

Код МРНТИ 52.47.15

С. М. Ерменов, В. П. Бондаренко, В. Г. Голубев, *А. С. Садырбаева
М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті (Шымкент қ., Қазақстан)

ҰҢҒЫМАЛАРДЫ БҰРҒЫЛАУҒА АРНАЛҒАН МЕТАЛЛУРГИЯЛЫҚ ӨНДІРІСТЕРДІҢ ҚАЛДЫҚТАРЫ НЕГІЗІНДЕ АУЫРЛАТЫЛҒАН БҰРҒЫЛАУ ЕРІТІНДІЛЕРІ

Аннотация. Мақалада мақта майының сабындалған гудронынан алынған модификацияланған ұнтақ тәрізді реагент (ҰР) негізіндегі бұрғылау ерітіндісі зерттеледі. Модификацияланған ҰР қолдана отырып, су негізіндегі ерітіндісінің қасиеттерін зерттеудің эксперименттік нәтижелері сипатталған. Суда еритін ҰР қолдану оны экологиялық таза аналогтар ретінде қолданудың кең перспективасын ашады. Бұрғылау ерітіндісінің құрылымдық-реологиялық, сұзу қасиеттерін жақсарту үшін металлургиялық өндіріс қалдықтарын қолдану мүмкіндігі анықталды. Осыған байланысты бұл зерттеудің өзектілігі айқын, өйткені оны жүзеге асыру нәтижесінде ерітіндінің тұтқырлығы мен тиксотропты құрылымын реттегіштер, сұзуді (су берілісі) төмендеткіштер үшін өсімдік майларының қалдықта-рынан экологиялық қауіпсіз реагенттер алынады.

Түйінді сөздер: бұрғылау, бұрғылау ерітіндісі, ұнтақ тәрізді реагент, реологиялық қасиеттер, металлургиялық өндіріс қалдығы, су берілісі.

Weighted drilling fluids based on metallurgical waste for drilling wells

Abstract. The paper examines a drilling fluid based on a modified powdered reagent (PR) obtained from saponified cottonseed oil tar. Experimental results of studying the properties of a water-based drilling fluid using the modified PR are described. The use of water-soluble PR opens up broad prospects for its application as an environmentally friendly alternative. The possibility of using metallurgical slag additives to improve the structural, rheological, and filtration properties of the drilling fluid has been established. Therefore, the relevance of this study is obvious, as its implementation will lead to the production of environmentally safe reagents from waste vegetable oils for viscosity regulators, thixotropic structure regulators, and filtration (fluid loss) reducers.

Key words: drilling, drilling mud, powdered reagent, rheological properties, metallurgical slag, water recovery.

Утяжеленные буровые растворы на основе отходов металлургических производств для бурения скважин

Аннотация. В работе исследуется буровой раствор на основе модифицированного порошкообразного реагента (ПР), полученного из омыленного гудрона хлопкового масла. Описаны экспериментальные результаты исследования свойств бурового раствора на водной основе с использованием модифицированного ПР. Использование водорастворимого ПР открывает широкую перспективу его применения в качестве экологически чистых аналогов. Установлена возможность применения добавки металлургического шлака для улучшения структурно-реологических, фильтрационных свойств бурового раствора. В связи с этим актуальность данного исследования очевидна потому, что в результате его реализации будут получены экологически безопасные реагенты из отходов растительных масел для регуляторов вязкости и тиксотропной структуры раствора, понизителей фильтрации (водоотдачи).

Ключевые слова: бурение, буровой раствор, порошкообразный реагент, реологические свойства, металлургический шлак, водоотдача.

Кіріспе

Бүгінгі таңда мұнай және газ ұңғымаларын бұрғылау кезінде жаңа химиялық реагенттердің, атап айтқанда су негізіндегі бұрғылау ерітінділері үшін бірнеше функционалды қасиеттері бар реагенттердің отандық шикізатын пайдалану негізінде синтездеудің болашағы үлкен және сұранысқа ие бағыт болып табылады.

Ұңғымаларды салу кезінде бұрғылау ерітінділері маңызды рөл атқарады. Бұрғылау ерітінділерінің қасиеттерін жақсарту үшін оларға ұңғыма окпанының тау-кен-геологиялық жағдайларына, сондай-ақ олардың атмосфераға, топыраққа және жер асты суларына ең аз теріс әсеріне негізделген ұңғымаларды бұрғылау процестерінің технологиялылығын қанағаттандыратын әртүрлі химиялық реагенттер қосылады.

Бұрғылау ерітінділері экологиялық таза және ластаушы заттардың ең аз мөлшерін камтуы керек. Бұл мәселеге үлкен назар аударылады, экологиялық таза, биоыдырайтын бұрғылау ерітінділерінің қоспаларын жасауға бағытталған балама шешімдер зерттелуде. Осылайша, елімізде жүргізіліп жатқан экологиялық саясатқа толық сәйкестік орнатылады. Бұл саясаттың негізгі принциптері келесідей [1–3]:

- технологиялық қызметтің қолданыстағы табиғи экожүйелерге әсерін барынша азайту;
- табиғатты үнемдейтін технологияларды қолдану;
- жұмыстарды орындау кезінде қоршаған ортаға сыртқы және ішкі әсерлерді азайту;
- жұмыстар аяқталған кезде табиғи ортаның құрамдас бөліктерін жаңарту.

Соңғы онжылдықта реагенттерді ұтымды тандау, әдетте, өсімдік негізіндегі бұрғылау ерітінділері үшін уыт-

тылықтың 4 класы барған сайын бәсекеге қабілетті бола бастады, өйткені оларды қолдану арқылы ұңғымаларды бұрғылау және бекіту экономикалық және экологиялық тұрғыдан тиімдірек [4, 5].

Кәсіпшіліктен алынған материалды талдау [6] тау жыныстарының тұрақсыздығының негізгі себебі олардың жуу сұйықтығының сүзгісімен физикалық-химиялық әрекеттесуі екенін көрсетті. Бұрғылау ерітіндісінің сүзгісі жарықтар мен кеуектер арқылы қабатқа терең еніп, тау жыныстарының ісінуіне әкеледі, нәтижесінде үлкен жару күштері пайда болады.

Ұңғымалар қабырғаларының тұрақсыздығымен күресудің ең қолайлы әдісі-су негізіндегі сазды ерітінділерді қолдану технологиясын жетілдіру. Бұрғылау ерітіндісіне функционалды мақсаттағы кешенді реагенттерді қосу тығыздық, шартты тұтқырлық, су беру және статикалық ығысу кернеуінің көрсеткіштерін жақсартады. Бұрғылау ерітіндісінің жоғары су бергіштігі олардың сазды минералдары бар коллекторларда ісінуіне әкеледі және нәтижесінде ұңғыма қабырғаларының тұрақсыздығына және қиындықтарға әкеледі [5, 6].

Бүгінде елімізде СНЕ дайындау үшін кешенді әсер ететін ұнтақты реагенттерді қоспағанда, ерітінді қасиеттерін тұрақтандыруға арналған бірқатар химиялық реагенттер бар. Авторлардың зерттеулері [7] осы салада өсімдік негізіндегі химиялық реагенттерді қолдану бәсекеге қабілетті бола бастағанын көрсетеді, өйткені оларды қолдану арқылы ұңғымаларды бұрғылау экономикалық және экологиялық тұрғыдан тиімдірек.

Түркістан облысында мақта-тоқыма кластері құрылған арнайы экономикалық аймақ жұмыс істейді. 2024 жылдың

деректері бойынша мақта егіс алқабы 111,4 мың га құрайды, мақта майын өндіру көлемі 19,5 мың тоннаға дейін ұлғайтылатын болады¹. Мақта майын өндіру көлемінің өсуіне байланысты мақта гудроны – қалдықтарының (май қышқылдарын дистилляциялау гудроны) жыл сайынғы көлемі ұлғаятын болады.

Ғылыми еңбектерде [4, 8] өсімдік немесе жануарлар майларының, не болмаса олардың қоспаларының соап-токтарынан май қышқылдарын дистилляциялау нәтижесінде пайда болатын жанама өнімдер болып табылатын май кәсіпорындарының гудрондары немесе текше қалдықтары зерттелді.

Госсиполды шайыр негізіндегі бұрғылау ерітінділеріне арналған көпфункционалды ұнтақты реагент алу үшін әзірленген технология [9] мөлшерлеу мен араластырудың, тасымалдаудың технологиялық процестерін оңтайландыруға, бұрғылау ерітінділерін дайындаудың механикаландыру дәрежесін және жеделдігін арттыруға мүмкіндік берді.

Осыған байланысты бұл зерттеудің өзектілігі айқын, өйткені оны жүзеге асыру нәтижесінде ерітіндінің тұтқырлығы мен тиксотропты құрылымын реттегіштер, сүзуді (су бергіштік) төмендеткіштер үшін өсімдік майларының қалдықтарынан экологиялық қауіпсіз химиялық реагенттер алынады. Жергілікті ресурстар негізінде көпфункционалды ұнтақ тәрізді реагенттерді өндіру осы өнімді алу кезінде мемлекеттің шығындарын едәуір арзандатады.

Зерттеу әдістері

Зерттеу үшін материалдар ретінде келесі қоспалар қолданылды:

- Дарбаза кен орнының сазынан алынған бентонит – құрылым тұзуші, реологияны реттеуші және бұрғылау ерітіндісінің су бергіштігін төмендетуші, қабық тұзуші компонент;

- натрикарбоксиметилцеллюлоза (**Na-KMЦ**) – тұтқырлық сипаттамаларын арттыра отырып, бұрғылау ерітіндісінің сүзілуін азайту үшін қолданылады;

- кальцийленген сода – кальций катиондарын тұндыру арқылы судың қаттылығын төмендетуге арналған.

- полиакрилонитрилге негізделген модификацияланған сополимер (ПАН) (натрий гидроксиді қоспасының қатысуымен гидролиз әдісімен алынған) және винилсульфон қышқылы – бұрғылау ерітіндісінің тау жынысы арқылы өту жылдамдығын төмендетуге, ерітіндінің сіңу көлемін азайтуға және саз қабығының жабысқақтығын төмендетуге ықпал етеді [10];

- металлургиялық қож (МШ) – тиімді, суда еритін және экологиялық қауіпсіз компонент, бұрғылау ерітіндісін ауырлатуға, термотұрақтылыққа және сүзу сипаттамаларын төмендетуге арналған.

Модификацияланған ұнтақ тәрізді ерітіндіні ықтимал қолдануды анықтау үшін СНЕ-нің реологиялық параметрлері, сондай-ақ оның сүзу көрсеткіштері зерттелді.

Зертханалық жағдайда ҚР СТ ISO 10416-2012 «Мұнай және газ өнеркәсібі. Бұрғылау ерітінділері. Зертханалық сынақтар» бойынша (20 ± 2) °С температурада аттеста-

циядан өткен өлшеу әдістемелерін қолданумен бұрғылау ерітінділерінің технологиялық параметрлері өлшенді.

Бұрғылау ерітіндісінің тығыздығы тығыздық өлшегіштің көмегімен анықталды. Шартты тұтқырлықты анықтау үшін ВБР-2 вискозиметрі қолданылды. Сүзуді анықтау үшін сүзгі элементіндегі қысымның 0,7 МПа айырмашылығын қамтамасыз ететін сүзу аймағының ауданы ($45,8 \pm 0,6$) см² болатын сүзгі пресси пайдаланылды. Реологиялық қасиеттері коаксиалды өлшеу цилиндрлерімен жабдықталған 8 жылдамдықты айналмалы вискозиметрдің көмегімен анықталды. Ерітіндінің тұрақтылығы ЦС-2 тұрақтылық цилиндрінің көмегімен бағаланды [9].

Саз ұнтағы алдын ала модификацияланып, содан кейін шарлы диірменде ұнтақталды. Модификатор ретінде модификацияланған саз ұнтақтарын өндіруде дәстүрлі түрде пайдаланылатын кальцийнирлі сода қолданылды. Шарлы диірменде ұнтақтау кезінде кальцинирлі содамен өңдеу ерітіндінің орташа өлшенген шығымдылығын арттырады ($9,4 \text{ м}^3/\text{т}$), бұл өзгертілмеген саз ұнтақтарымен салыстырғанда 130% жоғары.

Зертханалық жағдайда сазды суспензия араластырғыштың айналу жылдамдығын (8000 ± 1600) айн/мин 20 минут ішінде қамтамасыз ететін зертханалық араластырғыш қондырғының көмегімен ағын суда модификацияланған саз ұнтағын (МСҰ) еріту арқылы дайындалды. Алынған сазды суспензия саз бөлшектерін толық ылғалдандыру және ісіну үшін бөлме температурасында 24 сағатқа қалдырылды. 24 сағаттан кейін сазды суспензия 60 минут ішінде араластырғыш қондырғыда араластырғыштың (8000 ± 1600) айн/мин айналу жылдамдығымен араластырылды. Осыдан кейін суспензияға полиакрилонитрилге негізделген модификацияланған сополимердің 0,1% енгізілді.

Саз ұнтағы негізінде дайындалған сазды суспензия келесі көрсеткіштерге ие болды: тығыздығы 1050 кг/м³; шартты тұтқырлық – 35 с; рН – 9,6; ЫСК (статикалық ығысу кернеуі) 1/10 – 20/50 мг/см², сүзу қабығы – 4,5 мм. Саз негізіндегі суспензияның су бергіштік мәні жоғары екендігі анықталды, оны тұрақтандырғыштармен өңдеу арқылы азайтуға болатыны анықталды [11].

Бүгінгі таңда бұрғылау кезінде барит пен гематит бұрғылау ерітінділерін ауырлату үшін қолданылады, бірақ гематит өте абразивті және бұрғылау бағанында ұңғымадағы құбыр кеңістігін тарылтатын өсімділер түзе отырып магниттелуі мүмкін, сондықтан оны баритпен алмастырады. Баритті ең жақсы ауырлатқыш деп те атауға болмайды, өйткені оны пайдалану кезінде бұрғылау ерітіндісі мен сүзгідегі қатты фазаның мөлшері максималды болады және қышқылмен өңдеу кезінде азаймайды [10]. Қазіргі уақытта көптеген шетелдік фирмалар целестин концентратын ауырлатқыш ретінде қолдануға көшті, ол абразивтілігі төмен, тығыздығы жоғары және басқа көрсеткіштердің арқасында белгілі ауырлатқыштардан асып түседі. Baker Hughes компаниясымен балама ауырлатқыш материал ұсынылады – марганец тетраоксиді, қызыл-коңыр түсті ұсақ түйіршікті ұнтақ түрінде жеткізіледі [9], минералдың тығыздығы 4,8 г/см³.

¹Түркістан облысының әкімдігі. Түркістан облысында мақта-тоқыма кластерін құру: ресми сайт. 2023. – URL: <https://www.s-cica.org/docs/345090575655592a3771eb.pdf> (қаралған күні: 24.12.2025 г.).

Осыған байланысты бұл зерттеудің өзектілігі айқын, өйткені оны жүзеге асыру нәтижесінде ерітіндінің тұтқырлығы мен тиксотропты құрылымын, сұзу (су бергіштік) төмендеткіштерін реттеу мақсатында өсімдік майларының қалдықтарынан СНЕ үшін экологиялық қауіпсіз химиялық реагенттер алынады. Металлургиялық қож қоспалары бұрғылау ерітінділерін ауырлату үшін белгілі аналогтарды алмастыруға мүмкіндік береді. Алдын ала экономикалық бағалау көрсеткендей, 1 тонна барит концентратының бағасы 111 мың теңгені құрайды, ал металлургиялық қождың құны 6,8 мың теңгені құрайды. Бұл соңғысын экономикалық тұрғыдан тиімді етеді. Жергілікті ресурстар негізінде көпфункционалды ұнтақ тәрізді реагенттерді өндіру осы өнімді алу кезінде мемлекеттің шығындарын едәуір арзандатады.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау

Осы зерттеу аясында бұрғылау ерітінділерінің қасиеттерін тұрақтандыру және жақсарту үшін әртүрлі қоспалардың әсерін анықтау мақсатында эксперименттер жүргізілді.

Бұрғылау ерітіндісіне ұнтақ тәрізді реагенттен (ҰР) басқа тұрақтандырғыш реагенттер қосылды: полиакрилонитрилге негізделген модификацияланған сополимер, жоғары молекулалы Na-карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ), металлургиялық өндірістердің қожы және Дарбаза кен орнының саздарынан бентонит.

Зерттеудің бірінші кезеңінде тығыздығы, тұтқырлығы, су тиімділігі, статикалық ығысу кернеуі, бұрғылау ерітіндісінің рН мөлшері ҰР және МСП құрамынан анықталды.

Зерттеулер бұрғылау ерітіндісіне модификацияланған полиакрилонитрилді сополимер (МСП) қосу арқылы жүргізілді [9]. 1 кестеде полиакрилонитрилге негізделген модификацияланған сополимер концентрациясының бұрғылау ерітіндісінің қасиеттеріне әсері бойынша зерттеу нәтижелері ұсынылған.

Эксперименттік зерттеулердің нәтижелерін талдау МСП концентрациясының оңтайлы аралығы 0,75–1,0% құрайтынын көрсетті.

Зерттеудің екінші кезеңінде тығыздығы, тұтқырлығы, су бергіштігі, статикалық ығысу кернеуі, бұрғылау ерітіндісіндегі ҰР және МСП кешенінің құрамындағы ерітіндінің рН мәндері анықталды.

Нәтижесінде КМЦ төмендегідей көрсеткіштерге ие болды: судың массалық үлесі – 8%; карбоксиметил топтары бойынша алмастыру дәрежесі – 0,82; абсолютті құрғақ техникалық өнімдегі негізгі заттың массалық үлесі – 58,5%; абсолютті құрғақ техникалық өнімге есептегенде суда ерігіштік – 96,5%; Сулы ерітіндінің сутегі көрсеткіші – рН = 11; полимерлену дәрежесі – 600.

Сулы ерітіндінің тығыздығы, тұтқырлығы, ЫСК және су бергіштіктің КМЦ + ҰР концентрациясына тәуелділігін зерттеу нәтижелері бұрғылау ерітіндісіндегі ұнтақ тәрізді реагенттің артуымен тығыздық, тұтқырлық және статикалық ығысу кернеуінің төмендейтінін көрсетеді. Тек су шығымдылығының артуы байқалады. КМЦ артқан сайын тығыздық, тұтқырлық, ЫСК артуы және су берілісінің төмендеуі байқалады. Осы заңдылықтарды ескере отырып, 84–90 аралығындағы КМЦ + ҰР құрамы бар ерітіндіні ең қолайлы деп есептеуге болады.

Бұл рецепттердің ішіндегі ең қолайлысы құрамында 86 бастап 92% дейінгі ұнтақ тәрізді реагент және 8 бастап 14% дейінгі мөлшердегі **Na-КМЦ** болатын қоспалар болып табылады. Жинақ құрамында **Na-КМЦ** 2 бастап 6% дейін тұтқырлық және статикалық ығысу кернеуі 10% дейін болған кезде – бұрғылау ерітіндісі салыстырмалы түрде төмен көрсеткіштерге ие болады және бұрғылау шламының толық шығарылуын қамтамасыз ете алмайды. Жоғарыда көрсетілген концентрацияларда су бергіштігі өте жоғары, бұл бұрғылау ерітіндісінің өткізгіштігін едәуір арттырады және оның шығынын арттырады.

Құрамындағы **Na-КМЦ** мөлшері 6-дан 14%-ға дейін артқан кезде бұрғылау ерітінділерінің барлық технологиялық көрсеткіштері қалыпқа келтіріледі және оларды қалыптан тыс төмен қабаттық қысымды қабаттарды бұрғылау кезінде мұнай-газ ұңғымаларын бұрғылау кезінде

Кесте 1

Полиакрилонитрилге негізделген модификацияланған сополимер концентрациясының бұрғылау ерітіндісінің қасиеттеріне әсері

Table 1

Effect of the concentration of a modified polyacrylonitrile-based copolymer on the properties of drilling mud

Таблица 1

Влияние концентрации модифицированного сополимера на основе полиакрилонитрила на свойства бурового раствора

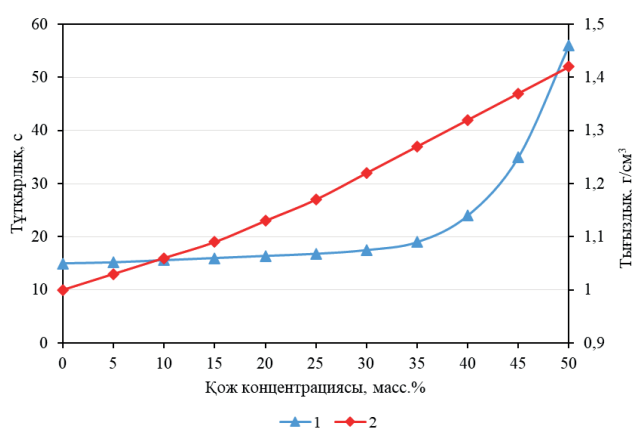
МПС концентрациясы, %	0	0,05	0,1	0,25	0,5	0,75	1,0
Шартты тұтқырлық, с	35,0	37,0	38,0	41,0	43,0	47,0	55,02
Тығыздық, кг/м ³	1050	1053	1055	1055	1060	1060	1065
Су берілісі, см ³ /30 мин	20	15,0	13,5	12,25	11,0	7,5	6,8
Статикалық ығысу кернеуі	1 мин	20	65	66	68	70	76
	10 мин	50	68	70	72	74	79
Фильтрациялық қабық қалыңдығы, мм	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,5	2,0
рН	9,6	9,7	9,7	9,8	9,9	10,0	10,0

қолдануға болады. **Na-КМЦ** мөлшерінің одан әрі 14%-дан артық өсуімен, тығыздығы мен БСК жоғарылағанына және су бергіштіктің төмендегеніне қарамастан, тұтқырлық мәндерінің жоғарылауы бұрғылау жылдамдығы мен еңбек өнімділігінің төмендеуіне әкеледі, әсіресе қалыптан тыс төмен қысымды ұңғымаларды бұрғылау кезінде. Демек, бұрғылау жағдайларына байланысты практикалық қолдану үшін жаңадан жасалған ерітінді рецептурасынан қажетті композицияны таңдауға болады деп қорытынды жасауға болады.

Осылайша, төмен қысымды мұнай-газ ұңғымаларын бұрғылау кезінде қолданылатын жеңілдетілген бұрғылау ерітінділерін дайындау үшін жергілікті шикізат пен өндіріс қалдықтарынан алынған КМЦ + ҰР бұрғылау ерітінділерінің құрамы эксперименталды түрде расталды. Бұл әртүрлі геологиялық – техникалық жағдайларда ұңғымаларды бұрғылау үшін бұрғылау ерітіндісінің бөлігі ретінде ұнтақ тәрізді реагентті пайдаланудың тиімділігі туралы біздің болжамдарымызды растайды.

Зерттеудің келесі кезеңі олардың тығыздығы мен ыстыққа төзімділігін арттыру үшін бұрғылау ерітінділерінде ұсақ дисперсті металлургиялық шлактарды қолдану мүмкіндігіне бағытталған.

Тәжірибелерде полиметалл кендерін байыту қалдықтары – «Ачполиметалл» АҚ доломит – барий «қалдықтары» пайдаланылды. Зертханалық жағдайда металлургиялық қождың (МК) химиялық құрамы, шынайы тығыздығы, ауырлату қабілеті, абразивтілігі және суда ерігіштігі көрсеткіштері анықталды. Қалдықтардың химиялық құрамы тұрақтылықпен сипатталады және масс. % ұсынылған: SiO_2 – 4,34–6,0; Al_2O_3 – 0,98–1,2; Fe_2O_3 – 2,86–3,5; CaO – 27,79–29,0; MgO – 14,45–16,3; $BaSO_4$ – 12,7–13,5; FeS_2 – 1,39–1,5; $PbSO_4$ – 0,03–0,05; $PbCO_3$ – 0,09–1,2; PBS – 0,14–0,2; ппп – 35,25–37,0 [11]. Шынайы тығыздық – 2800 кг/м³; ауырлық күші – 34%; абразивтілік – 0,9; суда ерігіштік – 0,2%.



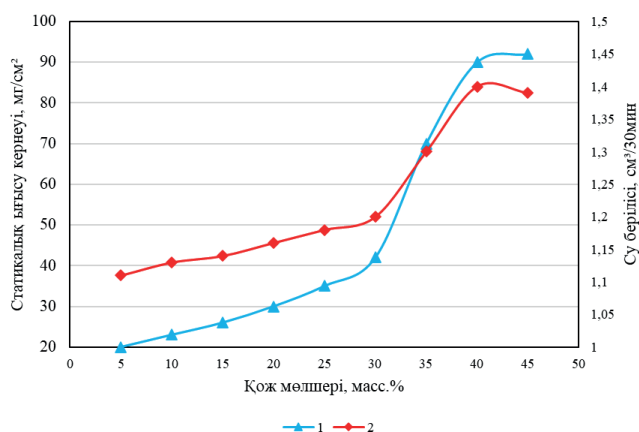
Сурет 1. Тығыздық пен тұтқырлықтың судағы кож концентрациясына тәуелділігі. 1 – тұтқырлық; 2 – тығыздық.

Figure 1. Dependence of density and viscosity on slag concentration in water. 1 – viscosity; 2 – density.

Рис. 1. Зависимость плотности и вязкости от концентрации шлака в воде. 1 – вязкость; 2 – плотность.

Эксперименттік деректерді талдау көрсеткендей, қож суда еріген кезде оның тығыздығы 1007 бастап 1800 кг/м³ дейін артады. Тұтқырлық параметрі 35% концентрацияда аздап артады, содан кейін тұтқырлықтың жоғарылауы байқалады және 50% концентрацияда 60 с параметріне жетеді (сурет 1).

Металлургиялық қождың КМЦ + ҰР бұрғылау ерітінділерінің негізгі технологиялық параметрлеріне әсерін зерттеу (сурет 2, 3).



Сурет 2. Бұрғылау ерітіндісінің КМЦ/ҰР (2/98) қоспасымен металлургиялық кож концентрациясынан тығыздығы мен тұтқырлығының тәуелділігі. 1 – тұтқырлық; 2 – тығыздық.

Figure 2. Dependence of the density and viscosity of drilling mud on the concentration of metallurgical slag with a mixture of CMC/PR (2/98). 1 – viscosity; 2 – density.

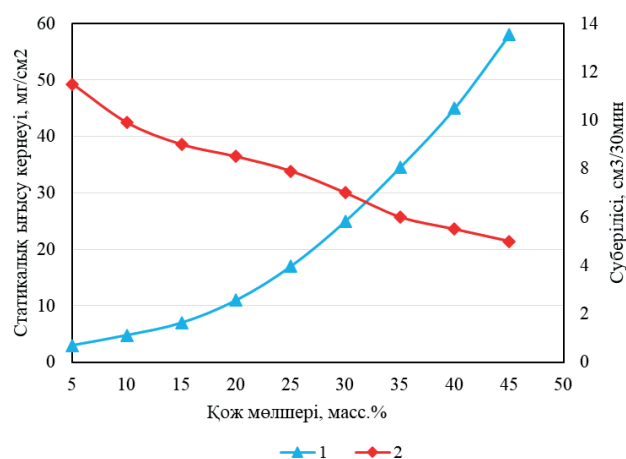
Рис. 2. Зависимость плотности и вязкости бурового раствора от концентрации металлургического шлака со смесью КМЦ/ПР (2/98). 1 – вязкость; 2 – плотность.

Ұнтақ тәрізді реагент ҰР және эксперименттік жолмен алынған тұрақтандырғыш қоспаларға негізделген бұрғылау ерітінділерінің негізгі технологиялық қасиеттерін қарастыра отырып модификацияланған мақта гудроны мен тұрақтандырғыш қоспалар негізіндегі ұнтақ тәрізді реагентті бұрғылау ерітіндісіне енгізу су негізіндегі бұрғылау ерітіндісінің қасиеттеріне оң сапалы өзгерістер әкелетінін көруге болады. Бұл ретте сүзу көрсеткішінің төмендеуіне және құрылымдық-реологиялық қасиеттердің тұрақтануына қол жеткізіледі, бұл мұнай және газ ұңғымаларын бұрғылаудың тау-кен-геологиялық жағдайларын ескере отырып, әрбір нақты жағдай үшін реагент пен қоспаларды таңдауды жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

Қорытынды

Ұңғымаларды бұрғылау кезінде түрлі қиындықтардың алдын алу және болдырмау мәселелерін жоюға мүмкіндік беретін ұнтақ тәрізді модификацияланған мақта гудроны мен тұрақтандырғыш қоспалар негізінде экологиялық қауіпсіз бұрғылау ерітіндісі алынды.

Ұнтақ тәрізді модификацияланған мақта гудроны мен су негізіндегі бұрғылау ерітіндісіне оң сапалы өзгерістер



Сурет 3. Бұрғылау ерітіндісінің КМЦ/ҰР қоспасымен металлургиялық кож концентрациясынан су бергіштік пен БСК тәуелділігі. 1 – БСК; 2 – су бергіштік.

Figure 3. Dependence of water absorption and SS on the concentration of metallurgical slag with a mixture of CMC/PR of drilling mud. 1 – SSS; 2 – water absorption.

Рис. 3. Зависимость водопоглощения и СНС от концентрации металлургического шлака со смесью КМЦ/ПР бурового раствора. 1 – СНС; 2 – водопоглощение.

әкелетін тұрақтандырғыш қоспалар негізінде бұрғылау ерітіндісінің технологиялық параметрлері зерттелді. Бұрғылау ерітіндісіндегі ұнтақ тәрізді реагенттің пайыздық мөлшерін арттыру тығыздықты, тұтқырлықты және статикалық ығысу кернеуін төмендетеді, су берілісінің ғана артуы байқалады.

Сазды суспензияға 0,1% модификацияланған сополимер енгізген кезде құрылымдық-реологиялық қасиеттер

айтарлықтай өзгермейді, бірақ сұзу көрсеткішінің қажетті төмендеуіне қол жеткізіледі.

Бұрғылау ерітіндісіндегі КМЦ қоспасының концентрациясының жоғарылауымен тығыздық, тұтқырлық, статикалық ығысу кернеуі және су бергіштік төмендейді. КМЦ мөлшерінің 5 бастап 15% дейінгі аралықта өзгеруі бұрғылау ерітінділерінің технологиялық көрсеткіштерін қалыпқа келтіруге және оларды қалыптан тыс төмен қысымды қабаттарды бұрғылау кезінде мұнай-газ ұңғымаларын бұрғылау процесінде қолдануды ұсынуға мүмкіндік береді. Бұрғылау жағдайларына байланысты сіз қажетті композицияны таңдап, практикалық қолдану үшін нақты рецепт ұсына аласыз.

Бұрғылау ерітіндісінің құрылымдық-реологиялық, сұзу қасиеттерін жақсарту үшін 25–40% мөлшерінде металлургиялық кож қоспасын қолдану мүмкіндігі анықталды. Қолданылатын қоспаның салыстырмалы түрде тиімді құны және экологиялық қауіпсіздігі бар.

25–40% мөлшерінде металлургиялық кож негізінде тұрақтандырғыш қоспаны қолдану жөніндегі эксперименттік зерттеулердің нәтижелері бұрғылау ерітінділерінің параметрлерін реттеу және тау-кен-геологиялық жағдайларды ескере отырып, мұнай және газ ұңғымаларын бұрғылауға қойылатын талаптарға сәйкес келу мүмкіндігін көрсетеді.

Бұрғылау ерітіндісінің қасиеттерін бағдарламалық мәндерге толық сәйкестендіру үшін термиялық тұрақтылықты және әзірленген композицияларды қолданудың экономикалық тиімділігін анықтау үшін қосымша бақылау сынақтарын жүргізу қажет.

Алғыс

Зерттеу АР 26195345 «Бұрғылау ерітінділері үшін өсімдік майларының гудрондары негізіндегі уыттылығы төмен кешенді мақсаттағы реагенттерді алу» қаржыландыру жобасы шеңберінде орындалды.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Субградтық инженерия үшін күл / кож негізіндегі геополимермен тұрақтандырылған материалды дайындау үшін бұрғылау ерітіндісінің қалдықтарын тиімді пайдалану / Peng Zhang [және т. б.] // *Journal of Environmental Management*. – 2025. – Т. 373. – Б. – 13 (ағылшын тілінде)
2. Nwanekezie M. N., Ogebeide S. E. Өсімдік тұқымының майынан (GmelinaArborea тұқымының майы) мұнай негізіндегі бұрғылау сұйықтықтарын (ерітінділерді) құрастыру // *Chemical and Process Engineering Research*. – 2017. – Т. 50. – Б. 35–46 (ағылшын тілінде)
3. Май қышқылдарының окси-этилденуінің оңтайлы параметрлерін майды тазарту және тазарту жүйесінде деликвификациялау үшін демульгаторларды алу мақсатында зерттеу / V. P. Bondarenko [және т. б.] // *Chimica Oggi – Chemistry Today*. – 2017. – Т. 35. – Б. 72–77 (ағылшын тілінде)
4. Режепов К. Ж., Алимбаева Ш. Б. Госсипол және оның туындылары: синтез, модификациясы және құрылымы // *Өсімдік шикізатының химиясы*. – 2023. – № 1. – Б. 135–143 (орыс тілінде)
5. Gaibnazarov S. B. Өндірісті дамыту перспективалары қайталама ресурстарға негізделген бұрғылау ерітінділеріне арналған қайталама реагенттер негізінде бұрғылау ерітінділеріне арналған реагенттер өндірісін дамыту перспективалары // *Technical science and innovation*. – 2020. – Шығ. 2. – Б. 59–66 (ағылшын тілінде)
6. Бондаренко В. П., Надиров К. С., Голубев В. Г., Садырбаева А. С., Колесников А. С. Мұнай-газ саласына арналған мақта майының модификацияланған гудрондары негізінде кешенді әсер ететін реагенттер: монография. – Шымкент: «Түркенич» ЖК, 2017. – 248 б. (орыс тілінде)
7. Надиров К. С., Бондаренко В. П., Бимбетова Г. Ж. Бұрғылау ерітінділерін дайындау үшін мақта майының модификацияланған гудроны пайдалану // *Мұнай және газ*. – 2016. – № 2. – Б. 45–56 (орыс тілінде)
8. Бұрғылау ерітінділерінің реологиялық қасиеттерін жақсарту үшін композициялық полимерлі материалдарды алу / Ж. К. Артыкова [және т. б.] // *Мұнай және газ*. – 2022. – № 6 (132). – Б. 101–114 (орыс тілінде)

9. Бондаренко В. П., Надиров К. С., Голубев В. Г. Бұрғылау ерітінділері үшін ұнтақ компоненттерін алу технологиясы // Профессор К. М. Тагировтың туғанына 90 жыл толуына арналған «Мұнай-газ саласындағы инновациялық технологиялар» V Халықаралық ғылыми-практикалық конференциясының материалдары. – 2024. – Б. 544–547 (орыс тілінде)
10. Тұрақтандырғыштардың сазды бұрғылау ерітінділерінің технологиялық сипаттамаларына әсері / С. О. Тілеубаев [және т. б.] // Universum: химия және биология: электрон. ғылыми. журнал. – 2021. – № 8 (86). – Б. 66–71 (орыс тілінде)
11. Худякова Т. М., Барбаниягре В. Д., Гаппарова К. М. Қысқа мерзімді жоғары температуралы легирлеу арқылы алынған тез қататын төмен негізді клинкер // «Сібірдің табиғи және зияткерлік ресурстары. СИБРЕСУРС-2016» XVI Халықаралық ғылыми-практикалық конференциясының материалдары. – Кемерово, 2016. – Б. 403–409 (орыс тілінде)

REFERENCES

1. Efficient utilization of waste drilling mud to prepare material stabilized with fly ash/slag based geopolymer for subgrade engineering / Peng Zhang et al. // Journal of Environmental Management. – 2025. – Vol. 373. – P. 13 (in English)
2. Nwanekezie M. N., Ogbeide S. E. Formulation of Oil-Based Drilling Fluids (Muds) From Plant Seed Oil (Gmelina Arborea Seed Oil) // Chemical and Process Engineering Research. – 2017. – Vol. 50. P. 35–46 (in English)
3. Bondarenko V.P., Golubev V.G., Zhantasov M.K., Sadyrbayeva A.S., Nadirova Zh.K., Ainabekov N.B. Examination of optimal parameters of oxy-ethylation of fatty acids with a view to obtaining demulsifiers for deliquescence in the system of skimming and treatment of oil Chimica Oggi – Chemistry Today. – 2017. – Vol. 35. – P. 72–77 (in English)
4. Rejepov K. Zh., Alimbayeva Sh. B. Gossipol i ego proizvodnye: sintez, modifikaciya i struktura [Gossypol and its derivatives: synthesis, modification and structure]. Himiya rastitel'nogo syr'ya [Chemistry of plant raw materials]. – 2023. – No. 1. – P. 135–143 (in Russian)
5. Gaibnazarov S. B. Prospects for the development of production of reagents for drilling solutions based on secondary resources // Technical science and innovation. – 2020. – Vol. 2020. – Issue 2. – P. 59–66 (in English)
6. Bondarenko V. P., Nadirov K. S., Golubev V. G., Sadyrbayeva A. S., Kolesnikov A. S. Reagenty kompleksnogo dejstviya na osnove modifitsirovannyh gudronov hlopkovogo masla dlya neftegazovoj otrasli [Reagents of complex action based on modified cottonseed oil tar for the oil and gas industry]: Monograph. – Shymkent: IP «Turkenich», 2017. – 248 p. (in Russian)
7. Nadirov K. S., Bondarenko V. P., Bimbetova G. Zh. Ispol'zovanie modifitsirovannogo gudrona hlopkovogo masla dlya prigotovleniya burovyyh rastvorov [The use of modified cottonseed oil tar for the preparation of drilling fluids]. Neft' i gaz [Oil and Gas]. – 2016. – No. 2. – P. 45–56 (in Russian)
8. Poluchenie kompozitsionnyh polimernykh materialov dlya uluchsheniya reologicheskikh svoystv burovyyh rastvorov [Obtaining composite polymer materials to improve the rheological properties of drilling fluids] / Zh. K. Artykova et al. Neft' i gaz [Oil and Gas]. – 2022. – No. 6 (132). – P. 101–114 (in Russian)
9. Bondarenko V. P., Nadirov K. S., Golubev V. G. Tekhnologiya polucheniya poroshkoobraznykh komponentov dlya burovyyh rastvorov [Technology of obtaining powdered components for drilling fluids]. In: V MNPК «Innovatsionnye tekhnologii v neftegazovoj otrasli» posvyashchennoj 90-letiyu so dnya rozhdeniya professora Tagirova K. M. [V ISPC «Innovative technologies in the oil and gas industry», dedicated to the 90th anniversary of the birth of Professor Tagirov K. M.]. – 2024. – P. 544–547 (in Russian)
10. Vliyanie stabilizatorov na tekhnologicheskie harakteristiki glinistykh burovyyh rastvorov [The effect of stabilizers on the technological characteristics of clay drilling fluids] / S. O. Tileubaev et al. Universum: himiya i biologiya: elektron. nauchn. zhurn. [Universum: chemistry and biology: electron. scientific journal.] – 2021. – No. 8 (86). – P. 66–71 (in Russian)
11. Khudyakova T. M., Barbanyagre V. D., Gapparova K. M. Fast-hardening low-base clinker obtained by short-term high-temperature alloying [Bystrotverdeyushchij nizkoosnovnyy klinker, poluchennyj kratkovremennym vysokotemperaturnym legirovaniem]. In: Materialy XVI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Prirodnye i intellektual'nye resursy Sibiri SIBRESURS 2016 [Proceedings of the XVI International Scientific and Practical Conference «Natural and intellectual resources of Siberia SIBRESURS 2016». – Kemerovo, 2016. – P. 403–409 (in Russian)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Эффективное использование отработанного бурового раствора для получения материала, стабилизированного геополимером на основе летучей золы/шлака, для строительства земляного полотна / Peng Zhang [и др.] // Journal of Environmental Management. – 2025. – Т. 373. – С. 13 (на английском языке)
2. Nwanekezie M. N., Ogbeide S. E. Разработка буровых растворов на нефтяной основе из масла семян растений (масло семян Гмелины древовидной) // Chemical and Process Engineering Research. – 2017. – Т. 50. – С. 35–46 (на английском языке)

3. Изучение оптимальных параметров оксигенирования жирных кислот с целью получения деэмульгаторов для разжижения в системе обезвоживания и подготовки нефти / V. P. Bondarenko [и др.] // *Chimica Oggi – Chemistry Today*. – 2017. – Т. 35. – С. 72–77 (на английском языке)
4. Режепов К. Ж., Алимбаева Ш. Б. Госсипол и его производные: синтез, модификация и структура // *Химия растительного сырья*. – 2023. – № 1. – С. 135–143 (на русском языке)
5. Gaibnazarov S. B. Перспективы развития производства перспектив развития производства реагентов для буровых растворов на основе вторичных реагентов для буровых растворов на основе вторичных ресурсов // *Technical science and innovation*. – 2020. – Вып. 2. – С. 59–66 (на английском языке)
6. Бондаренко В. П., Надиров К. С., Голубев В. Г., Садырбаева А. С., Колесников А. С. Реагенты комплексного действия на основе модифицированных гудронов хлопкового масла для нефтегазовой отрасли: монография. – Шымкент: ИП «Туркенич», 2017. – 248 с. (на русском языке)
7. Надиров К. С., Бондаренко В. П., Бимбетова Г. Ж. Использование модифицированного гудрона хлопкового масла для приготовления буровых растворов // *Нефть и газ*. – 2016. № 2. – С. 45–56 (на русском языке)
8. Получение композиционных полимерных материалов для улучшения реологических свойств буровых растворов / Ж. К. Артыкова [и др.] // *Нефть и газ*. – 2022. – № 6 (132). – С. 101–114 (на русском языке)
9. Бондаренко В. П., Надиров К. С., Голубев В. Г. Технология получения порошкообразных компонентов для буровых растворов // *Инновационные технологии в нефтегазовой отрасли: материалы V Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию со дня рождения профессора К. М. Тагирова*. – 2024. – С. 544–547 (на русском языке)
10. Влияние стабилизаторов на технологические характеристики глинистых буровых растворов / С. О. Тилеубаев [и др.] // *Universum: химия и биология: электрон. научн. журн*. – 2021. – № 8 (86). – С. 66–71 (на русском языке)
11. Худякова Т. М., Барбанягрэ В. Д., Гаппарова К. М. Быстротвердеющий низкоосновный клинкер, полученный кратковременным высокотемпературным легированием // *Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. СИБРЕСУРС-2016: материалы XVI Междунар. науч.-практ. конф.* – Кемерово, 2016. – С. 403–409 (на русском языке)

Авторлар туралы мәліметтер:

Ерменов С. М., аға оқытушы, «Мұнайгаз ісі» кафедрасы, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті (Шымкент қ., Қазақстан), sartmax80@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0001-8512-1463>

Бондаренко В. П., т. ф. к., доцент, «Мұнайгаз ісі» кафедрасы, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті (Шымкент қ., Қазақстан), vbond2011@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0001-2753-0859>

Голубев В. Г., т. ф. д., профессор, «Мұнайгаз ісі» кафедрасы, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті (Шымкент қ., Қазақстан), golubev_50@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7370-3872>

Садырбаева А. С., т. ф. к., профессор, «Мұнайгаз ісі» кафедрасы, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті (Шымкент қ., Қазақстан), a.sadyrbaeva@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6819-388X>

Information about the authors:

Ermenov S. M., Senior Lecturer at the Department of Oil and Gas Engineering, M. Auezov South Kazakhstan University (Shymkent, Kazakhstan)

Bondarenko V. P., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Oil and Gas Engineering, M. Auezov South Kazakhstan University (Shymkent, Kazakhstan)

Golubev V. G., Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Oil and Gas Engineering, M. Auezov South Kazakhstan University (Shymkent, Kazakhstan)

Sadyrbaeva A. S., Ph.D, Associate Professor, Professor of the Department of Oil and Gas Engineering, M. Auezov South Kazakhstan University (Shymkent, Kazakhstan)

Сведения об авторах:

Ерменов С. М., ст. преподаватель кафедры «Нефтегазовое дело», Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова (г. Шымкент, Казахстан)

Бондаренко В. П., к. т. н., доцент кафедры «Нефтегазовое дело», Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова (г. Шымкент, Казахстан)

Голубев В. Г., д. т. н., профессор, кафедра «Нефтегазовое дело», Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова (г. Шымкент, Казахстан)

Садырбаева А. С., к. т. н., ассоциированный профессор, профессор кафедры «Нефтегазовое дело», Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова (г. Шымкент, Казахстан)