыра отырып, бұрғылау процесінде тиімді циркуляцияны қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, ерітінді құрамына сазды ерітіндіге полиакрилонитрил полимерлік реагентін, сабындалған гудронды (май қышқылдарының дистилляциясы) модификацияланған нұсқасын және ұсақталған мақта сабағын қосу арқылы бұрғылау ерітіндісінің сіңу жылдамдығын төмендету мүмкіндігі енгізілген [10, 11].

Материалдар мен әдістер

Модификациялау үшін қолданылған бастапқы мақта гудронының сабындалу көрсеткіші 80–130 мг КОН құрайды. Сабындалған гудрон 120–130°C температурада 45–50% май қышқылдарының тұздарын, 8–10% глицеридтерді, конденсация және полимеризация өнімдерін, оның ішінде 30% дейін госсипол туындыларын қамтиды.

Сабындалған фракция (май қышқылдарының тұздары мен госсиполаттар) полиакрилонитрилмен бірге шаю сұйықтығына тұрақтылық береді, қосымша антикоррозиялық және майлаушы қасиеттерін қамтамасыз етеді, сондай-ақ бұрғылау кезінде ерітіндінің сіңу жылдамдығын төмендетуге мүмкіндік туғызады.

Полиакрилонитрилді модификациялау келесі әдіспен жүзеге асырылды. Саз ұнтағы және карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ) қамтылған су ерітіндісіне сабындалған гудрондағы май қышқылдарының тұздарымен модификацияланған полиакрилонитрил енгізілді. Гудронның сабындалуы 120–130°C температурада 20% натрий гидроксиді ерітіндісінде құм ваннасында жүргізілді. Сабындалу процесі аяқталған соң есептелген мөлшерде ұсақталған мақта сабағының массасы (ҰМС) ерітіндіге қосылды.

Ерітінді циркуляцияланған кезде және тау жынысына енгенде, модификацияланған полиакрилонитрил (МПАН) ісініп, ҰМС-пен бірге оның тау жыныс арқылы өту жылдамдығын төмендетуге ықпал етеді, осылайша сіңетін ерітіндінің көлемін азайтады.

Бұрғылау ерітіндісі циркуляцияланған сайын ұсақталған мақта сабағының мөлшері ұңғыма қабықшасында ішінара шөгіп қалу салдарынан азаяды. Сондықтан бұрғылау ерітіндісі циркуляцияланған кезде оны бастапқы концентрацияға жеткізу үшін ұсақталған мақта сабағын периодтық түрде қосу арқылы түзету қажет. Сол сияқты ерітінді құрамын модификацияланған полиакрилонитрил және бентонит сазы бойынша да түзету жүзеге асырылады [12].

Жоғарыда айтылғандай, бұрғылау ерітіндісінің реологиялық қасиеттері бұрғылау процесінің тиімділігін, ұңғыма оқпанының тұрақтылығын, шламның шығу сапасын және циркуляциялық жүйедегі гидравликалық шығындарды анықтайтын негізгі параметрлер болып табылады. Бұл қасиеттерді бағалау лабораториялық жағдайда, стандартталған аспаптар мен әдістемелерді қолдана отырып жүргізіледі, бұл нәтижелердің қайталанушылығын және салыстырмалылығын қамтамасыз етеді.

Зерттеулер барысында келесі көрсеткіштер анықталды: тығыздық, шартты (ШТ) және иілімді тұтқырлық (ИТ), ығысудың динамикалық кернеуі (ЫДК), ығысудың статикалық кернеуі (ЫСК) және басқа да параметрлер. Ұсынылған әдістеме бұрғылау ерітіндісінің құрылымдық-механикалық қасиеттерін талдауға және оны нақты бұрғылау жағдайларында қолдануға жарамдылығын бағалауға қажетті сандық деректерді алуға мүмкіндік береді.

Зерттеу нәтижелері мен талқылау

1-ші кестеде көрсетілген тәжірибе нәтижелері модификацияланған полиакрилонитрилдің әртүрлі құрамдарының бұрғылау ерітіндісінің кейбір реологиялық қасиеттеріне әртүрлі әсер ететінін көрсетеді.

Зерттелетін бастапқы бұрғылау ерітіндісі, жоғарыда айтылғандай, суда 10% саз ұнтағын (Дарбаза бентониті), натрий гидроксиді және кальцинирленген содадан тұрады. Содан кейін құрамына модификацияланған полиакрилонитрил (ПАН), КМЦ және ұсақталған мақта сабағы (ҰМС) енгізіліп, ұсынылған бұрғылау ерітіндісінің кейбір реологиялық көрсеткіштері өлшенді. Ұсыныл-

Кесте 1

Әртүрлі құрамдағы модификацияланған полиакрилонитрилдің бұрғылау ерітіндісінің реологиялық көрсеткіштеріне әсері

Table 1

Effect of modified polyacrylonitrile of different compositions on the rheological properties of the drilling fluid

Таблица 1

Влияние модифицированного полиакрилонитрила различного состава на реологические показатели бурового раствора

Бұрғылау ерітіндісінің компоненттерінің құрамы, масс. %	ρ , кг/м ³	ШТ, с	Ф, см ³ /30 мин	ЫДК, Па	ИТ, мПа·с	ЫСК, мг/см ²	
						1 мин	10 мин
Бастапқы ерітінді	1200	29	7,0	13,0	10	65	70
Бастапқы ерітінді + 0,5 МПАН + 0,5 ҰМС. + 0,5 КМЦ + 0,2 Na ₂ CO ₃	1085	40	5,8	14,0	12	69	68
Бастапқы ерітінді + 1,0 МПАН + 1,0 ҰМС. + 0,75 КМЦ + 0,2 Na ₂ CO ₃	1072	65	4,2	15,7	14,5	64	69
Бастапқы ерітінді + 1,5 МПАН + 1,5 ҰМС. + 1,0 КМЦ + 0,2 Na ₂ CO ₃	1060	85	3,8	16,5	15,7	70	70
Бастапқы ерітінді + 2,0 МПАН + 2,0 ҰМС. + 1,25 КМЦ + 0,2 Na ₂ CO ₃	1040	120	3,5	18,0	16,0	72	74
Бастапқы ерітінді + 2,5 МПАН + 2,5 ҰМС. + 1,50 КМЦ	1040	155	3,9	20,0	18,8	69	68
Бастапқы ерітінді + 3,0 МПАН + 3,0 ҰМС. + 1,75 КМЦ + 0,2 Na ₂ CO ₃	1040	255	4,0	30,0	20,5	67	67

ған жеңілдетілген, полимерлік қоспалары бар бұрғылау ерітіндісі негізгі технологиялық параметрлер бойынша зерттелді, оларға иілімді тұтқырлық, тығыздық, шартты тұтқырлық, сүзгілену (фльтрация) және ығысудың динамикалық кернеуі (ЫДК) кіреді. Ерекше назар иілімді тұтқырлық пен ығысудың динамикалық кернеуі (ЫДК) арасындағы өзара байланыстың бағалануына аударылды, себебі бұл жүйенің құрылымдық-механикалық қасиеттерін анықтайтын негізгі реологиялық параметрлер болып табылады.

Иілімді тұтқырлық ерітінді ағысына қарсы ішкі кедергіні сипаттайды және қатты фазаның концентрациясына және дисперстігіне тәуелді болады. Ал ығысудың динамикалық кернеуі (ЫДК) ерітіндінің құрылымдалу дәрежесін көрсетеді және шлам бөлшектерін қалқымалы күйде ұстап тұру қабілетін бағалауға мүмкіндік береді. Иілімді тұтқырлық пен ығысудың динамикалық кернеуінің (ЫДК) оптималды қатынасы бұрғыланған тау жынысының тиімді шығарылуын қамтамасыз етеді, ұңғыма қабырғасының опырылуын болдырмайды және ұңғыма оқпанының тұрақтылығын арттырады.

Өзірленген құрам ұңғыма қабырғасында берік және төмен өткізгіш сүзгі қабықшасын қалыптастырады, бұрғылау ерітіндісінің шығындарын азайтады және суды шығару мөлшерін төмендетеді. Сонымен қатар, иілімді тұтқырлық пен ығысудың динамикалық кернеуінің (ЫДК) тұрақты мәндері қамтамасыз етіледі, бұл ерітіндіде тұрақты кеңістік құрылымының түзілуін және оны сіңірілетін қабаттардың шарттарына бейімделуін көрсетеді.

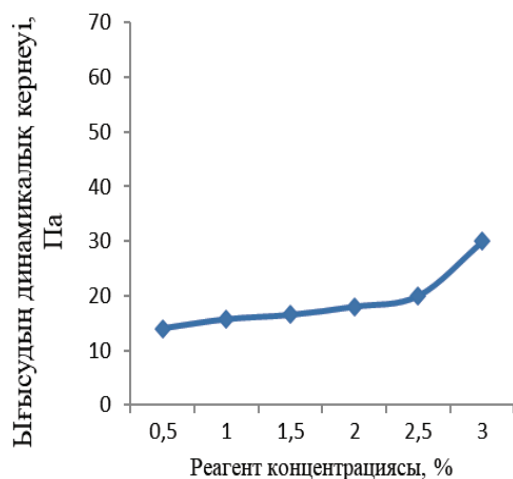
1-ші кестеде берілген № 5 құрамдағы бұрғылау ерітіндісі ығысудың динамикалық кернеуінің тұрақты мәнін сақтайды (18,0 Па), бұл гель құрамындағы (ерітінді)

бұрғыланған бөлшектерді тиімді ұстап тұруға мүмкіндік береді. Оптималды нұсқаны таңдау критерийі ретінде иілімді тұтқырлық диапазоны, яғни гидравликалық кедергілердің минималды өсуімен шламның тиімді шығарылуын қамтамасыз ететін интервал алынған. Зерттеулер көрсеткендей, оптималды құрам – № 5, мұнда иілімді тұтқырлық мәні (16 мПа·с) технологиялық тұрғыдан рұқсат етілген интервалда орналасқан және реологиялық мен сүзгілік қасиеттердің тепе-тең үйлесімін қамтамасыз етеді, циркуляциялық жүйенің тығыздығын шамадан тыс арттырмайды.

1 және 2-суреттерде модификацияланған полиакрилонитрил негізіндегі сазды бұрғылау ерітінділерінің ығысудың динамикалық кернеуі мен иілімді тұтқырлық мәндері, құрамындағы реагент концентрациясына байланысты көрсетілген.

Айта кету керек, бұрғылау ерітіндісінің ығысуының динамикалық кернеуі мен иілімді тұтқырлығының реагент концентрациясына тәуелділігі бір-бірінен аз ерекшеленеді. Көрсетілген тәуелділіктерге сәйкес деректер зерттелген жаңа реагент концентрациясына байланысты бұрғылау ерітінділерінің ығысуының динамикалық кернеуі (ЫДК) мен иілімді тұтқырлығының (ИТ) өзгерістері шамамен сызықтық сипатқа ие екенін көрсетеді.

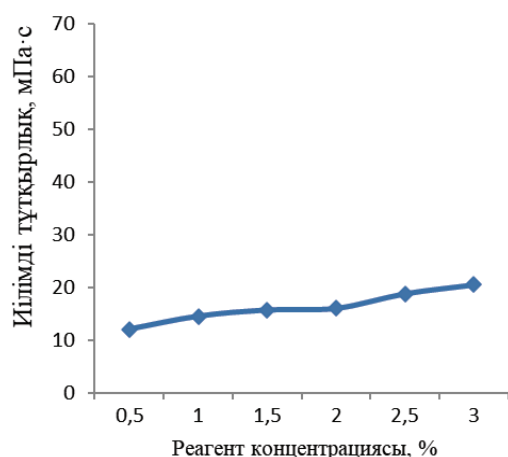
Реагент мөлшерінің артуы ИТ мен ЫДК мәндерінің бір уақытта өсуіне әкеледі, бұл ерітіндінің құрылымдалу дәрежесінің артуын және шлам бөлшектерін қалқымалы күйде ұстап тұру қабілетінің жақсарғанын көрсетеді. Мұндай реологиялық қасиеттердің үйлесімі су бергіштігін азайтуға және ұңғыма қабырғасында берік, сапалы сүзгі қабықшасын қалыптастыруға ықпал етеді. Эксперименттік деректерді талдау негізінде № 5 құрамдағы ерітінді (кесте 1)



Сурет 1. Бұрғылау ерітіндісінің ығысуының динамикалық кернеуінің реагент концентрациясына тәуелділігі.

Figure 1. Dependence of the dynamic shear stress of the drilling fluid on the reagent concentration.

Рис. 1. Зависимость динамического напряжения сдвига бурового раствора от концентрации реагента.



Сурет 2. Бұрғылау ерітіндісінің иілімді тұтқырлығының реагент концентрациясына тәуелділігі.

Figure 2. Dependence of the plastic viscosity of the drilling fluid on the reagent concentration.

Рис. 2. Зависимость пластической вязкости бурового раствора от концентрации реагента.

оптимальны деп таңдалды, себебі ол негізгі көрсеткіштер бойынша ең жақсы нәтижелерді көрсетті: тұрақты иілімді тұтқырлық, жеткілікті ығысудың динамикалық кернеуі және минималды ерітінді шығыны.

Алынған бұрғылау ерітіндісінің ұңғыма қабырғасы арқылы сіңу дәрежесін азайту және ерітінді шығынын төмендету тиімділігін бағалау мақсатында зерттеулер лабораториялық стендте жүргізілді (3-сурет). Жабдық құрамына кіретін элементтер: бастапқы бұрғылау ерітіндісіне арналған сыйымдылық (1), полимерлік қоспаға арналған сыйымдылық (2), араластырғыш (3); сұйықтық ағынын

жабатын клапандар (4); сорап (5), манометр (6), қабат моделі (7), және тау жынысынан өткен бұрғылау ерітіндісін өлшейтін сыйымдылық (8).

Біртекті сызықтық қабат моделі екі ұшынан фланецтермен бекітілген, тау жынысымен толтырылған болат құбыр. Соңғы фланецке модельді стендке қосуға және бұрғылау ерітіндісінің тау жынысы арқылы сіңу жылдамдығын бақылауға мүмкіндік беретін клапан орнатылған. Қабат моделіне бастапқы ерітінді мен полимерлік қоспасы бар ерітінді енгізіліп, кейін тау жынысынан өткен ерітінді көлемі анықталды.



Сурет 3. Бұрғылау ерітіндісінің сіңу дәрежесін анықтау үшін қолданылатын стенд схемасы.

Figure 3. Scheme of the apparatus for determining the degree of drilling fluid loss (absorption).

Рис. 3. Схема установки для определения степени поглощения бурового раствора.

Бастапқы және жеңілдетілген бұрғылау ерітінділеріне арналған сыйымдылық 1 және 2 сорап 5 арқылы тау жынысы мен толтырылған қабат моделіне 7 жіберіледі, содан кейін тау жынысынан өткен ерітіндінің көлемі 8 сыйымдылықта анықталады.

Бұрғылау ерітінділерінің қасиеттерін реттеу үшін жарамды полимерлік заттарды таңдау кезінде, полимер макромолекуласында жоғары полярлыққа ие функционалды топтардың жиналуы ескерілуі қажет. Бұл полярлық топтардың сипаты дипольдік моменттің шамасымен бағыты арқылы бағаланады. Аталған жағдайда, полимерлік реагентті қолданғанда макромолекулаларда карбоксилдік, гидроксилдік және басқада полярлық топтардың жиналуы тұрақты торлы құрылымдардың түзілуіне қолайлы жағдай жасайды.

Жоғарыда келтірілгендей, полимерлі реагентті жергілікті шикізат негізіндегі өсімдік гудроны және толтырғышпен бірге қолдану бұрғылау ерітіндісінің тұрақтылығын арттырып, оны ұңғыманы бұрғылау процесінде тиімді етеді. Сабындалған өсімдік гудронының май қышқылдарының тұздары мен ұсақталған мақта сабағының құрамына байланысты алынған бұрғылау ерітіндісі ерітінді құрылымын нығайтуға ықпал етеді. Сонымен қатар, бұл құрам тау жынысын бұзушы құралға майлаушы және салқындатушы әсер береді, сүзгі коэффициентін төмендетеді және қабықша түзілуін сапалы түрде қамтамасыз етеді.

Қорытынды

Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде жоғары сіңіру қабаттарда сүзгілеуді төмендетуге арналған жаңа модификацияланған полимерлі реагент әзірленіп, эксперименттік түрде тексерілді. Зерттеу көрсеткендей, реагент концентрациясының артуы иілімді тұтқырлық пен ығысудың динамикалық кернеуінің бір уақытта өсуіне әкеледі, бұл ерітіндіде тұрақты құрылымның түзілуін, шламның тиімді шығарылуын және су бергіштік дәрежесінің төмендеуін қамтамасыз етеді.

Оптималды құрам негізгі көрсеткіштер бойынша ең жақсы нәтижелерді көрсетті: су бергіштікті төмендету, жеткілікті БДК мәні, ерітінді шығынының минималды болуы және ұңғыма қабырғасында сапалы сүзгі қабықшасының түзілуі. Аталған нәтижелер модификациялан-

ған полимерлердің бұрғылау ерітінділерінің реологиялық және сүзгілік қасиеттерін кешенді түрде реттеуде тиімділігін, бұрғылау технологиясының сенімділігін арттыратынын және жоғары өткізгіштігі бар және сіңіргіш қабаттардағы қиындықтар қаупін төмендететінін растады.

Осылайша, жүргізілген зерттеулердің нәтижелері көрсеткендей, ұсынылған бұрғылау ерітіндісінің құрамы ұңғыманы бұрғылау процесінде ерітіндінің сіңірілуін азайтуға арналған талаптарға толық сәйкес келеді.

Алғыс

Бұл зерттеулер Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитетінің (BR24992809) қолдауымен жүргізілді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Чудинова И.В. Тұрақсыз сазды жыныстарда барлау ұңғымаларын бұрғылауға арналған полимерлі шаю сұйықтықтарының құрамын негіздеу және әзірлеу: техн. ғылым. канд. ғылыми дәрежесін алуға арналған диссертацияның авторефераты: Санкт-Петербург, 2019 (орыс тілінде)
2. Маусымдық су басқан жағалау аймақтарынан Арктикалық қайраңды игерудің тұжырымдамалық шешімін әзірлеу / Литвиненко В.С. [және т. б.] // Халықаралық Тау-кен ғылымы және технологиясы. 2021. № 32. Б.1–1 (ағылшын тілінде)
3. Көмірсутек негізіндегі ерітінділердің реологиясын олардың құрамдас құрамына қарай зерттеу / Дубликов М.В. [және т. б.] // Құрлықта және теңізде мұнай және газ ұңғымаларын салу. 2020. № 10. Б. 25–28 (орыс тілінде)
4. Табиғи алынған хина жапырағы мен гибискус жапырағы сығындыларын пайдалана отырып, су негізіндегі бұрғылау сұйықтықтарының реологиялық және сүзу сипаттамаларын жақсарту / Исмаил А.Р. [және т. б.] // Бензин. Зерттеуші. Өнім. Технол. 2020. Т. 10. С. 3541–3556 (ағылшын тілінде)
5. Карпов Е.О. Бұрғылау ерітіндісін сіңіру: проблеманы кешенді талдау және заманауи шешімдер // Ғылым хабаршысы. 2025. Т. 1. № 5 (86). Б.1212–1217 (орыс тілінде)
6. Бесбаева Н.А. және т. б. Мұнай-газ ұңғымаларын бұрғылау кезінде бұрғылау, жуу сұйықтықтарының сіңуін болдырмау жөніндегі іс-шаралар // Әзірбайжан Республикасының жас ғалымдары мен мамандарының республикалық ғылыми-практикалық конференциясы, 2023. Б. 28–32 (орыс тілінде)
7. Врызас З., Келесидис В.С. Нанобөлшектер негізіндегі бұрғылау ерітінділері: шолу // Энергия. 2017. Т. 10. Б. 1–34 (ағылшын тілінде)
8. Мұнай негізіндегі бұрғылау ерітінділеріндегі жұтылуды азайту: мұнайды сіңіретін полимерлерді қолдану / Чжун Х. [және т. б.] // Материалдар. 2018. Т. 11 (10). Б. 2020 (ағылшын тілінде)
9. Пат.пайдалы модель үшін № 10053. Модификацияланған бұрғылау ерітіндісі / Бесбаева Н.А., Бимбетова Г.Ж., Надиров К.С., Надирова Ж.К., Бондаренко В.П., Батыр Г.Ж.; өтініш беруші және «Оңтүстік Қазақстан университеті» КЕАҚ патент иегері. М. Әуезова (KZ.); жарияланды 10.01.2025 (орыс тілінде)
10. Мұнайгаз ұңғымаларын бұрғылау кезінде бұрғылау ерітіндісінің сіңуін төмендетуге арналған полимерлі реагент / Бимбетова Г.Ж. [және т. б.] // ҚазТБҰ Хабаршысы. 2024. № 2 (23). Б. 439–446 (орыс тілінде)
11. Бұрғылау шаю сұйықтығының сіңуін төмендетуге арналған құрамында полимер бар құрам / Бесбаева Н.А. [және т. б.] // Мұнай және газ. 2025. № 6 (150). Б. 26–38 (орыс тілінде)
12. Бұрғылау ерітіндісінің сіңуін төмендету үшін жеңілдетілген полимерлікұрам / Бимбетова Г.Ж. [және т. б.] // ҚазТБҰ хабаршысы. 2025. № 2 (27). Б. 481–492 (қазақ тілінде)

REFERENCES

1. Chudinova I.V. Obosnovanie i razrabotka sostavov polimernykh promyvochnykh zhidkostey dlya bureniya razvedochnykh skvazhin v neustojchivyyh glinistykh porodah [Justification and development of polymer-based drilling fluid formulations for drilling exploratory wells in unstable clay formations], Avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk [Extended abstract of a dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences]. Saint Petersburg, 2019 (in Russian)
2. Elaboration of a conceptual solution for the development of the Arctic shelf from seasonally flooded coastal areas / Litvinenko V.S. [et al.] // International Journal of Mining Science and Technology. 2021. No. 32. 1–1 pp. (in English)

3. *Issledovanie reologii rastvorov na uglevodorodnoj osnove v zavisimosti ot ih komponentnogo sostava [A study of hydrocarbon-based solutions rheology depending on its component composition], Dvoynikov M.V. [et al.], Stroitel'stvo neftyanyh i gazovyh skvazhin na sushe i na more [Construction of oil and gas wells on land and sea]. 2020. No. 10. 25–28 pp. (in Russian)*
4. *Improvement of rheological and filtration characteristics of water-based drilling fluids using naturally derived henna leaf and hibiscus leaf extracts / Ismail A.R. [et al.] // J. Petrol. Explor. Prod. Technol. 2020. V. 10. 3541–3556 pp. (in English)*
5. *Karpov E.O. Pogloshchenie burovogo rastvora: kompleksnyj analiz problemy i sovremennye resheniya [Drilling mud absorption: comprehensive analysis of problem and modern solutions], Vestnik nauki [Science Bulletin]. 2025. V. 1. No. 5 (86). 1212–1217 pp. (in Russian)*
6. *Besbaeva N.A. et al. Meropriyatiya po predotvrashcheniyu pogloshcheniya burovyyh, promyvochnyyh zhidkostey pri burenii neftegazovyh skvazhin [Measures to prevent the loss of drilling and workover fluids during oil and gas well drilling], Respublikanskaya nauchno-prakticheskaya konferenciya molodyh uchenyyh i specialistov Azerbajdzhanskoj Respubliki [Republican scientific and practical conference of young scientists and specialists of the republic of Azerbaijan], 2023. 28–32 pp. (in Russian)*
7. *Vryzas Z., Kelessidis V.C. Nano-based drilling fluids: A Review // Energies. 2017. V. 10. 1–34 pp. (in English)*
8. *Mitigation of lost circulation in oil-based drilling fluids using oil absorbent polymer / Zhong H. [et al.] // Materials. 2018. V. 11 (10). 2020 p. (in English)*
9. *Modificirovannyj burovoj rastvor n a poleznuyu model' № 10053 [Modified drilling fluid № 10053 for utility model], Besbaeva N.A., Bimbetova G.Zh., Nadirov K.S., Nadirova Zh.K., Bondarenko V.P., Batyr G.Zh.; zayavitel' i patentoobladatel' NAO «Yuzhno-Kazahstanskij universitet imeni M. Auezova (KZ.)», [Non-Profit limited Company «M. Auevov South Kazakhstan University» (KZ)], 10.01.2025 (in Russian)*
10. *Polimernyj reagent dlya snizheniya pogloshcheniya burovogo rastvora pri burenii neftegazovyh skvazhin [Polymer reagents to reduce the absorption of drilling mud during drilling of oil and gas wells], Bimbetova G.Zh. [et al.], Vestnik KazUTB [KazUTB Bulletin]. 2024. No. 2 (23). 439–446 pp. (in Russian)*
11. *Polimersoderzhashchij sostav dlya snizheniya pogloshcheniya burovoy promyvochnoj zhidkosti [Polymer-containing composition to reduce the absorption of drilling fluid] / Besbaeva N.A. [et al.] // Neft' i gaz [Oil and gas]. 2025. No. 6 (150). 26–38 pp. (in Russian)*
12. *Light weight polymer composition to reduce the absorption of drilling mud / Bimbetova G.J. [et al.] // Bulletin of KazUTB. 2025. No. 2 (27). 481–492 pp. (in Kazakh)*

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Чудинова И.В. Обоснование и разработка составов полимерных промывочных жидкостей для бурения разведочных скважин в неустойчивых глинистых породах: автореферат дисс. ... канд. техн. наук: Санкт-Петербург, 2019 (на русском языке)*
2. *Разработка концептуального решения по освоению арктического шельфа с сезонно затопляемых прибрежных территорий / Литвиненко В.С. [и др.] // Международный научно-технический журнал горного дела. 2021. № 32. С. 1–1 (на английском языке)*
3. *Исследование реологии растворов на углеводородной основе в зависимости от их компонентного состава / Двойников М.В. [и др.] // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. 2020. № 10. С. 25–28 (на русском языке)*
4. *Улучшение реологических и фильтрационных характеристик буровых растворов на водной основе с использованием натуральных экстрактов листьев хны и гибискуса / Исмаил А.Р. [и др.] // Нефть. Исследователь. Производитель. Технология. 2020. Т. 10. С. 3541–3556 (на английском языке)*
5. *Карпов Е.О. Поглощение бурового раствора: комплексный анализ проблемы и современные решения // Вестник науки. 2025. Т. 1. № 5 (86). С. 1212–1217 (на русском языке)*
6. *Бесбаева Н.А. и др. Мероприятия по предотвращению поглощения буровых, промывочных жидкостей при бурении нефтегазовых скважин // Республиканская науч.- практ. конф. молодых ученых и специалистов Азербайджанской Республики, 2023. С. 28–32 (на русском языке)*
7. *Врызас З., Келессидис В.С. Наночастичные буровые растворы: обзор // Энергия. 2017. Т. 10. С. 1–34 (на английском языке)*
8. *Снижение потерь циркуляции в буровых растворах на нефтяной основе с использованием нефтесорбирующих полимеров / Чжун Х. [и др.] // Материалы. 2018. Т. 11 (10). С. 2020 (на английском языке)*
9. *Пат. № 10053 на полезную модель. Модифицированный буровой раствор / Бесбаева Н.А., Бимбетова Г.Ж., Надиров К.С., Надирова Ж.К., Бондаренко В.П., Батыр Г.Ж.; заявитель и патентообладатель НАО «Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова (KZ.)»; опубл. 10.01.2025 (на русском языке)*
10. *Полимерный реагент для снижения поглощения бурового раствора при бурении нефтегазовых скважин / Бимбетова Г.Ж. [и др.] // Вестник КазУТБ. 2024. № 2 (23). С. 439–446 (на русском языке)*

11. Полимерсодержащий состав для снижения поглощения буровой промывочной жидкости / Бесбаева Н.А. [и др.] // Нефть и газ. 2025. № 6 (150). С. 26–38 (на русском языке)
12. Облегченный полимерный состав для снижения поглощения бурового раствора / Бимбетова Г.Ж. [и др.] // Вестник КазУТБ. 2025. № 2 (27). С. 481–492 (на казахском языке)

Авторлар туралы мәліметтер:

Бесбаева Н.А., «Мұнайгаз ісі» кафедрасының Ph.D докторанты, М.О. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті КеАҚ (Шымкент қ., Қазақстан), besbaeva.nursulu@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0008-2130-1597>

Бимбетова Г.Ж., т. ғ. к., профессор, «Мұнайгаз ісі» кафедрасының профессоры, М.О. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті КеАҚ (Шымкент қ., Қазақстан), gulmirabimbetova@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-1859-5551>

Эфендиев Г.М., т. ғ. д., профессор, Мұнай және газ институтының профессоры (Баку қ., Әзербайжан Республикасы), galib_2000@yahoo.com; <https://orcid.org/0000-0002-4875-5782>

Надиоров К.С., х. ғ. д., профессор, «Мұнайгаз ісі» кафедрасының профессоры, М.О. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті КеАҚ (Шымкент қ., Қазақстан); nadirovkazim@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3323-8245>

Information about the authors:

Besbaeva N.A., Ph.D student of the Department of «Oil and gas business», NAO South Kazakhstan University named after M.O. Auezov (Shymkent, Kazakhstan)

Bimbetova G.Zh., candidate of historical sciences, professor, Professor of the Department of «Oil and gas business», NAO South Kazakhstan University named after M.O. Auezov (Shymkent, Kazakhstan)

Efendiev G.M., doctor of technical sciences, professor, Professor of the Institute of oil and gas (Baku, Republic of Azerbaijan)

Nadirov K.S., doctor of Chemical Sciences, Professor, Professor of the Department of «Oil and gas business», NAO South Kazakhstan University named after M.O. Auezov (Shymkent, Kazakhstan)

Сведения об авторах:

Бесбаева Н.А., докторант Ph.D кафедры «Нефтегазовое дело», НАО Южно-Казахстанский университет им. М.О. Ауэзова (г. Шымкент, Казахстан)

Бимбетова Г.Ж., к. т. н., профессор, профессор кафедры «Нефтегазовое дело», НАО Южно-Казахстанский университет им. М.О. Ауэзова (г. Шымкент, Казахстан)

Эфендиев Г.М., д. т. н., профессор, профессор Института нефти и газа (г. Баку, Азербайджанская Республика)

Надиоров К.С., д. х. н., профессор, профессор кафедры «Нефтегазовое дело», НАО Южно-Казахстанский университет им. М.О. Ауэзова (г. Шымкент, Казахстан)

СПТОКРАНЫ
WWW.CRANE-EXPO.RU

17-19 июня 2026

г. Москва, ВДНХ,
57 павильон



МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

СПТОКРАНЫ

СПЕЦТЕХНИКА И ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

ЭКСПОДИЗАЙН
ВЫСТАВОЧНАЯ КОМПАНИЯ