УДК 622.245

АНАЛІЗ ВПЛИВУ КРОХМАЛЬНИХ РЕАГЕНТІВ НА ВЛАСТИВОСТІ БУРОВИХ РОЗЧИНІВ

О.С. Бейзик

ІФНТУНГ, 76019, Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (0342) 727137,
e-mail: d r i l l @ n u n g . e d u . u a

Для регулювання параметрів прісних та слабкомінералізованих бурових розчинів найчастіше застосовують карбоксиметилцелюлозу (КМЦ). Однак, в Україні виробництво КМЦ не налагоджено, що спричиняє її дефіцит і високу вартість. Замінником КМЦ міг би слугувати екструзивний крохмаль (ЕКР), який в нашій країні виробляється у великих обсягах і відносно дешевий. Проте ЕКР має декілька недоліків: низька термостійкість (110-115˚С), не стійкий до бактерицидної агресії, нерозчинний у воді, що ускладнює його застосування. Для покращення властивостей крохмалю і розширення області його застосування проопнується окислений карбоксильний крохмальний реагент (ОККР), який рекомендують для регулювання параметрів бурових розчинів. ОККР отримують у результаті окислння та прививання до макромолекули ЕКР карбоксиметильної групи (CH_2COOH). Рекомендований реагент розчинний в воді, що полегшує роботу бурової бригади, стійкий до бактерицидної агресії, тому відпадає необхідність у застосуванні реагентів-антисептиків, а межа термостійкості становить 150˚С. Реагент ефективно понижує фільтрацію прісних і слабкомінералізованих розчинів, та удвічі дешевший за КМЦ.

Ключові слова: крохмально-карбоксильний реагент, бактерицидна агресія, екструзивний крохмаль, перманганат калію, гідроксид калію, монохлороцтова кислота, карбоксиметильна група

С целью регулирования параметров пресных и слабоминерализованных буровых растворов чаще всего используют карбоксиметилцеллюлозу (КМЦ). Однако производство КМЦ в Украине не налажено, что приводит к ее дефициту и большой стоимости. В качестве заменителя КМЦ мог бы служить экструзионный крахмал (ЕКР), который изготавливается в нашей стране в больших объемах и относительно дешевый. Однако ЭКР имеет ряд недостатков: низкая термостойкость (110-115˚С), неустойчивость к бактерицидной агрессии, нерастворимость в воде, что усложняет его применение. Для улучшения свойств крахмала и расширения области его применения предлагается разработанный окисленный карбоксильный крахмальный реагент (ОККР) для регулирования свойств буровых растворов. ОККР получают в результате окисления и прививки к молекуле ЕКР карбоксиметильной группы (CH_2COOH). Предлагаемый реагент растворим в воде, что облегчает работу буровой бригады в процессе обработки бурового раствора, имеет предел термостойкости 150˚С, растворим в воде, стойкий к бактерицидной агрессии, эффективно понижает фильтрацию пресных слабоминерализованных растворов и в 2 раза дешевле по сравнению с КМЦ.

Ключевые слова: карбоксильный крахмальный реагент, бактерицидная агрессия, экструзионный крахмал, перманганат калия, гидроксид калия, монохлоруксусная кислота, карбоксиметильная группа

Carboxymethylcellulose (CMC) is used all over the world to control the parameters of fresh and low-mineralized drilling mud. However production of CMC in Ukraine is not properly arranged, which causes its deficit and high cost. An extrusive starch reagent (ESR) which is produced in our country in large volumes and is relatively cheap could have been a substitute for CMC. But ESR has several shortcomings including low thermal resistance (110-115^{0}C). In addition it's nonresistant to bactericidal aggression as well as nonsoluble in water. As a result these factors complicate the application of ESR by the drilling crew. To improve the properties of starch and to broaden sphere of its application the authors of the article introduced oxydized carboxyl starch reagent (OCSR) which can be used to regulate drilling mud parameters. OSCR can be obtained in the process of oxydize and joining a carboxymethyl group (CH_2COOH) to the ESR macromolecule. The proposed reagent is water-soluble which makes the drilling mud treatment easier. The reagent is also resistant to bactericidal aggression. The limit of its thermal resistance can reach 150^{0}C. Besides it effectively decreases the filtration of fresh and low-mineralized drilling mud and is two times cheaper than carboxymethylcellulose.

Key words: carboxyl starch reagent, bactericidal aggression, extrusive starch, potassium permanganate, potassium hydroxide, monochloracetic acid, carboxymethyl group.

Буріння нафтових і газових свердловин - поєднання комплексу технологічних процесів, спрямованих на забезпечення ефективності спорудження свердловин, запобігання виникненню ускладнень, зниження матеріальних та енергетичних витрат. Значну роль у цьому комплексі відведено промиванню свердловин, вибору типів та параметрів бурових розчинів та регулюванню їх параметрів, серед яких важливим є низький показник фільтрації промивальних рідин. Для зниження та підтримування показника фільтрації на рівні запроектованих значень у практиці буріння нафтових і газових свердловин застосовують широкий спектр хімічних полімерних реагентів на основі водорозчинних ефірів целюлози, на основі акрилових полімерів та похідних полісахаридів.

Реагенти на основі водорозчинних ефірів целюлози ефективно понижують показник фільтрації прісних та слабкомінералізованих бурових розчинів, мають відносно високу термостійкість (до 140^{o}C). Однак, під час їх застосування буровий розчин слід додатково обробляти хімічними реагентами-понижувачами умовної в'язкості через здатність целюлозних реагентів значно загущувати промивальні рідини.

Ще однією їх вадою є втрата ефективності у висококонцентрованих сольових розчинах чи у випадку підвищення концентрації іонів кальцію і магнію понад 1000-1500 мг/л. Реагенти на основі водорозчинних ефірів целюлози в нашій країні не виробляються, а вартість однієї тони становить понад 20 тис. грн.

Реагенти на основі акрилових полімерів порівняно з целюлозними реагентами мають вищу термостійкість (до 200-210°С), але теж не стійкі до дії солей та іонів кальцію та магнію. Вартість однієї тони приблизно однакова з вартістю целюлозних реагентів.

Реагенти на основі полісахаридів включають різні похідні крохмальних реагентів, отриманих з кукурудзяного або картопляного крохмалю і на сьогодні у практиці буріння відомі під назвами «екструзивний крохмальний реагент (ЕКР)», «модифікований крохмаль» (МК), «декстрин» тощо. Вказані крохмальні реагенти відносно дешеві (порівняно з целюлозними реагентами дешевші у 5-7 разів), ефективно знижують показник фільтрації і прісних, і мінералізованих, і соленасичених бурових розчинів за незначного підвищення реологічних властивостей, стійкі до дії іонів кальцію і магнію за концентрації понад 1500 мг/л, що особливо є актуальним при розкритті газоносних горизонтів.

Основною вадою немодифікованих крохмальних реагентів є нерозчинність у воді, низька термостійкість – 100-110°С та здатність до ферментативної деструкції внаслідок дії різних бактерій [1-2].

Одним із найбільш поширених методів удосконалення властивостей крохмальних реагентів є хімічна модифікація молекули полісахариду.

Метою роботи є розробка розчинних у воді крохмальних реагентів з підвищеною термостійкістю та стійкістю до ферментативної деструкції, що досягається за рахунок модифікації молекули крохмалю, активації вільних гідроксильних спиртових груп.

З хімічного погляду молекула крохмалю – це лінійний стереорегулярний полісахарид, елементарна ланка якого містить три вільні спиртові гідроксильні групи, здатні вступати у хімічні реакції з утворенням ефірів та алкоголятів [3]. Утворені внаслідок полімерорганічних перетворень похідні крохмалю розчиняються у воді та більшості органічних розчинників, а також легко переробляються усіма відомими способами. Похідні крохмалю є сировиною для харчової, фармацевтичної, паперової, текстильної промисловості тощо. Широке застосування похідні крохмалю отримали і в бурінні нафтових і газових свердловин.

Крохмаль [3] – головний резервний полісахарид рослин – нагромаджується у вигляді зерен у клітинах насіння, цибулин, бульб, а також в листках і стеблах у результаті фотосинтезу. Це безколірна, аморфна речовина, нерозчинна у холодній воді та деяких органічних розчинниках, у гарячій воді утворює клейстер. Крохмаль є сумішшю лінійного (амілози) та розгалуженого (амілопектину) полісахаридів із загальною хімічною формулою $(C_6H_{10}O_5)_n$. Амілоза, в основному, побудована із залишків α-D-глюкопіранози з 1:4-звязками. Залежно від виду рослин молекулярна маса амілози коливається від 150 тис. до 500 тис. Молекули амілопектину сильно розгалужені і складаються із фрагментів амілози, зв'язаних між собою α-1:6-звязками, молекулярна маса 10^6-10^9. У структурі амілопектину розрізняють центральний ланцюг з кількістю ланок понад 60, що несуть залишок глюкози з вільною відновлювальною групою. Короткі ланцюги, розташовані на периферії молекули і всередині неї. У воді амілоза та амілопектин утворюють міцелярні розчини.

Співвідношення амілози та амілопектину у крохмалю залежить від різних факторів. В ньому міститься від 15 до 25% амілози та від 75 до 85% амілопектину.

Для надання полісахаридам необхідних властивостей проводять нітрування, гідроксилювання, карбоксиметилювання, сульфування, окиснення тощо.

Поряд з такими перевагами основною вадою ЕКР, що утруднює його застосування, є низька термостійкість, нерозчинність у воді та схильність до ферментативної деструкції. Зокрема, крохмальний реагент можна використовувати тільки до глибини 3300 м, де вибійна температура становить 100-110°С, оскільки зі збільшенням глибини можлива його термічна деструкція. У нафтогазовій галузі існує потреба в спорудженні глибоких свердловин, на вибої яких температура може досягати до 140-160°С і вище, тому для буріння у таких умовах крохмальний реагент замінюють на КМЦ, яка значно дорожча від крохмалю.

Метою цієї роботи є аналіз впливу розроблених крохмальних реагентів на властивості бурових розчинів.

Поставленої мети досягнуто за рахунок розробляння крохмального реагента, що володіє кращими властивостями та може бути аналогом КМЦ.

Схему отримання цього реагенту можна описати такими хімічними реакціями [3]:

Реакція мерсеризації – це реакція взаємодії складних органічних речовин з лугом. Названа на честь німецького вченого Мерсера, який першим провів таку реакцію.

Реакція етерифікації – утворення складних ефірів із кислот та спиртів. Лужний крохмаль є сполукою складних спиртів.

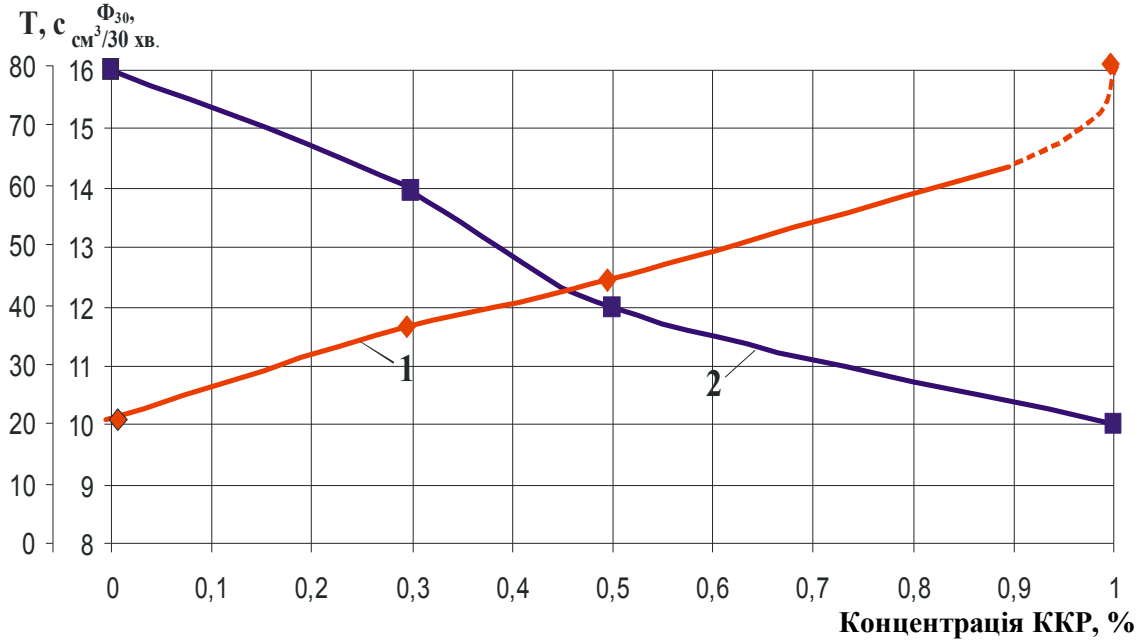
Врахувавши особливості функціональних груп молекули крохмалю, для приготування ККР проведено лабораторні експерименти, у результаті яких отримано реагент та оцінено його ефективність у лабораторних та промислових умовах.

Під час лабораторних досліджень отримано карбоксильний крохмальний реагент, який є порошкоподібною речовиною білого або жовтувато-білого кольору, розчинний у воді. Відтак проведено експерименти з визначення ефективної домішки ККР до бурового розчину.

Таблиця 1 – Результати вимірювання параметрів розчину за різних концентрацій ККР

Концентрація ККР, %	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Показник фільтрації, $см^3$/30 хв.	14	13	12	11	11	10	10	9
Умовна в'язкість, с	36	40	44	50	120	160	180	н.т.

Примітка: н.т. – стан обробленого бурового розчину, за якого він перестає витікати з отвору віскозиметра СПВ-5.



1 – умовна в'язкість; 2 – фільтрація

Рисунок 1 – Залежність фільтрації та умовної в'язкості бурового розчину від концентрації ККР

Для цього спочатку приготовлено глинисту суспензію, що складається з прісної води та бентонітової глини і має такі параметри:

густина – 1040 $кг/м^3$;
фільтрація – 16 $см^3$/30 хв.;
умовна в'язкість – 20 с;
товщина фільтраційної кірки – 3 мм;
$СНЗ_1$ - 0 дПа;
pH = 7,0.

Оскільки, отриманий реагент розчинний у воді, то до бурового розчину його вводитимемо у сухому вигляді.

Для цього етапу проведено дослідження, у яких до проб бурового розчину додано ККР у кількості від 0,3% до 1% від об'єму бурового розчину в перерахунку на суху речовину. Реагент перемішували з розчином протягом 30-35 хв., після чого вимірювали фільтрацію та умовну в'язкість оброблених проб, результати яких заносимо до табл. 1 та графічно залежність параметрів розчину від концентрації ККР зобразимо на рис. 1.

Як бачимо з табл. 1 та рис. 1, ефективна домішка ККР до бурового розчину становить 0,5-0,7%. Такий вибір пов'язаний з тим, що за концентрації ККР 0,3% фільтрація зменшується на незначну величину, а за концентрації ККР 1% різко зростає умовна в'язкість бурового розчину. За концентрації 0,5% отримано значне зниження фільтрації і незначне збільшення умовної в'язкості.

В подальшому приймаємо ефективну концентрацію ККР у буровому розчині – 0,5-0,7%.

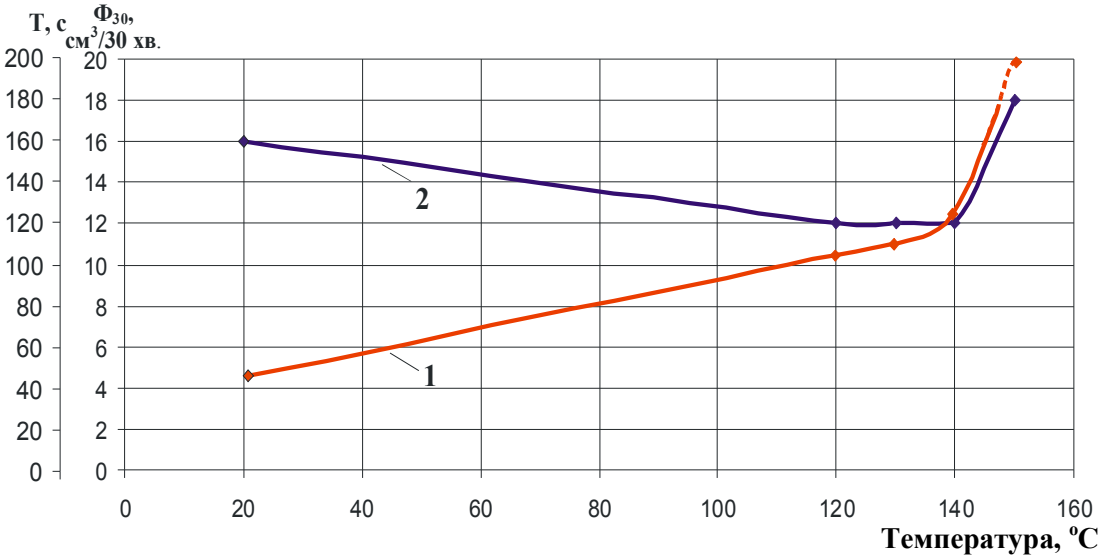
Полімерні хімічні реагенти полісахаридної природи за підвищеної температури можуть втрачати свої властивості внаслідок впливу структурних змін у молекулі полісахариду [5], що призводить до їх термічної деструкції. У буровому розчині у такому випадку втрачається здатність реагента до регулювання фільтраційних та реологічних властивостей, що призводить до втрати стабільності розчину.

Стійкість ККР до дії високих температур проводили таким чином. Вимірювали параметри приготовленої глинистої суспензії за нормальної температури (t=20°C), а після цього проби бурового розчину обробляли порошкоподібним ККР у кількості 0,5% в перерахунку на суху речовину за нормальної температури (t=20°C) і вимірювали його фільтрацію та умовну в'язкість.

Термостійкість проб бурового розчину, оброблених реагентом, досліджували відповідно до стандартних методик [6] протягом 3 год. Враховуючи, що термостійкість ЕКР становить 110-115°C, дослідження термостійкості ККР проводили, починаючи з температури 120°C до 150°C з подальшим поступовим її збільшенням

Таблиця 2 – Залежність параметрів бурового розчину від температури

Параметри розчину	Температура, °С				
	20	120	130	140	150
Фільтрація, $см^3$/30 хв.	16	12	12	12	18
Умовна в'язкість, с	44	104	106	110	н.т



1 – умовна в'язкість; 2 – фільтрація

Рисунок 2 – Залежність фільтрації та умовної в'язкості розчину від температури

на 10°С та вимірювали фільтрацію та умовну в'язкість обробленого розчину.

Результати досліджень заносимо до табл. 2 та графічно зображаємо на рис. 2.

Як бачимо з табл. 2 та рис. 2, властивості розчину залишаються стабільними після досягнення температури 140°С, а за підвищення температури до 150°С зростає фільтрація і розчин гусне, стає не текучим. Враховуючи отримані результати, приймаємо остаточне рішення, що термостійкість ККР сягає 140°С, що перевищує термостійкість ЕКР 25-30°С. Додатково проведено серію експериментів, під час яких порівнювали ефективність регулювання параметрів бурового розчину ЕКР і ККР, внаслідок яких встановлено, що порція бурового розчину, оброблена 8% водно-лужним розчином ЕКР у кількості 1%, мала такі параметри: фільтрація – 12 $см^3$/30 хв., умовна в'язкість – 24 с, а порція бурового розчину, оброблена ККР у кількості 0,5%, мала наступні параметри: фільтрація – 12 $см^3$/30 хв., умовна в'язкість – 44 с.

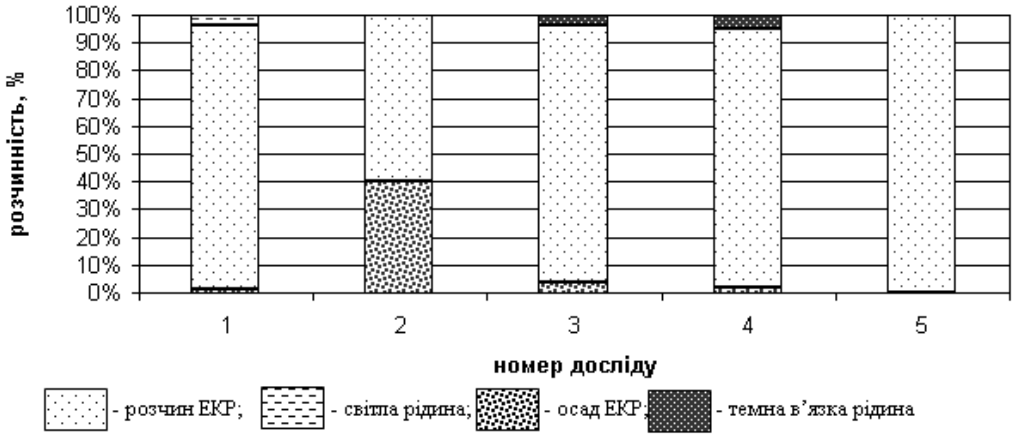
Відомо, що крохмальні регенти не стійкі до дії мікрофлори довкілля і з часом загнивають, тому проведено дослідження ферментативної стійкості ЕКР та ККР. Для цього приготували проби 10% водного розчину кожного реагента та спостерігали за структурними змінами у часі. Через 24 години порція розчину ЕКР почала збільшуватися в об'ємі та спостерігалося виділення сірководню, що можна оцінити за характерним неприємним запахом. Це свідчить про ферментативну деструкцію крохмалю. У водному розчині ККР не спостерігалося структурних змін протягом 10 діб.

Отже, за результатами проведених експериментальних досліджень встановлено, що ККР стійкий до дії мікрофлори довкілля, термостійкий (до 140°С), розчинний у воді, що з практичної точки зору полегшує обробку бурового розчину у промислових умовах.

Однак, отриманий карбоксильний крохмальний реагент за одночасного суттєвого зниження фільтрації бурових розчинів призводить до зростання умовної в'язкості. Такий недолік потребує обробки бурових розчинів реагентами-розріджувачами.

Для усунення цього недоліку вирішено попередньо окислити молекулу крохмалю, а відтак – провести її карбоксиметилювання [7]. На підставі аналізу відомих окислювачів (азотна кислота (HNO_3), перекис водню (H_2O_2), перманганат калію ($KMnO_4$), сірчана кислота (H_2SO_4) тощо) проведено експерименти, у ході яких у 6% водний розчин ЕКР вводили різні окислювачі і спостерігали за зміною двох основних параметрів: фільтрації та умовної в'язкості суспензії. Найкращого результату досягнуто від окислення ЕКР перманганатом калію. Незначні домішки $KMnO_4$ до крохмалю покращують його фільтраційні і одночасно знижують реологічні властивості. Тому для подальших досліджень вибрано один з найефективніших – перманганат калію ($KMnO_4$).

Окислення крохмального реагенту сприяє його розчиненню у воді, однак, не запобігає ферментативній деструкції. Тобто є потреба у проведенні реакції, яка б підвищила бактерицидну стійкість ЕКР.



ЕКР:$KMnO_4$:КОН - 10:0,02:1; ЕКР:$KMnO_4$:КОН - 10:0,02:2; ЕКР:$KMnO_4$:КОН - 10:0,04:1; ЕКР:$KMnO_4$:КОН - 10:0,04:2; ЕКР:$KMnO_4$:КОН - 10:0,03:1

Рисунок 3 – Сумісний вплив КОН і $KMnO_4$ на розчинність суспензії ЕКР

На наступному етапі досліджували сумісний вплив КОН і $KMnO_4$ на розчинність ЕКР при такому співвідношенні компонентів [7]:

ЕКР:$KMnO_4$:КОН - 10:0,02:1;
ЕКР:$KMnO_4$:КОН - 10:0,02:2;
ЕКР:$KMnO_4$:КОН - 10:0,04:1;
ЕКР:$KMnO_4$:КОН - 10:0,04:2;
ЕКР:$KMnO_4$:КОН - 10:0,03:1.

Як і в попередньому випадку, подрібнені гідроксид калію і перманганат калію додавали до екструзивного крохмалю. Суміш перемішували і готували 10% водний розчин суспензії. Після відстоювання суспензії протягом 10 діб отримано результати, за якими побудовано діаграми, наведені на рис. 1.

На діаграмах, наведених на рис. 3, бачимо, що розчинність першої проби становила 99,5%, осад відсутній, розчин стабільний. У другій пробі спостерігалась ферментативна деструкція крохмалю, внаслідок якої внизу утворився осад, а зверху відділилася світла рідина. В третій і четвертій пробірках розчинність ЕКР досягла 97-98%, а темний прошарок в'язкої рідини свідчить, на нашу думку, про надлишок $KMnO_4$. Кращі результати отримані в п'ятій пробі – розчинність ЕКР дорівнює 100%, розчин стабільний, осад відсутній.

Отже, перманганат калію впливає на розчинність екструзивного крохмалю, але не запобігає його деструкції. Мінімальна концентрація гідроксиду калію, що забезпечує повну розчинність суспензії і запобігає деструкції ЕКР, становить 10%. Отже, найефективнішим є таке співвідношення компонентів: ЕКР:$KMnO_4$:КОН – від 10:0,02:1 до 10:0,03:1.

Після завершення реакції мерсеризації та окислення на наступному етапі досліджень до ОЛК додали монохлороцтову кислоту (МХОК – $CH_2ClCOOH$) для проведення реакції етерифікації, за такого співвідношенні компонентів:

1.ЕКР:$KMnO_4$:КОН:МХОК - 10:0,02:1:1;
2.ЕКР:$KMnO_4$:КОН:МХОК - 10:0,02:1:0,75;
3.ЕКР:$KMnO_4$:КОН:МХОК - 10:0,02:1:0,5;
4.ЕКР:$KMnO_4$:КОН:МХОК - 10:0,02:1,25:0,8.

Суміш компонентів ретельно перемішували впродовж 3 годин і за кількістю виділеного хлору та розчинністю реагента контролювали протікання реакції. Отриманий хімічний реагент назвали окислений карбоксильний крохмальний реагент (ОККР). Його перевіряли на стійкість до дії температури, мікрофлори довкілля, а також досліджували ступінь його розчинності.

Межу термостійкості ОККР визначали в такій послідовності. До бурового розчину ввели ОККР і помістили в автоклав, підвищуючи поступово температуру до 140 ^oC. Одночасно перемішуючи його витримували протягом 3 годин, а після охолодження вимірювали його умовну в'язкість та фільтрацію. Параметри розчину після нагрівання були стабільними.

Для перевірки якості ОККР до глинистої суспензії з вихідними параметрами: ρ=1040 кг/м^3; Т=22 с; Ф=16 см^3/30хв; θ_1=2 дПа; pH=7,0; К=3 мм додавали порції реагента зі співвідношеннями компонентів, наведеними вище. Реагент вводили до глинистої суспензії у сухому вигляді, змінюючи концентрацію від 0,3% до 1,5%. Глинисту суспензію, оброблену ОККР, перемішували протягом 5-10 хв. до повного розчинення ОККР та вимірювали його параметри. Найбільш інформативними є умовна в'язкість та фільтрація.

За результатами лабораторних експериментів встановлено, що ОККР зі співвідношенням компонентів 1, 2, 3 суттєво знижує фільтрацію бурового розчину, але спостерігається зростання умовної в'язкості за концентрації реагента понад 1,5%. Слід відзначити, що зі зменшенням концентрації МХОК у суміші за стабільності фільтрації інтенсивність зростання умовної в'язкості бурового розчину падає.

Для покращення впливу ОККР на фільтраційні властивості суспензії при досягнутій зміні реологічних властивостей було збільшено на 25% вміст гідроксиду калію і прийнято значення МХОК із раніше наведених досліджень.

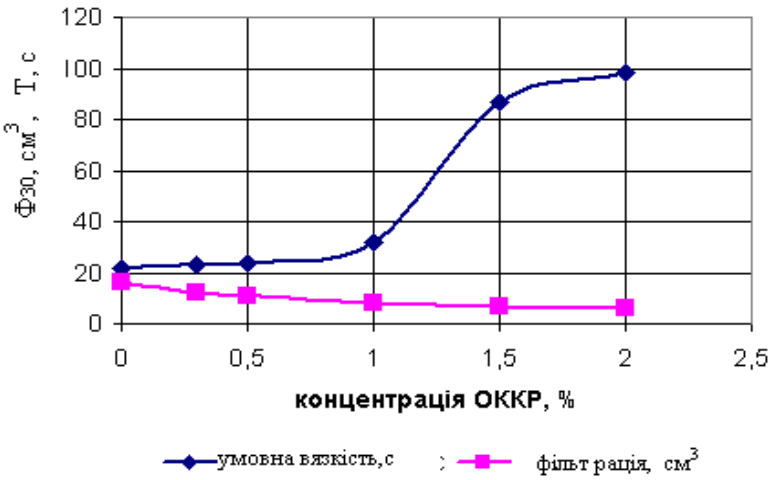


Рисунок 4 – Вплив концентрації ОККР (ЕКР:$KMnO_4$:КОН:МХОК - 10:0,02:1,5:0,8) на фільтрацію та умовну в'язкість бурового розчину

На рис.4 наведено залежність зміни умовної в'язкості і фільтрації глинистої суспензії від відсоткової домішки ОККР із співвідношенням між компонентами ЕКР:$KMnO_4$:КОН:$CH_2ClCOOH$ відповідно 10:0,02:1,25:0,8.

З наведеного рисунка бачимо, що основно мети дослідження, а саме, інтенсивного зниження фільтрації глинистої суспензії при незначному зростанні умовної в'язкості, досягнуто. Враховуючи, що за концентрації ОККР в глинистій суспензії понад 1,2% умовна в'язкість різко зростає, а фільтрація незначно знижується, оптимальна домішка ОККР на першому етапі дослідження для прісних та слабкомінералізованих розчинів коливається в межах 0,3-1,2%. Враховуючи, що макромолекули крохмалю стійкі до сольової агресії, навіть до солей, зв'язаних іонами Ca^{+2} та Mg^{+2}, оптимальна домішка ОККР в соленасичених розчинах може змінитись не суттєво.

Ефективність ОККР порівняно з ККР оцінювали введенням цих реагентів до глинистої суспензії та порівнянням показника фільтрації. За концентрації ККР в глинистій суспензії 1% її фільтрація зменшилась з 16 $см^3$/30 хв. до 12$см^3$/30 хв., а при тій же концентрації ОККР фільтрація зменшилась з 16 $см^3$/30 хв. до 8 $см^3$/30 хв. Умовна в'язкість суттєво не відрізнялась. Отже, ОККР понижує фільтрацію глинистої суспензії приблизно удвічі ефективніше, ніж ККР.

Аналізуючи отримані результати, можна зробити такі висновки:

– ОККР розчинний у воді, а тому його можна вводити в буровий розчин у вигляді товарного продукту, що полегшить роботу бурової бригади при обробці бурових розчинів;

– отриманий хімреагент стійкий до бактерицидної агресії. Відпадає необхідність в обробці розчину хімреагентами – антисептиками;

– ОККР має межу термостійкості 140°С, тобто прирівнюється за цим показником до широко розповсюдженого хімреагента у всьому світі – КМЦ;

– отриманий хімреагент зменшує фільтрацію бурового розчину приблизно удвічі ефективніше, ніж ККР.

– економічна доцільність застосування ОККР очевидна, тому що вартість ОККР удвічі менша, ніж КМЦ.

Модифіковані крохмальні реагенти, отримані у ході експериментальних лабораторних досліджень, впроваджено у промислових умовах на трьох свердловинах Стрийського ВБР БУ «Укрбургаз» - № 28 Солотвинська, №2 Буцівська та №12 Бабченська.

Дослідження реагенту на свердловині № 28 Солотвинська проводили в інтервалі 1200-1450 м свердловини, де застосовувався хлоркалієвий буровий розчин, а вибійна температура становить 25-30°С, солоність – 1,5-3%, вміст твердої фази у буровому розчині – 2,16-2,19%. Оптимальну домішку уточнювали експериментальним шляхом. Для цього вимірювали основні параметри розчину (табл. 3), що циркулює у свердловині. Відтак відбирали проби бурового розчину, до якого додавали ОККР у кількості від 0,5% до 1% і перемішували протягом 30-35 хв., після чого вимірювали параметри оброблених проб бурового розчину, а результати яких занесено у табл. 3.

Як бачимо з результатів, наведених у табл. 3, за концентрації сухого ОККР 0,5% умовна в'язкість бурового розчину знизилась суттєво (з 56 с до 44 с), а фільтрація лише на 2 $см^3$/30 хв. Після обробляння бурового розчину крохмальним реагентом в кількості 0,7% отримано значне зниження фільтрації бурового розчину – з 10 до 5 $см^3$/30 хв., а умовна в'язкість знизилась порівняно з вихідним на 11 с. Після обробки бурового розчину крохмальним реагентом в кількості 1% значно зросла умовна в'язкість (з 56 с до 80 с), а показник фільтрації бурового розчину зменшився з 10 до 5 $см^3$/30 хв.

Отже, враховуючи результати експериментів, за оптимальну домішку ОККР до хлоркалієвого розчину доцільно прийняти 0,7%. Це пояснюється тим, що за концентрації ОККР 0,5% фільтрація зменшується на незначну величину,

Таблиця 3 – Параметри бурового розчину після обробки ОККР

Параметри розчину	Вихідний розчин	Номер проби (домішка в %)		
		1 (0,5%)	2 (0,7%)	3 (1%)
Густина, кг/м^3	1360	1360	1360	1360
Умовна в'язкість, с	56	44	45	80
СНЗ$_{1/10}$, дпа	15/30	15/25	15/25	20/30
Фільтрація, см^3/30хв	10	8	5	5
Товщина фільтраційної кірки, мм	2	2	1,5	1,0
pH	9	9	9	9

Таблиця 4 – Параметри бурового розчину після обробки ОККР

Параметри розчину	Номер проби (домішка в %)		
	1 (0,6%)	2 (0,7%)	3 (1%)
Густина, кг/м^3;	1120	1120	1120
Умовна в'язкість, с	46	48	95
СНЗ$_{1/10}$, дПа	20/30	20/30	30/40
Фільтрація, см^3/30хв	9	5	5
Товщина фільтраційної кірки, мм	2,5	1,5	1,5
pH	9	9	9

а за концентрації ОККР 1% - буровий розчин загущується. За концентрації 0,7% ми отримали значне зниження фільтрації та умовної в'язкості.

Під час буріння інтервалу 875-1125 м свердловини №2 на Буцівському родовищі застосовувався гуматно-акрилово-калієвий буровий розчин, вихідні параметри якого наводимо у табл. 4. Вибійна температура у цьому інтервалі коливається у межах 22-25^{o}С, солоність становить 0,6-1,1%, а вміст твердої фази у буровому розчині – 1,98-2,02%. Оптимальну домішку встановлювали експериментально, як і на свердловині №28 Солотвинська.

Для цього етапу експериментів вирішено провести дослідження, у яких проби бурового розчину буде оброблено ОККР у кількості від 0,6% до 1% від об'єму бурового розчину в перерахунку на суху речовину. Під час проведення лабораторних досліджень до кожної з проб розчину додавали ОККР, перемішували протягом 30-35 хв., після чого вимірювали параметри оброблених проб бурового розчину, результати яких занесено у табл. 4.

Як бачимо з результатів, наведених у табл. 4, за концентрації сухого ОККР у кількості 0,6% умовна в'язкість бурового розчину знизилась суттєво (з 62 с до 46 с), а фільтрація – з 10 до 9 см^3/30 хв., тобто лише на 1 см^3/30 хв. Після обробки бурового розчину крохмальним реагентом в кількості 0,7% значно знизилась фільтрація бурового розчину – з 10 до 5 см^3/30 хв., а умовна в'язкість знизилась порівняно з вихідним на 11 с. Після обробки бурового розчину крохмальним реагентом в кількості 1% значно зросла умовна в'язкість (з 56 с до 80 с), а показник фільтрації бурового розчину зменшився з 10 до 5 см^3/30 хв.

Отже, за оптимальну домішку ОККР до гуматно-акрилово-калієвого розчину доцільно прийняти 0,7%. Це пояснюється тим, що за концентрації ОККР 0,6% фільтрація незначно зменшується, а за концентрації ККР 1% – буровий розчин загущується. За концентрації 0,7% значно знизилась фільтрація бурового розчину та умовна в'язкість.

Під час буріння інтервалу 1500-1710 м на Бабченському родовищі застосовувався соленасичений стабілізований буровий розчин, вихідні параметри якого наведео у табл. 5. Температура у цьому інтервалі коливається у межах 35-38^{o}С, солоність становить 1,9-2,6%, а вміст твердої фази у буровому розчині – 2,12-2,16%. Оптимальну домішку встановлювали експериментально, як і на свердловині № 28 Солотвинська.

Для цього етапу експериментів провели дослідження, у яких до проб бурового розчину додавали ОККР у кількості від 0,6 до 1,1% від об'єму бурового розчину в перерахунку на суху речовину і перемішували протягом 30-35 хв., після чого вимірювали параметри оброблених проб бурового розчину, результати яких занесено у табл. 5.

Як бачимо з результатів, наведених у табл. 5, за концентрації сухого ОККР у кількості 0,6% умовна в'язкість бурового розчину знизилась суттєво (з 70 с до 48 с), а фільтрація – з 12 до 10 см^3/30 хв., тобто лише на 2 см^3/30 хв. Після обробки бурового розчину крохмальним реагентом в кількості 0,9% значно знизилась фільтрація бурового розчину – з 12 до 6 см^3/30 хв., а умовна в'язкість знизилась порівняно з вихідним на 20 с. Після обробки бурового розчину крохмальним реагентом в кількості 1,1% значно зросла умовна в'язкість (до 98 с), а показник

Таблиця 5 – Параметри бурового розчину після обробки ОККР

Параметри розчину	Номер проби (домішка в %)		
	1 (0,6 %)	2 (0,9 %)	3 (1,1 %)
Густина, кг/м^3;	1200	1200	1200
Умовна в'язкість, с	48	50	98
СНЗ$_1$, дПа	30/40	30/45	30/50
Фільтрація, см^3/30хв	10	6	6
Товщина фільтраційної кірки, мм	2,5	1,5	1,5
pH	9	9	9

фільтрації бурового розчину зменшився з 12 до 6 см^3/30 хв.

Отже, за оптимальну домішку ОККР до соленасиченого бурового розчину доцільно прийняти 0,9%. Це пояснюється тим, що за концентрації ККР 0,6% фільтрація незначно зменшується, а за концентрації ККР 1,1% – буровий розчин загущується. За концентрації 0,9% значно знизилась фільтрація бурового розчину та його умовна в'язкість.

Під час проведених промислових випробувань ефективності крохмальних реагентів встановлено, що застосування ОККР забезпечує стабільність параметрів бурового розчину та утримує їх величини в межах, зазначених в ГТН, знижує інтенсивність коагуляції бурового розчину під час розбурювання хемогенних порід та частоту оброблення бурового розчину. Отримані результати промислових випробувань підтверджують, що ОККР термостійкий, солестійкий, розчинний у воді і стійкий до ферментативної деструкції, а вартість 1 т ОККР нижча приблизно уп'ятеро порівняно з КМЦ.

Література

1 Коцкулич Я.С. Бурові промивні рідини / Я.С.Коцкулич, М. І.Оринчак**,** М. М.Оринчак. – Івано-Франківськ: Факел. – 2008. – 500 с.

2 Рябоконь С.А. Технологические жидкости для заканчивания и ремонта скважин / С.А. Рябоконь. – Краснодар, 2002. – 274 с.

3 Ластухін Ю.О. Органічна хімія / Ю.О. Ластухін, С.А. Воронов. – Львів: Центр Європи, 2006. – 868 с.

4 Патент 28686 Україна, МПК^5 С 09 К 8/02. Карбоксильний крохмальний реагент / М.І. Оринчак, О.С. Бейзик, М.М. Оринчак – № 200704897; заявл. 03.05.2007; опубл. 25.12.2007. Бюл. № 21. – 5 с.

5 Губський Ю.І. Біоорганічна хімія / Ю.І. Губський. – Київ-Вінниця: Нова книга, 2007. – 432 с.

6 Городнов В.Д. Буровые растворы / В.Д. Городнов. – М.: Недра. – 1985. – 206 с.

7 Оринчак М.І. Окислений крохмально-карбоксильний реагент / М.І. Оринчак, О.С. Бейзик, М.М. Оринчак // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2011. – № 1(38). – С. 22-25.

Стаття надійшла до редакційної колегії
02.12.13
Рекомендована до друку
професором ***Коцкуличем Я.С.***
(ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ)
канд. техн. наук ***Фризом І.М.***
(НВП «Бурова техніка», м. Івано-Франківськ)