

Код МРНТИ 52.47.15

Г. С. Бекбаева, Е. Т. Боташев, Г. М. Эфендиев,*М. К. Жантасов
 М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті (Шымкент қ., Қазақстан)

ТҰРАҚСЫЗ САЗДЫ ТАУ ЖЫНЫСТАРЫНДА ҰҢҒЫМАЛАР САЛУҒА АРНАЛҒАН ИНГИБИРЛЕУШІ БҰРҒЫЛАУ ЕРІТІНДІЛЕРІ

Аннотация. Мақалада сазды тау жыныстарын бұрғылау кезінде туындайтын асқынулардың себептері және бұрғылау ерітінділерінің физико-химиялық қасиеттерінің тау-геологиялық жағдайларға сәйкестігі қарастырылады. Ұңғыма қабырғаларының тұрақсыздануы көбінесе ерітінді фильтраты мен жыныс арасындағы белсенді өзара әрекеттесумен байланысты екені көрсетіледі. Сазды жыныстарды тұрақтандыру үшін қолданылатын ингибируші реагенттердің негізгі түрлері мен әсер ету механизмдері талданады. Тұздар, полимерлер, полиолдар, полисахаридтер және силикатты жүйелердің артықшылықтары мен шектеулері салыстырмалы түрде сипатталады. Техникалық талаптарға сәйкес бұрғылау ерітіндісін дұрыс таңдау ұңғыманы табысты бұрғылаудың негізгі шарты табылады. Зерттеу нәтижелері геологиялық-техникалық талаптарға сәйкес келетін, экономикалық тұрғыдан тиімді және технологиялық сенімді бұрғылау ерітінділерін әзірлеудің маңыздылығын дәлелдейді.

Түйінді сөздер: бұрғылау ерітінділері, сазды жыныстар, саздарды ингибиру, ұңғыма қабырғаларының тұрақтылығы, осмотық қысым, полимерлік ингибиторлар, калий хлориді (KCl), силикатты бұрғылау ерітінділері.

Inhibitive drilling fluids for well construction in unstable clay formations

Abstract. The article discusses the causes of complications arising when drilling clay rocks and the correspondence of the physico-chemical properties of drilling fluids to Mountain and geological conditions. It is shown that the destabilization of the well Walls is often associated with an active interaction between the solution filtrate and the rock. The main types and mechanisms of action of inhibitory reagents used to stabilize clay rocks are analyzed. The advantages and limitations of salts, polymers, polyols, polysaccharides, and silicate systems are relatively described. The correct choice of drilling mud in accordance with technical requirements is the main condition for successful drilling of a well. The results of the study prove the importance of developing drilling fluids that meet geological and technical requirements, are economically effective and technologically reliable.

Key words: drilling fluids, clay formations, clay inhibition, borehole wall stability, osmotic pressure, polymer inhibitors, potassium chloride (KCl), silicate drilling fluids.

Ингибирующие буровые растворы для строительства скважин в неустойчивых глинистых породах

Аннотация. В статье рассмотрены причины осложнений, возникающих при бурении глинистых пород, а также соответствие физико-химических свойств буровых растворов горно-геологическим условиям. Показано, что неустойчивость стенок скважины в большинстве случаев связана с активным взаимодействием фильтрата бурового раствора с породой. Проанализированы основные виды ингибирующих реагентов, применяемых для стабилизации глинистых пород, и механизмы их действия. Проведено сравнительное описание преимуществ и ограничений солей, полимеров, полиолов, полисахаридов и силикатных систем. Обосновано, что правильный выбор бурового раствора в соответствии с техническими требованиями является условием успешного бурения скважины. Результаты исследования подтверждают важность разработки экономически эффективных и технологически надежных буровых растворов, соответствующих геолого-техническим требованиям.

Ключевые слова: буровые растворы, глинистые породы, ингибирование глин, устойчивость стенок скважины, осмотическое давление, полимерные ингибиторы, хлорид калия (KCl), силикатные буровые раствор.

Кіріспе

Ұңғымаларды бұрғылау кезінде нақты кен орнының тау-геологиялық жағдайларына сәйкес келмейтін бұрғылау ерітіндісін қолдануға байланысты көптеген асқынулар туындайды. Мұндай асқынулардың негізгі себебі көбінесе ерітіндінің физико-химиялық параметрлерінің сәйкессіздігі болып табылады.

Сазды тау жыныстарын бұрғылау барысында мұндай сипаттағы қиындықтар жиі кездеседі, себебі ұңғыма қабырғаларын құрайтын жыныстар мен бұрғылау ерітіндісінің фильтраты арасында белсенді өзара әрекеттесу жүреді.

Мүмкін болатын асқынулардың алдын алу немесе кем дегенде олардың пайда болуын бақылау үшін бұрғылау ерітіндісі әртүрлі әсер ететін реагенттермен өңделеді. Бұл реагенттер ерітіндінің су фазасының жыныстардың механикалық беріктігі мен тұрақтылығына тигізетін әсерін төмендетуге қабілетті.

Геологиялық-техникалық талаптарға сай келетін бұрғылау ерітінділері құрамдарын әзірлеу және қолдану – ұңғыманы салу (бұрғылау) табыстылығының негізгі параметрлерінің бірі болып табылады. Жаңа бұрғылау ерітінділері құрамдарын әзірлеу кезінде ерітіндіге қосылатын қоспалар санын барынша азайтуға, бұрғылау жұмыстарының өнімсіз уақытын қысқартуға басымдық беріледі. Бұл өз кезегінде ерітіндіні дайындауды және оның параметрлерін бақылауды жеңілдетеді, сондай-ақ экономикалық тиімділікті қамтамасыз етеді. Сонымен қатар құрамды әзірлеу әртүрлі ингибируші механизмдерін қолдану арқылы жүргізіледі, өйткені

пластикалы және морт сазды жыныстар кезектесіп кездесетін жағдайларда әр интервал үшін бұрғылау ерітіндісінің рецептурасын өзгерту тиімсіз [1, 2, 3, 4].

Материалдар мен әдістер

Бұрғылау ерітінділерін дайындау барысында сазды жыныстарға сәйкес келетін реагенттер таңдалды. Ерітінділердің негізгі компоненттері ретінде органикалық және бейорганикалық тұздар (KCl , $NaCl$, $CaCl_2$, $MgCl_2$), полимерлер (РНРА, жоғары және төмен молекулалық массалы полимерлер), полиолдар (полиэтиленгликоль, полиглицерин), полисахаридтер және силикаттар қолданылады.

Тұз ерітінділері: калий хлориді (KCl), натрий хлориді ($NaCl$) және кальций, магний, мырыш хлоридтері мен бромидтерінің концентрлі ерітінділері дайындалады. Ерітінділердің концентрациялары 1–5% аралығында, қажет болған жағдайда жоғары осмотық қысымды қамтамасыз ету үшін түзетіледі.

Полимерлік ерітінділер: төмен және жоғары молекулалық полимерлерді бөлек немесе комбинацияда қолданылды. Ішінара гидролизделген полиакриламид (РНРА) ерітіндіге қосылды, ол жыныс бетіне адсорбцияланып, бірнеше байланыс нүктесін қалыптастырады.

Полиолдар мен полисахаридтер: полиэтиленгликольдер мен полиглицериндер төмен молекулалық және жоғары молекулалық түрлерде дайындалады. Полисахаридтер ерітіндінің тұтқырлығын арттыру және сазды жыныстарға фильтраттың енуін төмендету мақсатында қолданылады.

Силикатты ерітінділер: натрий силикаты су ерітіндісінде ерітіліп, Ca^{2+} және Mg^{2+} иондарымен реакцияға түсетін, қабатты нығайтуға және жарықтарды бөгейтін қасиетке ие болады.

Барлық ерітінділер зертханалық стационарлық құрылғыларда араластырылды, температурасы 20–25 °C және тұрақты рН мәнінде дайындалады.

Полимерлер мен полиолдарды қосқанда, олар ерітіндіде біркелкі таралғанына көз жеткізу үшін механикалық араластырғыш қолданылады.

Силикатты ерітінділерді дайындау кезінде ерітінді рН-ін бақылау жүргізілді (рН ≈ 9) және қажет болған жағдайда рН түзеткіштер қолданылады.

Ерітінділердің тұтқырлығы, фильтрация қабілеті және осмостық қысым сияқты физико-химиялық қасиеттері стандартталған әдістермен анықталады.

Ерітінділерді қолдану алдында олар 24 сағат бойы тұрып, тұрақтылығын тексеру жүргізіледі.

Нәтижелер және талқылау

Сазды жыныстардың бұзылуын тежеуде және оларды тұрақтандыруда ең тиімді реагенттердің сипаттамаларын толығырақ қарастырайық.

Калий хлориді (KCl) ең тиімді ингибиторлардың бірі ретінде кеңінен белгілі. Ол негізінен литогенездің бастапқы сатысындағы жоғары белсенді саздарда ісіну қысымын төмендету және осмостық процестерді реттеу үшін қолданылады.

Калий хлоридін қолдануды шектейтін негізгі фактор – бұрғылау ерітіндісінің фильтратының жыныс құрылымына енуін болдырмау қабілетінің болмауы. Тіпті KCl жоғары концентрацияда болғанның өзінде ерітіндінің тұтқырлығы төмен күйінде қалады. Сондықтан ол кеуек кеңістіктерді толтыра алмайды және сазды жыныстың өткізгіштігіне айтарлықтай әсер етпейді. Сонымен қатар, калий хлориді негізіндегі бұрғылау ерітінділері литогенездің кеш сатысындағы морт сазды жыныстарды бұрғылау жағдайларына сәйкес келмейді. Себебі мұндай жыныстарда сіңірілген судың көлемі аз болғанымен, ісіну қысымы жоғары дамиды (сурет 1) [4, 5].

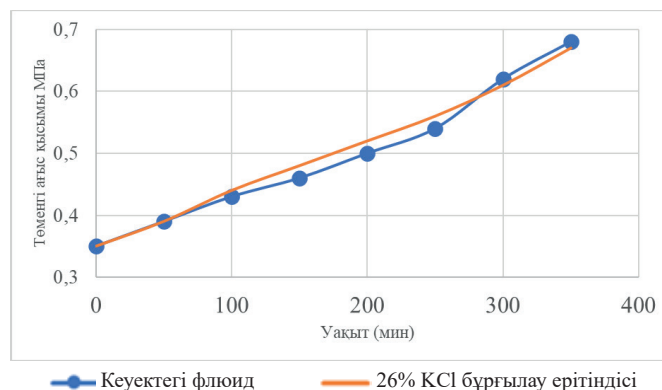
Натрий хлориді ($NaCl$) ерітіндісі ұқсас концентрацияларда калий хлоридімен салыстырғанда ерітіндінің жоғары тұтқырлығын және судың белсенділігінің төмен болуын қамтамасыз етеді, бұл осмостық қысымның артуына ықпал етеді.

Осылайша, натрий хлориді ерітіндісі бұрғылау ерітіндісі фильтратының жынысқа ену қарқындылығын төмендету мақсатында қолдануға ұсынылады.

Алайда, натрий хлориді ерітіндісі өздігінен ерітіндінің оңтайлы параметрлерін қамтамасыз ете алмайды. $NaCl$ -ды силикаттар, полиолдар, метилглюкозидтер сияқты реагенттермен бірге қолдану анағұрлым тиімді, өйткені олар сазды жыныстарды дегидратациялау мақсатында осмостық градиентті арттыруға қабілетті.

Кальций, магний, мырыш хлоридтері мен бромидтерінің концентрлі ерітінділері гидравликалық ағынды төмендету және жоғары осмостық қысымды қамтамасыз ету қабілетінің арқасында сазды жыныстар үшін ингибирлеуші реагенттер ретінде қолданылуы мүмкін. Екі валентті ион-

дар диффузия арқылы жынысқа еніп, ерітіндіден иондардың тасымалдануын қамтамасыз етеді.



Сурет 1. Қаныққан калий хлориді негізіндегі бұрғылау ерітіндісін қолдану кезінде ұңғыма маңы кеңістігіндегі қысымның таралуы.

Figure 1. Pressure distribution in the near-wellbore region during the use of a drilling fluid based on saturated potassium chloride.

Рис. 1. Распределение давления в приствольной зоне при использовании бурового раствора на основе насыщенного хлорида калия.

Алайда иондар неғұрлым күшті ингибирлеуші иондармен (мысалы, K^+) алмасқан кезде ісіну қысымының арту қаупі бар. Бұл ұңғыма қабырғаларын құрайтын жыныстардың тұрақсыздығына әкелуі мүмкін.

Мұндай ерітінділерді қолдану барысында кеуектік қысым көрсеткіштеріне оң әсер мен ісіну қысымының ықтимал тұрақсыздандырушы әсері арасындағы тепе-теңдікті мұқият сақтау қажет.

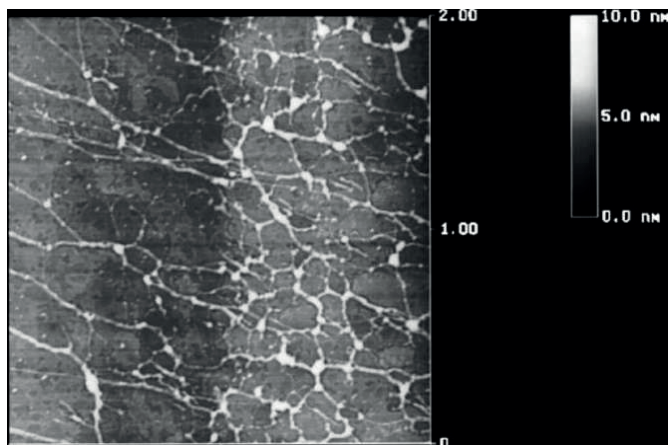
Сонымен қатар, калий хлоридіне балама ретінде кейбір полимерлік композициялар да қолданылады. Мұндай композициялардың артықшылығы – олардың функционалды топтары сазды минералдардың беттеріне адсорбцияланып, бірнеше байланыс нүктелерін құра алады. Бұл қасиет полимерлерді K^+ иондарынан гөрі алмастырылуға төзімді етеді.

Полимерлік композициялар ісінуді тежеуде тиімді болып саналады, әсіресе төмен молекулалық массасы барлар. Сол себепті олар сазды жыныстың құрылымына ене алады.

Жоғары молекулалық полимерлер көлемдері үлкен болғандықтан кеуек кеңістіктерге ене алмайды, бірақ олар қорғаныш пленка түзеді және сазды жынысты белгілі бір дәрежеде бекіте алады.

Мысалы, ішінара гидролизделген полиакриламид (РНРА) белгілі: ол жынысқа адсорбцияланып, бірнеше байланыс нүктесін қалыптастырады және осылайша ұңғыма қабырғаларын нығайтуға қабілетті (сурет 2).

Алайда төмен молекулалық полимерлер жыныс құрылымына ене алғандықтан, кеуектік қысымды реттеуге қабілетті. Осы себепті сазды жыныстарды тиімді тұрақтандыру үшін төмен және жоғары молекулалық реагенттердің комбинациясын қолдану ұсынылады [6–9].



Сурет 2. Кальцит бетінде РНРА молекулаларының таралуын электрондық микроскоппен зерттеу.

Figure 2. Study of the distribution of PHPA molecules on the calcite surface using an electron microscope.

Рис. 2. Исследование распределения молекул РНРА на поверхности кальцита с помощью электронного микроскопа.

Асфальтен, гильсонит және графен әртүрлі мақсаттарда қолданылады, соның ішінде сазды жыныстарды тұрақтандыру және ингибирлеу де бар. Аталған типтегі қоспалар ісіну қысымына әсер етпейді. Сонымен қатар, олардың молекулаларының үлкен өлшемдері жынысқа енуге және кеуек кеңістікті бөгеу қалуға мүмкіндік бермейді, сондықтан бұрғылау ерітіндісі фильтратының жынысқа ену деңгейі іс жүзінде төмендемейді.

Жоғары молекулалық полимерлер сияқты, бұл реагенттер де жыныс бетінде әрекет етеді және ұңғыма қабырғаларында пайда болатын микротрещиналарды қалпына келтіруге мүмкіндік береді.

Сахаридтер мен полисахаридтер – бұрғылау ерітіндісінің тұтқырлығын арттыру үшін кеңінен қолданылатын қоспалар. Қажетті концентрацияларда олар бұрғылау ерітіндісі фильтратының жынысқа ену қарқындылығын төмендетуге мүмкіндік береді. Алайда, мұндай бұрғылау ерітінділері биологиялық организмдердің әсерінен ыдырап кетуге бейім, сондықтан оларды бактерицидтермен бірге қолдану қажет.

Полисахаридтер сазды жыныстардың бұзылуын ингибирлеу және ұңғыма саңылауын тұрақтандыру үшін қолдануға ұсынылады. Бұл ұңғымада қысылып қалу қаупін азайтуға және бұрғылау механикалық жылдамдығын арттыруға көмектеседі.

Қолдану шектеуі – қажетті әсерге жету үшін жоғары концентрацияларды (30%-дан жоғары) қажет етуі, бұл бұрғылау ерітіндісінің құнын арттырады және жуу сұйықтығының тұтқырлығын жоғарылатады. Полиолдар (полиэтиленгликольдер және полиглицериндер) сазды жыныстардың бұзылуын ингибирлеуші ретінде кеңінен қолданылды. Олардың бұрғылау ерітіндісін қалыңдату қабілеті фильтратының жынысқа ену мүмкіндігін төмендетеді.

Саздарды ингибирлеу және тұрақтандыру механизмі полимерлерге ұқсас: төмен молекулалық полигликольдер

мен полиглицериндер жыныс құрылымына еніп, әсер етеді, ал жоғары молекулалық түрлері ұңғыма қабырғаларын құрайтын жыныстар бетінде қорғаныш қабатын қалыптастырады [10–12].

Әртүрлі полиолдардың KCl , $NaCl$, $CaCl_2$ сияқты тұздармен комбинациясы сазды жыныстарды тұрақтандыруда синергетикалық әсер көрсетеді.

Бұл әсер сазды жыныс – бұрғылау ерітіндісі шекарасында мембраналық өткізгіштіктің артуы арқылы көрінеді, нәтижесінде осмостық қысым өседі және ерітіндінің су фазасының белсенділігі төмендейді.

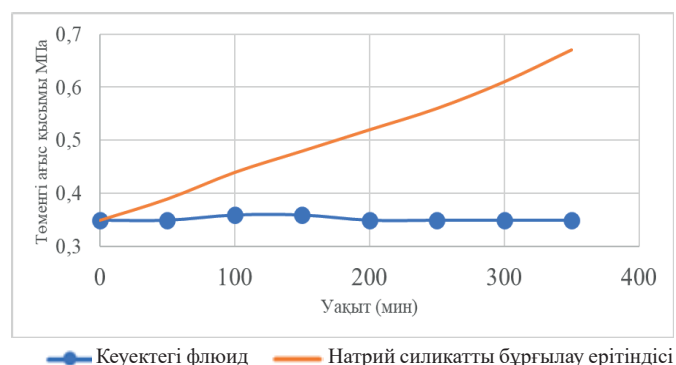
Силикатты бұрғылау ерітінділері өз қасиеттері мен төмен құнының арқасында сазды жыныстарды тұрақтандыруда қолданылады.

Су ерітіндісіндегі силикаттар сазды жыныс құрылымына еніп, көпвалентті иондармен (Ca^{2+} және Mg^{2+}) реакцияға түсіп, ерімейтін шөгінді түзеді.

Судағы натрий силикаты гидролиз бен гидролиз өнімдерінің полимеризациясы нәтижесінде иондар, коллоидтар және молекулалар түрінде болады.

Бейорганикалық коллоидтық заттар бетінде сутегі байланысы арқылы адсорбцияланып, қатты пленка түзеді. Бұл пленка бұрғылау ерітіндісі фильтратының енуіне және сланецтің ісінуіне кедергі келтіреді, сондай-ақ белгілі бір дәрежеде ұсақ жыныстарды нығайтады.

Сонымен қатар, сазды қабатқа енген силикат натриймен әрекеттескенде, натрий силикаты пайда болып, қабаттағы жарықтарды бітейді. Бұл ұңғыма саңылаулары айналасындағы қысымды төмендетуге және ұңғыма қабырғаларын нығайтуға мүмкіндік береді (сурет 3).



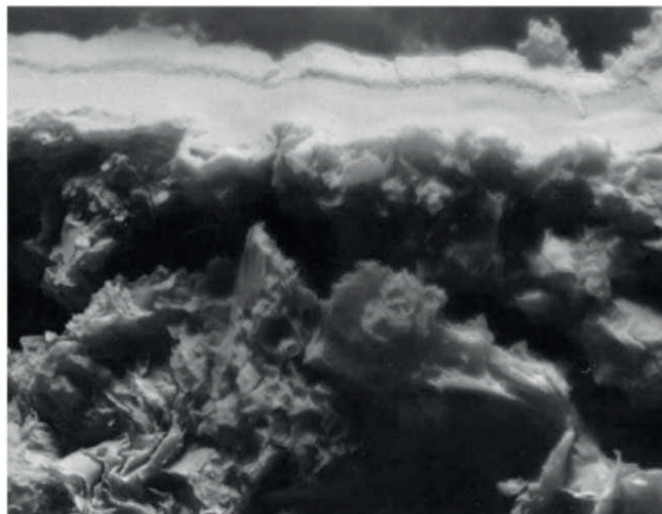
Сурет 3. Қаныққан натрий-силикат негізіндегі бұрғылау ерітіндісін қолдану кезінде ұңғыма маңы кеңістігіндегі қысымның таралуы.

Figure 3. Pressure distribution in the near-wellbore region during the use of a drilling fluid based on saturated sodium silicate.

Рис. 3. Распределение давления в приствольной зоне при использовании бурового раствора на основе насыщенного натрий-силиката.

Силикат жынысқа енген кезде суды кездестіргенде және рН мәні 9-дан төмен болса, дереу гель және шөгінді түзіледі. Олар жарықтар мен кеуектерді бітеп, бұрғылау ерітіндісі фильтратының сланец қабатына әрі қарай енуіне кедергі жасайды.

Сонымен қатар, ұңғыма маңындағы температура 80°-тан жоғары болғанда, силикат пен сазды минерал арасында поликонденсация реакциясы жүреді және цементтелген зат пайда болады, бұл сазды минерал бөлшектерін біріктіріп, ұңғыма қабырғаларын нығайтады (сурет 4).



Сурет 4. Силикатты бұрғылау ерітіндісімен өңделген сазды жыныс үлгісінің фотосуреті, 10 мкм қалыңдықтағы силикат қабатын көрсетеді.

Figure 4. Photograph of a clay rock sample treated with a silicate drilling fluid, showing a silicate layer with a thickness of 10 μm .

Рис. 4. Фотография образца глинистой породы, обработанного силикатным буровым раствором, показывающая силикатный слой толщиной 10 мкм.

Қорытынды

Сазды тау жыныстарын бұрғылау кезінде ұңғыма қабырғаларының тұрақтылығы көбінесе бұрғылау ерітіндісінің физика-химиялық қасиеттеріне және оның жыныспен өзара әрекеттесу сипатына байланысты екені анықталды. Ерітінді параметрлерінің нақты кен орнының тау-геологиялық жағдайларына сәйкес келмеуі ісіну қысымының артуына, кеуектік қысымның өзгеруіне және технологиялық асқынулардың туындауына әкеледі.

Ингибирлеуші реагенттердің әртүрлі механизмдері (иондық алмасу, осмостық реттеу, адсорбция, қорғаныш қабықша түзу) сазды жыныстарды тұрақтандыруда маңызды рөл атқарады. Тұздар, полимерлер, полиолдар, полисахаридтер және силикатты жүйелердің әрқайсысының өзіндік артықшылықтары мен шектеулері бар екені көрсетілді. Әсіресе төмен және жоғары молекулалық реагенттердің үйлесімді комбинациясын қолдану жыныс құрылымын тиімді нығайтуға және фильтрация процесін бақылауға мүмкіндік береді. Осылайша, геологиялық-техникалық талаптарға сай, кешенді түрде негізделген бұрғылау ерітіндісін әзірлеу ұңғыманы табысты бұрғылаудың, өнімсіз уақытты азайтудың және экономикалық тиімділікті арттырудың негізгі шарты болып табылады.

Алғыс

Бұл зерттеулер Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитетінің жобаны орындау шеңберінде орындалды (AP26195345 «Бұрғылау ерітінділері үшін өсімдік майларының гудрондары негізіндегі уыттылығы төмен кешенді мақсаттағы реагенттерді алу»).

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Ермолаева Л. В. Бұрғылау ерітінділерінің механикасы: оқу құралы. – Самара: Самара мемлекеттік техникалық университеті, 2012. – 47 б. (орыс тілінде)
2. Чудинова И. В. Тұрақсыз сазды жыныстарда барлау ұңғымаларын бұрғылауға арналған полимерлі жуғыш сұйықтықтардың құрамын негіздеу және әзірлеу. – 2019. – Б. 23–24 (орыс тілінде)
3. Бұрғылау ерітіндісінің сіңірілуін төмендетуге арналған жеңілдетілген полимерлі құрам / Г. Ж. Бимбетова [және т. б.] // ҚазТБҰ хабаршысы. – 2025. № 1 (22). – Б. 481–491 (қазақ тілінде)
4. Abasov M. T., Strekov A. S., Efendiev G. M. Мұнай ұңғымаларындағы су ағынын шектеу тиімділігін арттыру. – Baku: Nafta-Press, 2009. – 256 б. (ағылшын тілінде)
5. Газды сланецтің құлау (опырылу) қысымын зерттеу / С. L. Yan [және т. б.] // Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering. – 2013. – Б. 1595–1602 (ағылшын тілінде)
6. Ананьев А. Н. Бұрғылау ерітінділері бойынша инженерлерге арналған оқу құралы. – Волгоград, 2000. – 139 б. (орыс тілінде)
7. Бахов Ф. Н. Na⁺-монтмориллонитте органофильді қабаттардың түзілуі және олардың құрылымының нанокомпозиттердегі полиолефиндердің толтырғышпен үйлесімділігіне әсері: техн. ғыл. канд. ғылыми дәрежесін алу үшін дайындалған диссертацияның авторефераты: 02.00.06. – Мәскеу, 2007. – 183 б. (орыс тілінде)
8. Paratchos E. Анизотропты кернеулер жағдайындағы құмтаста ұңғыма қабырғасының бұзылуын талдау // International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics. – 2010. – Б. 581–603 (ағылшын тілінде)
9. Қабатты тақтатас жыныстарында жоғары ауытқыған ұңғымалардың тұрақтылығы / К. Zhao [және т. б.] // Science Technology and Engineering. – 2013. – Б. 1147–1159 (ағылшын тілінде)
10. Микросфералар мен микросиликаны қолдана отырып, жеңіл цемент иламының құрамын жасау / А. А. Kabdushev [және т. б.] // SOCAR Proceedings. – 2025. – № 2. – Б. 40–47 (ағылшын тілінде)

11. Мақта майын өндіруден алынған қайталама ресурстарға негізделген композицияларды қолдана отырып, бұрғылау сұйықтығының қасиеттерін зерттеу / S. M. Yermenov [және т. б.] // SOCAR Proceedings. – 2025. – № 1. – Б. 10–16 (ағылшын тілінде)
12. Көп қабырғалы көміртекті нанотүтікшелерді эксперименттік зерттеу мұнайдың қалпына келуін жақсарту үшін беттік-белсенді заттардың/полимерлердің су басуына ықпал етті / J. Razavinezhad [және т. б.] // Journal of Petroleum Science and Engineering. – 2022. – Т. 214. – 110370 (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. Yermolaeva L. V. Mekhanika burovyykh rastvorov: uchebnoe posobie [Mechanics of Drilling Fluids: study guide]. Samara: Samara State Technical University, 2012. – 47 p. (in Russian)
2. Chudinova I. V. Obosnovanie i razrabotka sostavov polimernykh promyvochnykh zhidkostei dlya bureniya razvedochnykh skvazhin v neustoychivyykh glinistykh porodakh [Substantiation and Development of Polymer Drilling Fluid Compositions for Drilling Exploration Wells in Unstable Clay Formations]. 2019. – P. 23–24 (in Russian)
3. Lightweight Polymer Composition for Reducing Drilling Fluid Losses / G. Zh. Bimbetova et al. // KazUTB Bulletin. – 2025. No. 1 (22). – P. 481–491 (in Kazakh)
4. Abasov M. T., Strekov A. S., Efendiev G. M. Improving the efficiency of water inflow control in oil wells. – Baku: Nafta-Press, 2009. – 256 p. (in English)
5. Study on the Collapse Pressure of Gas Shale / C. L. Yan et al. // Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering. – 2013. – P. 1595–1602 (in English)
6. Ananyev A. N. Uchebnoe posobie dlya inzhenerov po burovym rastvoram [A Study Guide for Drilling Fluid Engineers]. Volgograd, 2000. – 139 p. (in Russian)
7. Bakhov F. N. Formirovanie organofil'nykh sloev na Na⁺-montmorillonite i vliyanie ikh struktury na sovmestimost' poliolefinov s napolnitelem v nanokompozitakh [Formation of organophilic layers on Na⁺-montmorillonite and the influence of their structure on the compatibility of polyolefins with fillers in nanocomposites]: Abstract of PhD dissertation in Technical Sciences: 02.00.06. – Moscow, 2007. – 183 p. (in Russian)
8. Papamichos E. Borehole Failure Analysis in a Sandstone under Anisotropic Stresse // International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics. – 2010. – P. 581–603 (in English)
9. Borehole Stability of Highly Deviated Wells I Bedded Shale / K. Zhao et al. // Science Technology and Engineering. – 2013. – P. 1147–1159 (in English)
10. Development of the composition of lightweight cement slurry using microspheres and microsilica / A. A. Kابدushev et al. // SOCAR Proceedings. – 2025. – No. 2. – P. 40–47 (in English)
11. Investigation of the properties of drilling fluid using compositions based on secondary resources from cottonseed oil production / S. M. Yermenov et al. // SOCAR Proceedings. – 2025. – No. 1. – P. 10–16 (in English)
12. Experimental investigation of multi-walled carbon nanotubes assisted surfactant/polymer flooding for enhanced oil recovery / J. Razavinezhad et al. // Journal of Petroleum Science and Engineering. – 2022. – Vol. 214. – Article 110370 (in English)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ермолаева Л. В. Механика буровых растворов: учебное пособие. – Самара: Самарский государственный технический университет, 2012. – 47 с. (на русском языке)
2. Чудинова И. В. Обоснование и разработка составов полимерных промывочных жидкостей для бурения разведочных скважин в неустойчивых глинистых породах. – 2019. – С. 23–24. (на русском языке)
3. Облегченный полимерный состав для снижения поглощения бурового раствора / Г. Ж. Бимбетова [и др.] // Вестник КазТБУ. – 2025. – № 1 (22). – С. 481–491 (на казахском языке)
4. Abasov M. T., Strekov A. S., Efendiev G. M. Повышение эффективности регулирования притока воды в нефтяные скважины. – Baku: Nafta-Press, 2009. – 256 с. (на английском языке).
5. Исследование давления обрушения газонасного сланца / C. L. Yan [и др.] // Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering. – 2013. – С. 1595–1602 (на английском языке)
6. Ананьев А. Н. Учебное пособие для инженеров по буровым растворам. – Волгоград, 2000. – 139 с. (на русском языке)
7. Бахов Ф. Н. Формирование органофильных слоев на Na⁺-монтмориллоните и влияние их структуры на совместимость полиолефинов с наполнителем в нанокompозитах: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 02.00.06. – Москва, 2007. – 183 с. (на русском языке)

8. *Paramichos E. Анализ разрушения стенок скважины в песчанике при анизотропных напряжениях // International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics. – 2010. – С. 581–603 (на английском языке)*
9. *Устойчивость высокоотклоненных скважин в слоистых сланцевых породах / K. Zhao [и др.] // Science Technology and Engineering. – 2013. – С. 1147–1159 (на английском языке)*
10. *Разработка состава легкого цементного раствора с использованием микросфер и микрокремнезема / A. A. Kabdushev [и др.] // SOCAR Proceedings. – 2025. – № 2. – С. 40–47 (на английском языке)*
11. *Исследование свойств бурового раствора с использованием композиций на основе вторичных ресурсов производства хлопкового масла / S. M. Yermenov [и др.] // SOCAR Proceedings. – 2025. – № 1. – С. 10–16 (на английском языке).*
12. *Экспериментальное исследование процесса заводнения многостенных углеродных нанотрубок поверхностно-активным веществом/полимером с целью повышения нефтеотдачи пластов / J. Razavinezhad [и др.] // Journal of Petroleum Science and Engineering. – 2022. – Т. 214. – Ст. 110370 (на английском языке)*

Авторлар туралы мәліметтер:

Бекбаева Г. С., Ph.D докторант, «Мұнайгаз ісі» кафедрасы, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті КеАҚ (Шымкент қ., Қазақстан), bekbayeva.gulnaz@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0004-9485-9381>

Боташев Е. Т., Ph.D, қауымдастырылған профессор «Мұнайгаз ісі» кафедрасының доценті, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті КеАҚ (Шымкент қ., Қазақстан), ersultanbotashev@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5090-3142>

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

Жантасов М. К., т. ғ. к., профессор, «Мұнайгаз ісі» кафедрасының меңгерушісі, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті КеАҚ (Шымкент қ., Қазақстан), manapjk80@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5633-1640>

Information about the authors:

Bekbayeva G. S., Ph.D doctoral of the Department «Oil and gas business», Non-profit joint-stock company «M. Auezov South Kazakhstan University» (Shymkent, Kazakhstan)

Botashev Ye. T., Ph.D, Associate Professor, Associate Professor of the Department «Oil and gas business», Non-profit joint-stock company «M. Auezov South Kazakhstan University» (Shymkent, Kazakhstan)

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

Zhantasov M. K., Candidate of Technical Sciences, Professor, Head of the Department «Oil and gas business», Non-profit joint-stock company «M. Auezov South Kazakhstan University» (Shymkent, Kazakhstan)

Сведения об авторах:

Бекбаева Г. С., Ph.D докторант кафедры «Нефтегазовое дело», НАО «Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова» (г. Шымкент, Казахстан)

Боташев Е. Т., Ph.D, ассоциированный профессор, доцент кафедры «Нефтегазовое дело», НАО «Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова» (г. Шымкент, Казахстан)

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

Жантасов М. К., к. т. н., профессор, заведующий кафедрой «Нефтегазовое дело», НАО «Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова» (г. Шымкент, Казахстан)