

Науково-технічні проблеми нафтогазової інженерії

УДК 622.24.05:622.276

DOI: 10.31471/1993-9868-2023-2(40)-7-14

ВПЛИВ ХІМІЧНИХ РЕАГЕНТІВ НА ОСНОВНІ ВЛАСТИВОСТІ РОЗШИРЮВАЛЬНИХ ТАМПОНАЖНИХ РОЗЧИНІВ

Я. М. Кочкодан, А. Р. Юрич, А. І. Васько, Л. Р. Юрич*, В. М. Майструк

ІФНТУНГ; 76019, Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15;

e-mail: lidia.yurich@nung.edu.ua

Проведено лабораторні дослідження впливу хімічних реагентів на основні технологічні властивості розширювальних тампонажних розчинів на базі тампонажного портландцементу і гіпсоглиноземистого цементу. Проте відомі рецептури тампонажних розчинів для зниження фільтрації мають великі терміни тужавіння. Дослідження проводилися стандартними методами та за іншими нестандартними методами за нормальних умов. Досліджували вплив оксиду та модифікованої метилцелюлози з метою регулювання основних технологічних властивостей розширювальних тампонажних розчинів та вибору оптимальної рецептури хімічної обробки. При додаванні оксиду у кількості від 0,25% до 1% підвищуються розтічність та терміни тужавіння розширювального тампонажного розчину, а також значно покращується його прокачуваність. Крім того, додавання оксиду збільшує міцність каменю і децю знижує фільтрацію, а також майже у півтора рази зменшує лінійне розширення. Проте, додавання оксиду у кількості більше 1% спричиняє інтенсивне спінування тампонажного розчину, а тому не рекомендується до використання. Для зниження фільтрації розширювальних тампонажних розчинів використовували модифіковану метилцелюлозу. Досліджували вплив добавок модифікованої метилцелюлози (від 0,1% до 0,5% від маси суміші) на властивості розширювальних тампонажних розчинів і каменю. За результатами лабораторних досліджень встановлено, що додавання модифікованої метилцелюлози практично не впливає на терміни тужавіння, що важливо при цементуванні низькотемпературних свердловин, проте ефективно знижує фільтрацію тампонажних розчинів. Зокрема зі збільшенням вмісту модифікованої метилцелюлози від 0,1% до 0,5% фільтрація зменшується у 8-9 разів. Міцність тампонажного каменю при вмісті 0,3% модифікованої метилцелюлози децю збільшується, а при подальшому збільшенні вмісту реагента суттєво не змінюється. Лінійне розширення тампонажного розчину і каменю при вмісті 0,5% модифікованої метилцелюлози в 4 рази менше, ніж без неї. Проте модифікована метилцелюлоза знижує розтічність тампонажного розчину, а тому її необхідно використовувати з реагентами понижувача в'язкості. Тампонажні розчини з додаванням оксиду мають добру розтічність але незадовільну фільтрацію, а тампонажні розчини з додаванням модифікованої метилцелюлози мають низьку фільтрацію, але малу розтічність. Тому досліджували сумісний вплив добавок модифікованої метилцелюлози та оксиду на властивості розширювального тампонажного розчину і каменю. На основі лабораторних досліджень встановлено, що зі збільшенням вмісту оксиду (при постійному значенні модифікованої метилцелюлози) розтічність тампонажних розчинів збільшується внаслідок розріджуючої дії оксиду. Проте додавання оксиду до модифікованої метилцелюлози суттєво не впливає на терміни тужавіння і децю знижує фільтрацію. Зі збільшенням вмісту оксиду при постійному вмісті модифікованої метилцелюлози міцність тампонажного каменю на стиск децю збільшується, а лінійне розширення зменшується пропорційно концентрації доданого оксиду. На основі проведених лабораторних досліджень для цементування низькотемпературних свердловин для підвищення якості кріплення і збереження колекторських властивостей продуктивних пластів можна рекомендувати розширювальні тампонажні розчини з додаванням модифікованої метилцелюлози та оксиду.

Ключові слова: композиційна суміш, тампонажний цемент, цементний камінь, фільтрація, оксид, модифікована метилцелюлоза.

Laboratory studies of the influence of chemical reagents on the main technological properties of expanding cement slurries based on Portland cement and gypsum alumina cement were carried out. However, the known formulations of cement slurries for reducing filtration have long curing time. The research was carried out using standard methods and other non-standard methods under normal conditions. The effect of oxylene and modified methyl cellulose was studied to regulate the main technological properties of expanding cementing slurries and to select the optimal chemical treatment formulation. The addition of oxylene in the amount of 0.25% to 1% increases the flowability and curing time of the expanding slurry, as well as significantly improves its pumpability. In addition, the addition of oxylene increases the strength of the stone and slightly reduces filtration, as well as reduces linear expansion by almost one and a half times. However, the addition of oxylene in an amount of more than 1% causes intense foaming of the slurry and is therefore not recommended. Modified methyl cellulose was used to reduce the filtration of expanding cement slurries. The effect of modified methyl cellulose additives (from 0.1% to 0.5% by weight of the mixture) on the properties of expanding cement slurries and stone was studied. Laboratory tests have shown that the addition of modified methyl cellulose has virtually no effect on the curing time, which is important when cementing low-temperature wells, but effectively reduces the filtration of cementing slurries. In particular, with an increase in the content of modified methyl cellulose from 0.1% to 0.5%, filtration decreases by 8-9 times. The strength of the cementing stone with a content of 0.3% modified methyl cellulose increases slightly, and with a further increase in the reagent content does not change significantly. The linear expansion of the grout and stone with 0.5% modified methyl cellulose is 4 times less than without it. However, modified methyl cellulose reduces the flowability of the cement slurry, and therefore it should be used with viscosity reducing reagents. Cement slurries with the addition of oxyl have good flowability but poor filtration, and cement slurries with the addition of modified methyl cellulose have low filtration but low flowability. Therefore, the combined effect of modified methyl cellulose and oxyl additives on the properties of the expanding cement and stone was investigated. On the basis of laboratory studies, it was established that with an increase in the content of oxyl (with a constant value of modified methylcellulose), the flowability of cement slurries increases due to the diluting effect of oxyl. However, the addition of oxyl to the modified methylcellulose does not significantly affect the curing time and slightly reduces filtration. With an increase in the content of oxyl at a constant content of modified methyl cellulose, the compressive strength of the tamponade stone increases slightly, and the linear expansion decreases proportionally to the concentration of added oxyl. On the basis of conducted laboratory studies for cementing low-temperature wells to improve the quality of fastening and preserve the collector properties of productive layers, it is possible to recommend expanding tamponage solutions with the addition of modified methylcellulose and oxyl.

Key words: composite mixture, oilwell cement, cement stone, filtration, oxyl, modified methylcellulose.

Вступ

Основним призначенням тампонажного розчину (каменю) при цементуванні свердловин є формування герметичного затрубного простору, який запобігає виникненню міжпластових перетоків та флюїдопроявів. У відкритому стовбурі свердловини тиск стовпа тампонажного розчину, як правило, завжди перевищує пластовий тиск, і під впливом їх перепаду значна частина надлишкової води відфільтровується у проникні породи. При цьому тампонажний розчин ущільнюється, загущується, зменшується його об'єм, можуть утворюватись канали, і, що особливо несприятливо для свердловини, – забруднюється пристовбура зона. Одночасно з водою відфільтровується частина продуктів гідратації тампонажного розчину, які часто спричиняють значне зниження проникності продуктивного пласта.

Зниження проникності може бути обумовлене утворенням пристінних шарів рідини на поверхнях зерен піщаників чи набуханням глинистого матеріалу, що міститься в породі. Крім того, від'ємна зміна об'єму тампонажного роз-

чину з одночасним зневодненням та утворенням тріщин у глинистій кірці можуть спричинити газопрояви, виникнення міжколонних тисків та утворення грифонів.

Аналіз сучасних закордонних і вітчизняних досліджень та публікацій.

Аналіз промислових даних свідчить, що від 10% до 50% нафтових і до 60% газових свердловин на різних родовищах мають заколонні перетікання і практично не придатні до ефективної експлуатації. Однією з головних таких причин є неякісне кріплення свердловини, зокрема інтервалу залягання продуктивних горизонтів.

Якість цементування свердловин залежить від широкого спектру технологічних параметрів тампонажного розчину, а також режимів самого процесу [1]:

- часткове видалення промивальної рідини і фільтраційної кірки;
- неправильний вибір густини тампонажного розчину;
- передчасне загуснення;

- висока фільтрація;
- висока проникність на ранніх стадіях гідратації цементу;
- значна об'ємна усадка;
- руйнування цементного кільця, пов'язане з його недостатньою термодостійкістю;
- неякісний контакт цементного каменю з обсадною колоною і стінками свердловини.

У процесі цементування свердловин на бурових підприємствах України використовують зазвичай стандартний тампонажний портландцемент ПЦТ-І-100, цементно-золяні суміші (ЦЗС), будівельний портландцемент ПЦ-І-500-Н та спеціальні цементы, такі як ШПЦС, ПЦТШ-Пол 5-100, ЦТП 1,5-100, ЦТО-100, УШЦ-120 [2]. Дослідженнями [3] доведено, що у процесі тужавіння цементний камінь багатьох тампонажних цементів, має тенденцію до деформації усадки, яка, в свою чергу, негативно впливає на надійність розмежування пластів. Як правило, це і є головною причиною неякісного цементування. Тому актуальною є проблема надання тампонажним цементам властивості розширюватись у процесі тужавіння. Цементи, що розширюються у процесі тужавіння, зазвичай є змішаними в'язкими матеріалами, які складаються з основи та розширювального компонента. Технологія їх одержання є складною, а вартість досить високою через значну вартість вихідних матеріалів.

Колективом дослідників [4] було запропоновано композицію нових тампонажних матеріалів для застосування в умовах помірних і підвищених температур. Як в'язучу основу використано тампонажний портландцемент ПЦТ-І-100, а як розширювальний компонент – домішки на основі випаленого доломітового борошна (ДМВ). Введення ДМВ призводить до незначного зменшення густини тампонажних розчинів на основі ПЦТ, це пояснюється більш низькою густиною домішки порівняно з із стандартним цементом; збільшується розтічність, що є наслідком меншої питомої поверхні ДМО і, відповідно, більш низької водопотреби матеріалу.

Також доцільно використовувати добавку «Ramsinks-2М». Дана добавка – це гідрофобізуюча добавка – комплексне кремнійорганічне гідрофобізуюче з'єднання [5]. В композиції з цементом ПЦТ-І-100 цей матеріал повинен дати можливість суттєво покращити властивості тампонажних матеріалів. Введення «Ramsinks-2М» з питомою поверхнею 380 м²/г значно підвищує міцність цементу, знижує пластичну в'язкість і динамічні напруження зсуву. На по-

верхні «Ramsinks-2М» є гідроксильні групи, які є додатковими активними центрами кристалізації гідратів. Введення до цементу «Ramsinks-2М» може істотно збільшувати густину структури завдяки наявності великої кількості фазових контактів, що займають значну частину поверхні новоутворень, але цей механізм регулюється відсотковим складом добавки. Додавання «Ramsinks-2М» знижує в'язкість цементного розчину, що полегшує його прокачуваність [5].

Висвітлення невирішених раніше частин загальної проблеми

Для низькотемпературних свердловин вадю всіх запропонованих рецептур тампонажних розчинів, які відповідають геотехнічним та технологічним вимогам, є одночасне збільшення їх термінів тужавіння з 4-5 до 24-48 годин. Стосовно розширювальних тампонажних розчинів вибір реагентів для зниження фільтрації практично не проводився. Тому виникла необхідність підібрати хімічні реагенти, дослідити їх вплив на технологічні властивості та вибрати оптимальну рецептуру обробки, яка забезпечує зниження фільтрації розширювального тампонажного розчину для низькотемпературних свердловин.

Мета та завдання досліджень

Основною метою досліджень є підбір рецептури розширювального тампонажного розчину з пониженою фільтрацією. Щоб досягти мети, необхідно провести ряд лабораторних досліджень впливу хімічних реагентів на основні технологічні властивості розширювальних тампонажних розчинів.

Висвітлення основного матеріалу і дослідження

Щоб запобігти виникненню міжпластових перетікань та міжколонних газопроявів під час цементування низькотемпературних (до 50 °С) свердловин використовують розширювальні тампонажні розчини на основі суміші портландцементу (70-75% ПЦТ-І) і гіпсоглиноземистого цементу (30-25% ГГЦ) [6]. Вони забезпечують ущільнення контакту розчину і каменю з обсадною колоною і стінкою свердловини, але не зменшують фільтрацію (водовіддачу). Одним із технологічних заходів, що регулює властивості тампонажних розчинів у необхідному напрямку та покращує якість цементування, є додавання хімічних реагентів.

Щоб зменшити водовіддачу тампонажних розчинів при підвищених температурах (більше

50 °С) використовують КМЦ, ССБ, гіпан, глинопоорошок, латекс, та ін. За кордоном для зниження фільтрації використовують хімічні реагенти на основі полімерів, латексу, похідних лігніну. Широко використовують гелцементи та їх комбінації з хімічними добавками. При температурі вищою до 50 °С вадою всіх запропонованих рецептур для зниження фільтрації тампонажних розчинів є одночасне збільшення їх термінів тужавіння від 4-5 до 24-48 годин [7]. Стосовно розширювальних тампонажних розчинів підбір реагентів для зниження фільтрації практично не проводився. Тому виникла необхідність у проведенні спеціальних досліджень для розроблення рецептур розширювальних тампонажних розчинів з пониженою фільтрацією для низькотемпературних свердловин (до 50 °С).

Дослідження проводились за стандартними та нестандартними методиками. Водоцементне відношення приймали 0,5; температуру – 20±2 °С; тиск – атмосферний. Дослідження проводили протягом тривалого часу. Як вихідний матеріал використовували цементи різних партій (ПЦТ-I та ГГЦ) з неоднаковою тривалістю зберігання до часу проведення досліду. Дослідження впливу конкретних хімічних реагентів на властивості тампонажного розчину і каменю проводили на різних партіях цементу. Таким чином, залежно від хіміко-мінералогічного складу вихідних партій цементу, термінів їх зберігання від випуску до застосування, фізико-механічні характеристики тампонажних розчинів і каменю можуть мати різні значення.

Нами досліджувався вплив оксилу, модифікованої метилцелюлози (ММЦ), феррохромлігносульфоната (ФХЛС), полівінілового спирту (ПВС) і метасу з метою вибору рецептури хімічної обробки і регулювання основних технологічних властивостей, розширювальних тампонажних розчинів.

Оксил широко використовують у вітчизняній та закордонній практиці буріння для обробки промивальних рідин. Його ефективно використовують як розріджувач і регулятор в'язкості та реологічних властивостей промивальних рідин. Володіє високою емульгуючою здатністю і сумісний з більшістю реагентів.

Результати досліджень впливу оксилу на властивості тампонажного розчину і каменю наведені на рисунку 1. З наведених даних видно, що при додаванні оксилу у тампонажний розчин у кількості від 0,25% до 1% підвищується розтічність та терміни тужавіння. Додавання оксилу до тампонажного розчину значно покращує його прокачуваність. Так, при дода-

ванні до тампонажного розчину суміші 75% ПЦТ-I + 25% ГГЦ час загущення до 30 УОК становить більше 4 годин, а для суміші 70% ПЦТ-I + 30% ГГЦ – більше 3 годин. Лінійне розширення зменшується пропорційно до концентрації доданого реагенту. Зменшення лінійного розширення при збільшенні вмісту оксилу можна пояснити створенням міцнішої та щільнішої екрануючої оболонки навколо цементних зерен.

За результатами лабораторних досліджень встановлено, що додавання оксилу збільшує міцність каменю із суміші тампонажного і гіпсоглиноземистого цементу. Проте, додавання оксилу до тампонажного розчину дещо знижує фільтрацію. Зокрема, при збільшенні вмісту оксилу до 1% фільтрація зменшується майже в півтора рази. Варто зауважити, що додавання оксилу більше 1% спричиняє інтенсивне спінювання тампонажного розчину, а тому не рекомендується до використання.

Для зменшення фільтрації розширювальних тампонажних розчинів досліджували вплив ММЦ. Реагент ММЦ являє собою метиловий ефір целюлози, що містить 26-33% метаксильних груп. Межа температурної стійкості реагента – 50 °С. При вищих температурах розчин реагента перетворюється в желатин. При зниженні температури нижче 50 °С властивості реагента відновлюються. ММЦ є ефективним понижувачем фільтрації тампонажних розчинів для низькотемпературних (до 50 °С) свердловин. Оскільки, в складі ММЦ є неіогенні метаксильні групи, які не взаємодіють з мінералами клінкера, вона суттєво не впливає на терміни тужавіння розчинів, що важливо при цементуванні свердловин. Цим, вочевидь, обумовлена висока активність ММЦ, оскільки через відсутність хімічної сорбції на клінкері концентрація реагента в дисперсійному середовищі не зменшується. Реагент ММЦ готували у вигляді 2-3% водного розчину. Готовий розчин реагента додавали до води для приготування тампонажного розчину. Нами були проведені дослідження впливу добавок ММЦ на властивості розширювальних тампонажних розчинів. Добавка ММЦ складала від 0,1% до 0,5% від маси суміші цементів.

Результати лабораторних досліджень впливу ММЦ на властивості розширювальних тампонажних розчинів наведені на рисунку 2. Як бачимо, додавання ММЦ практично не впливає на терміни тужавіння, зате ефективно знижує фільтрацію тампонажних розчинів. Так, зі збільшенням вмісту ММЦ з 0,1% до 0,5% фільтрація зменшується у 9 разів для суміші

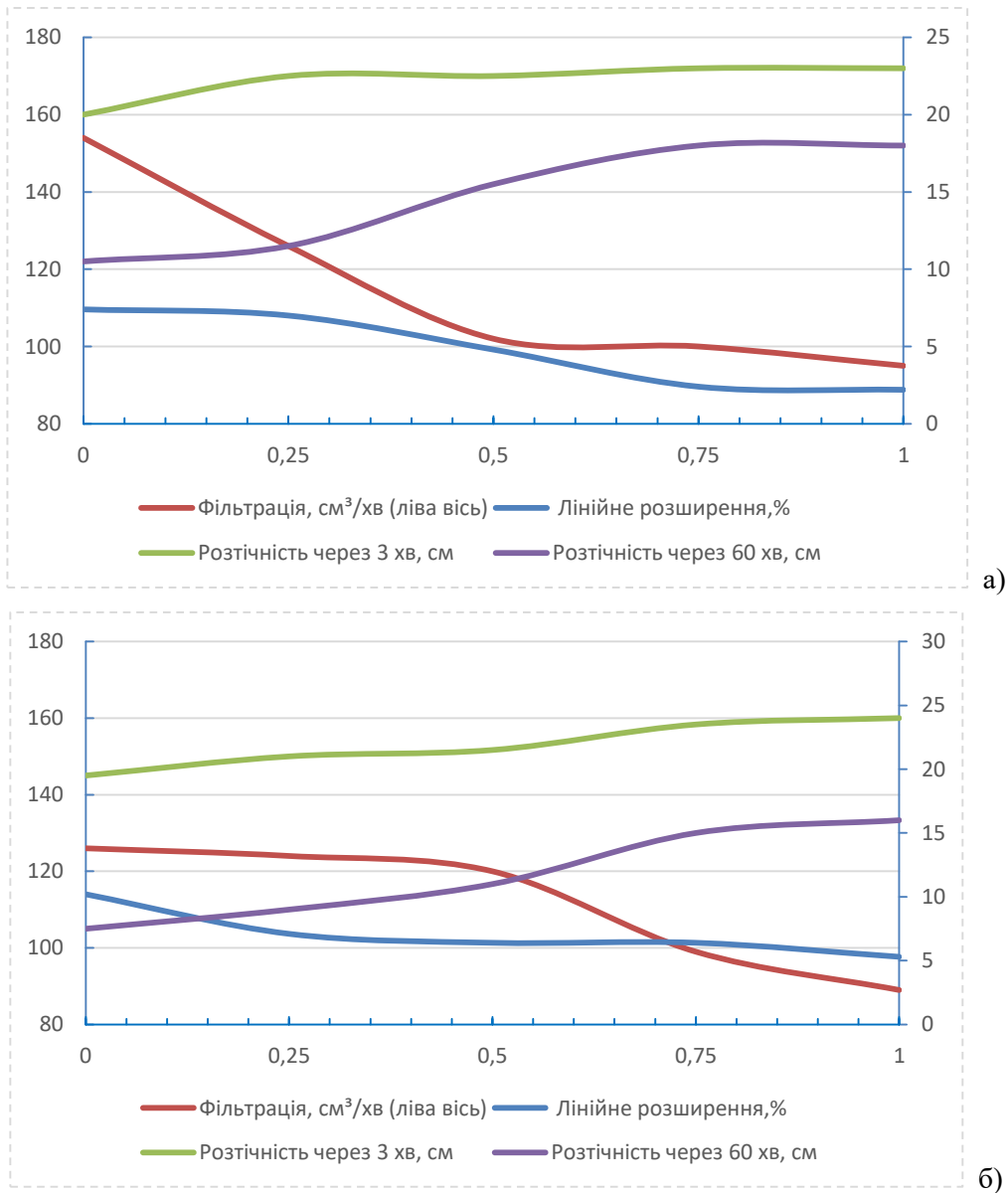


Рисунок 1 – Вплив добавки оксиду на властивості тампонажного розчину і каменю

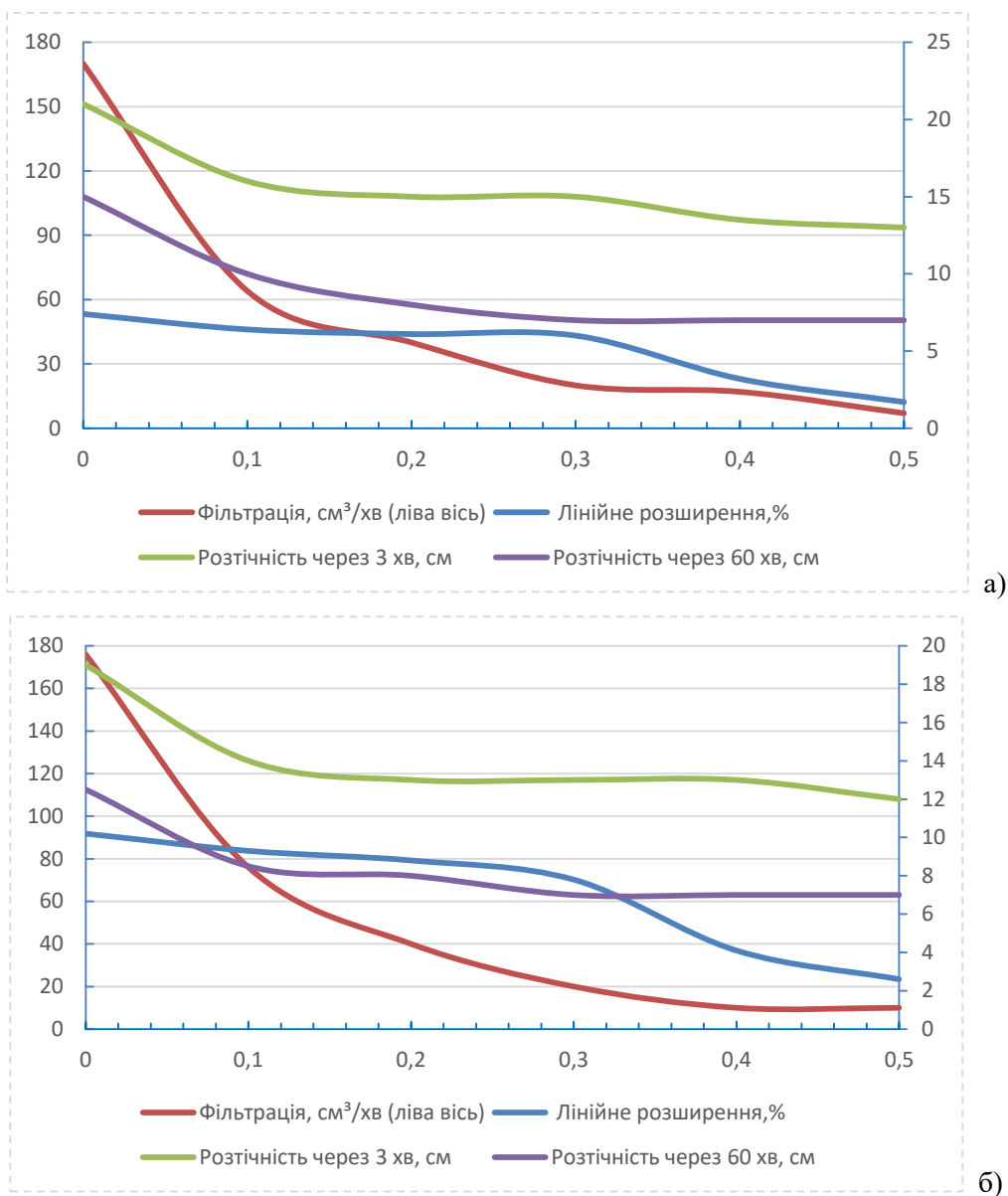
75% ПЦТ + 25% ГГЦ і майже 8 разів для суміші 75 ПЦТ + 30% ГГЦ.

Міцність тампонажного каменю зі збільшенням вмісту ММЦ дещо збільшується (приблизно на 10% при вмісті ММЦ 0,3%) порівняно з тампонажним каменем без добавки. Збільшення вмісту ММЦ понад 0,3% суттєво не змінює міцність каменю. Лінійне розширення тампонажного розчину і каменю зменшується. Так, при добавці 0,5% ММЦ воно майже в чотири рази менше, ніж без ММЦ.

Суттєвою вадою ММЦ є зниження розтічності тампонажних розчинів до 13-14 см через 3 хв і до 7 см через 60 хв. Тому ММЦ необхідно використовувати в поєднанні з реагентами понижувачами в'язкості. Тампонажні розчини з добавкою оксиду мають добру розтічність, але

незадовільну фільтрацію, а тампонажні розчини з добавкою ММЦ мають низьку фільтрацію, але малу розтічність (велику консистенцію). Тому досліджено сумісний вплив добавок ММЦ та оксиду на властивості розширювального тампонажного розчину і каменю із оптимальних рецептур.

При проведенні лабораторних досліджень добавка ММЦ становить 0,3%, а добавка оксиду змінювалась від 0,25 до 1%. Оксид та розчин ММЦ додавали до води для приготування тампонажного розчину. Результати лабораторних досліджень сумісного впливу ММЦ і оксиду на властивості тампонажного розчину і каменю наведені на рисунку 3. За результатами лабораторних досліджень видно, що зі збільшенням вмісту оксиду (при постійному значенні ММЦ)



а) склад суміші 75% ПЦТ-I + 25% ГГЦ; б) склад суміші 70% ПЦТ-I + 30% ГГЦ
Рисунок 2 – Вплив добавки ММЦ на властивості тампонажного розчину і каменю

розтічність тампонажних розчинів збільшується внаслідок розріджуючої дії оксиду. Проте, додавання оксиду до ММЦ суттєво не впливає на терміни тужавіння тампонажного розчину і дещо зменшує фільтрацію.

Збільшення вмісту оксиду при постійному вмісті ММЦ практично не впливає на міцність тампонажного каменю на згин і дещо збільшується міцність на стиск. Зі збільшенням вмісту оксиду лінійне розширення зменшується пропорційно до концентрації доданого оксиду. Таким чином, на основі проведених лабораторних досліджень для цементування низькотемпературних (до 50 °С) свердловин можна рекомендувати розширювальні тампонажні розчини з пониженою водовіддачею такого складу: (70-75%) ПЦТ + (30-25%) ГГЦ + 0,3% ММЦ + 0,5%

оксиду при водоцементному відношенні 0,5. Це дозволить підвищити якість кріплення свердловин і зберегти колекторські властивості продуктивних пластів.

Проведені лабораторні дослідження впливу ФХЛС на основні властивості розширювальних тампонажних розчинів. На основі лабораторних досліджень встановлено, що зі збільшенням вмісту ФХЛС від 0,25% до 1% підвищується розтічність (майже на 30%), збільшуються терміни тужавіння, особливо при температурах 50 °С і тисках 40 МПа. Крім того, при додаванні до розширювального тампонажного розчину ФХЛС підвищується міцність тампонажного каменю (майже у два рази) при вмісті 0,5% ФХЛС. Проте, лінійне розширення там-

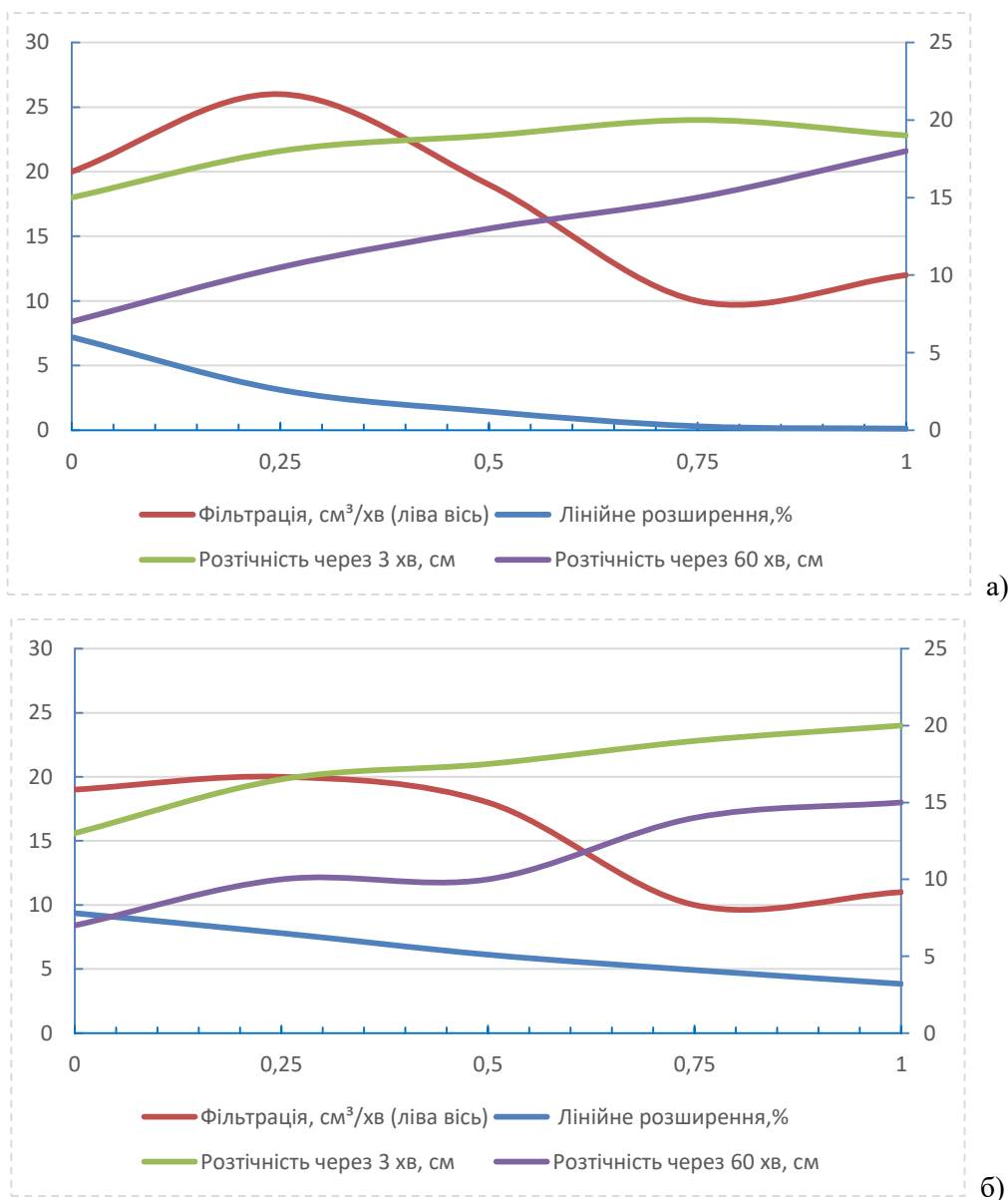


Рисунок 3 – Сумісний вплив ММЦ та оксиду на властивості тампонажного розчину і каменю

понажного каменю зменшується пропорційно до кількості доданого реагента.

Проведені також лабораторні дослідження впливу полівінілового спирту (від 0,25% до 1%) на властивості розширювальних тампонажних розчинів. В результаті проведених лабораторних досліджень встановлено, що зі збільшенням вмісту ПВС зменшується фільтрація тампонажного розчину (до 40 см³/30 хв при 1% ПВС) з одночасним зменшенням розтічності (особливо через 60 хв). Додавання ПВС дещо зменшує міцність тампонажного каменю і практично не впливає на лінійне розширення. Проте, збільшення вмісту ПВС понад 1 % спричиняє інтенсивне піноутворення розчину, що обмежує можливість його застосування.

Метас (1-2,5%) ефективно знижує фільтрацію розширювальних тампонажних розчинів (до 24 см³/30 хв при 2,5% метасу), значно збільшує терміни тужавіння (майже у два рази початок тужавіння і у три рази – кінець тужавіння), практично не впливає на розтічність, заміряну через 3 хв і збільшує (у два рази) заміряну через 60 хв та дещо зменшує лінійне розширення. Проте, метас суттєво зменшує (більше, ніж у п'ять разів) міцність тампонажного каменю, що є вадою його використання.

Висновки

Досліджено вплив хімічних реагентів на властивості розширювальних тампонажних розчинів.

Встановлено, що додавання оксиду до розширювального тампонажного розчину підвищує розтічність та покращує прокачуваність, а додавання модифікованої метилцелюлози знижує фільтрацію та підвищує консистенцію розширювального тампонажного розчину.

Розширювальний тампонажний розчин із сумісною добавкою оксиду та модифікованої метилцелюлози має низьку фільтрацію та кращу розтічність при задовільних решта параметрів.

Рекомендовано для цементування низькотемпературних (до 50°C) свердловин розширювальний тампонажний розчин такого складу: (70-75%) ПЦТ + (30-25)% ГГЦ + 0,3% ММЦ + 0,5% оксиду з водоцементним відношенням 0,5 який має низьку фільтрацію.

Література

1. Орловський В. М., Білецький В. С., Похилко А. М. Тампонажні розчини з диференційованим темпом набору міцності. *Проблеми та перспективи нафтогазової промисловості*. 2020. № 4. С. 91 – 105. DOI:10.32822/naftogazscience.2020.04.091

2. Тершак Б. А., Ставичний Є. М., Андрусак А. М., Прутула Л. Я. Інноваційні розробки зі спорудження свердловин на родовищах ПАТ «Укрнафта». *Нафтова галузь України*. 2015. №4. С. 19 – 22.

3. Ставичний Є. М., Ігнатів А. О. Лабораторні та промислові дослідження процесу цементування нафтогазових свердловин в умовах товщ осадових порід. *Інструментальне матеріалознавство*. 2020. №1(23). С. 88 – 103.

4. Орловський В. М. Тампонажні матеріали для помірних і підвищених температур, що розширюються при твердінні. *Нафтогазова інженерія*. 2017. № 2. С. 64 – 69.

5. Наливайко О., Ромашко О., Рудий С. Покращення якості цементування нафтових і газових свердловин тампонажним розчином з гідрофобним матеріалом «Ramsinks-2M». *InterConf*. 2021. № 81. С. 236 – 248. <https://doi.org/10.51582/interconf.21-22.10.2021.031>

6. Кочкодан Я. М., Васько А. І. Ефективність застосування тампонажних розчинів для цементування обсадних колон на підземних сховищах газу. *Нафтова галузь України*. 2019. № 5. С. 19 – 22.

7. Кочкодан Я. М. Особливості тампонування свердловин на підземних сховищах газу. XI наукова інтернет конференція (16-18 березня 2015 р., Київ). 2015. С. 26 – 35.

References

1. Orlovskiy V. M., Biletskyi V. S., Pokhylko A. M. Tamponazhni rozchyny z dyferentsiiovanyim tempom naboru mitsnosti. *Problemy ta perspektyvy naftogazovoi promyslovosti*. 2020. No 4. P. 91 – 105. DOI:10.32822/naftogazscience.2020.04.091

2. Tershak B. A., Stavychnyi Ye. M., Andrusiak A. M., Prytula L. Ya. Innovatsiini rozrobky zi sporudzhennia sverdlovyn na rodovyshchakh PAT «Ukrnafta». *Naftova haluz Ukrainy*. 2015. No 4. P. 19 – 22.

3. Stavychnyi Ye. M., Ihnatov A. O. Laboratorni ta promyslovi doslidzhennia protsesu tsementuvannia naftogazovykh sverdlovyn v umovakh tovshch osadovykh porid. *Instrumentalne materialoznavstvo*. 2020. No 1(23). P. 88 – 103.

4. Orlovskiy V. M. Tamponazhni materialy dlia pomirnykh i pidvyshchenykh temperatur, shcho rozshyriuiutsia pry tverdinni. *Naftogazova inzheneriia*. 2017. No 2. P. 64 – 69.

5. Nalyvaiko O., Romashko O., Rudyi S. Pokrashchennia yakosti tsementuvannia naftovykh i hazovykh sverdlovyn tamponazhnym rozchynom z hidrofobnym materialom «Ramsinks-2M». *Inter Conf*. 2021. No 81. P. 236 – 248. <https://doi.org/10.51582/interconf.21-22.10.2021.031>

6. Kochkodan Ya. M., Vasko A. I. Efektyvnist zastosuvannia tamponazhnykh rozchyniv dlia tsementuvannia obsadnykh kolon na pidzemnykh skhovyshchakh hazu. *Naftova haluz Ukrainy*. 2019. No 5. P. 19 – 22.

7. Kochkodan Ya. M. Osoblyvosti tamponuvannia sverdlovyn na pidzemnykh skhovyshchakh hazu. *KhI naukova internet konferentsiia (16-18 bereznia 2015 r., Kyiv)*. 2015. P. 26 – 35.