

**Література**

1. Булатов А.И., Данюшевский В.С. Тампонажные материалы. – М.: Недра, 1987. – 279 с.
2. Булатов А.И. Формирование и работа цементного камня в скважине. – М.: Недра, 1990. – 408 с.
3. ДСТУ 2860-94 Надійність техніки. Терміни та визначення. – К.: Держстандарт України, 1994. – 92 с.

4. ДСТУ 2470-94 Надійність техніки. Системи технологічні. Терміни та визначення. – К.: Держстандарт України, 1994. – 11 с.

5. Бурыйкин А.Н. Методический подход к исследованию надежности крепи скважин // Тампонажные материалы и технология крепления скважин / Тр. ВНИИКРнефть. – 1981. – С. 23-27.

6. Первушин Г.Н., Орешкин Д.В. Надежность нефтяных и газовых скважин в сложных горно-геологических условиях // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и море. – 2005. – № 6. – С.27-31.

УДК 622.244.4.06

## ВИБІР ІНГІБУЮЧОГО ПОЧАТКУ БУРОВОГО РОЗЧИНУ ДЛЯ БУРІННЯ У СКЛАДНИХ ГІРНИЧО-ГЕОЛОГІЧНИХ УМОВАХ

*О.В.Кустурова, А.О.Васильченко*

*УкрНДГаз, 212914, м. Харків – 125, Красношкільна набережна, 20, тел. (0572) 212914  
e-mail: [gaz@ukrniigaz.kharkov.ru](mailto:gaz@ukrniigaz.kharkov.ru)*

*Рассмотрены существующие представления о механизме ингибирующего действия силикатов, ионов калия и гидроксида кальция. Приведены результаты сравнительных исследований влияния водных сред силикатного и известкового буровых растворов на аржиллиты*

*Existing imaginations about the mechanism of an inhibiting effect of silicates, potassium ions and calcium hydroxide are considered. Results of comparative researches of influence of aqueous mediums of silicate and lime-based drilling fluids on water sensitive shales are given.*

Головною умовою безаварійного буріння свердловин у складних гірничо-геологічних умовах є правильний вибір типу та компонентного складу бурового розчину [8], а також оптимізація його технологічних параметрів.

В технології бурових розчинів повелося так, що основний інгібуючий елемент визначає назву типу бурового розчину. На сьогодні більшою чи меншою мірою застосовують калієвий, силікатний і вапняний [1] бурові розчини та їх перспективні різновиди – силікатно-калієвий [2] і вапняно-калієвий. Основні типи бурових розчинів застосовувались під час буріння свердловин у Дніпровсько-Донецькій западині. Щоб скласти достатньо повне уявлення про переваги та недоліки цих систем бурових розчинів, необхідно взяти до уваги існуючі теоретичні погляди щодо інгібуючої дії силікатів, іонів калію та гідроксиду кальцію, а також результати лабораторних досліджень.

### **Уявлення про інгібуючу дію неорганічних компонентів бурового розчину**

**Силікати лужних металів.** Г. Дарлі [3] запропонував механізм інгібуючої дії силікату натрію (рідкого скла), суть якого полягає у тому, що зовнішні чинники – висока концентрація солі або присутність полівалентних іонів у поровому флюїді, або пониження лужності, або дія високої температури викликають утворення

кремнієвої кислоти або силікату кальцію з нестабільного високомодульного рідкого скла. Це забезпечує утворення захисного шару на поверхні та у поровому просторі глинистих мінералів і цим попереджує надходження води у глинисті породи. На підтвердження такого механізму В.Д.Городнов [4] наводить результати досліджень впливу розчину рідкого скла 40% концентрації на набухання глинистого зразка: за сприяння високої концентрації хлористого натрію глинистий зразок зберігав форму протягом двадцяти днів і навіть зміцнювався, а за відсутності солі зразок зруйнувався вже через 2 доби.

Нині застосовуються нові рецептури силікатних розчинів з концентрацією рідкого скла на рівні 2%, вмістом КСІ = 5% і рН близько 11. Прикладом може бути рецептура “Sildril” фірми MI-SWACO [2]. В результаті впровадження розчину “Sildril” було зазначено [2], що вартість такої системи у 4-6 разів вища за звичайну полімерну, і витрати реагентів виявилися у 2,3 рази вищими за проектні. Важливим недоліком силікатних розчинів нового покоління, як і попередніх рецептур, є використання силікату натрію чи калію у рідкому стані. Технологія одержання порошкових швидкорозчинних аморфних силікатів дуже складна [5], а висока вартість продукту стоїть на заваді їх промислового впровадження.

Модифікації калієвих бурових розчинів: калієві, вапняно-калієві, сілікатно-калієві успішно використовують з 70-х років минулого століття як у вітчизняній практиці буріння, так і за кордоном. Основним призначенням таких розчинів є забезпечення стійкості глинистих порід в інтервалах, схильних до обвалів. Існує декілька теорій про механізм інгібуючої дії іонів неорганічних солей [10, 11], одна з них полягає в тому, що вони проникають у порово-тріщинний простір гірських порід привибійної зони і руйнують там високовпорядковану структуру води, гальмують тим самим ентропо-осмотичний потік, який спричиняє руйнування стінок свердловини [9]. На відміну від вільного об'єму, де іони солей збільшують рівень структурної організованості води, у порах і тріщинах іони руйнують гідратні шари на поверхні мінералів і тим самим знижують структурну організованість води. Завдяки тому, що діаметр гідратної оболонки іонів калію менший, ніж іонів натрію, вони легше і на більшу відстань просуваються по тріщинах аргіліту і ефективніше гальмують процес зростання напружень.

Традиційна рецептура малоглинистого хлоркалієвого бурового розчину готується з вмістом глини не більше 4% і обов'язково містить КСІ 3-5% і частково (20-40%) гідролізований поліакриламід, який підвищує термостабільність бурового розчину. Як понижувачі фільтрації використовується весь спектр вітчизняних понижувачів фільтрації. Використання таких бурових розчинів при бурінні свердловин в складних гірничо-геологічних умовах підвищує стабільність стовбура свердловини і покращує очищення вибою від вибуреної породи.

**Гідроксид кальцію (вапно).** Вапняні бурові розчини відомі з 40-х років минулого століття і з того ж часу використовуються при бурінні свердловин у складних гірничо-геологічних умовах. Застосування вапна у складі бурового розчину забезпечувало високу стійкість стінок свердловин. Проте зі збільшенням глибин свердловин та зростанням вибійних температур далася ознака несумісності глинистої колоїдної фази і вапна: почастишали випадки тужавіння вапняного бурового розчину, збагаченого вибуреною породою у свердловині. Фахівці зробили висновок про температурну нестійкість вапняних бурових розчинів і перейшли до використання висококальцієвих бурових розчинів, в яких можна понизити рН і збільшити концентрацію іонів кальцію. Суперечки між фахівцями про механізм інгібуючої дії вапна і доцільність використання його у складі бурових розчинів не зупинились і до цього часу, що свідчить про актуальність застосування таких розчинів.

Вважалось [6], що механізм інгібування гідроксиду кальцію (диспергування або набухання глини) полягає у заміщенні катіонів натрію на кальцій у складі обмінного комплексу глини, а ступінь набухання кальцієвої форми глини значно менший, ніж натрієвої. Відомо, що вапняні бурові розчини вміщують від 80 до 150 мг/л катіонів кальцію при температурі 20<sup>0</sup>С. Роз-

чинність гідроксиду кальцію та ступінь його дисоціації при підвищенні рН і температури зменшуються. Таким чином, за присутності надлишку вапна (рН≥12) і високій температурі інгібуючі властивості вапняних бурових розчинів значно зростають при майже повній відсутності іонів кальцію у розчині [7]. Спираючись на теорію в'язучих речовин, слід визнати, що гідроксид кальцію з глинами вступає у хімічну реакцію у молекулярній і навіть колоїдній формі з утворенням в'язучої речовини, яка на кшталт кремнієвої кислоти вкриває захисним шаром поверхню глинистих мінералів і закріплює тріщини та пори.

На відміну від рідкого скла, яке перетворюється на гель кремнієвої кислоти безперервно внаслідок своєї нестабільності, гідроксид кальцію витрачається розчином переважно внаслідок реагування з новоутвореною поверхнею стовбура у свердловині та з вибуреною породою і значно менше внаслідок реакції з двоокисом вуглецю з повітря.

Попередні рецептури вапняних бурових розчинів, забезпечуючи високі інгібуючі властивості, мали певні недоліки: для регулювання реологічних властивостей необхідно було застосувати велику кількість органічної колоїдної фази або волокнистих наповнювачів. В свою чергу рецептури, запропоновані американськими фахівцями, передбачають застосування бентонітової глини, що потребує суворого дозування вапна протягом всього процесу буріння, а в безглинистих полімерних бурових розчинах концентрація гідроксиду кальцію настільки низька (рН = 10,5-11), що не здатна забезпечити достатнього рівня інгібування.

### Вибір бурового розчину для буріння у складних гірничо-геологічних умовах

Фахівці з бурових розчинів вважають, що обкатування шматочків аргіліту у моделях фільтратів бурових розчинів та оцінка диспергуючої здатності за методикою "Hot Roll", тобто визначення ступеня перетворення глини у колоїдну фазу в даному водному середовищі, є найбільш інформативними методами дослідження щодо інгібуючих властивостей реагентів та їх композицій.

Нами були проведені порівняльні дослідження впливу водних середовищ сілікатного та вапняного бурових розчинів за методиками обкатування шматочків аргіліту та "Hot Roll". Результати досліджень наведені в таблицях.

**Обкатування шматочків аргіліту.** Дослідження проводили в автоклавах, що обертаються при температурах 25, 75 та 125<sup>0</sup> С протягом 16 годин. Досліджували аргіліт фракції 3-5 мм. Використовували рідке скло густиною 1,44 г/см<sup>3</sup> з модулем 2,98 і вапно з активністю 75%. Коефіцієнт стійкості розраховували як відношення маси висушеного залишку аргіліту на ситі з отворами 1 мм до початкової маси керна в матеріалі, взяте у відсотках. Для зменшення впливу похибки на результати кожен експеримент проводився одночасно у трьох ка-

Таблиця 1 – Коефіцієнти стійкості шматочків аргіліту в результаті обкатування у водному середовищі силікатного та вапняного бурових розчинів

№ з/п	Склад водного середовища бурових розчинів, мас. %	Коефіцієнти стійкості, %		
		25 <sup>0</sup> С	75 <sup>0</sup> С	125 <sup>0</sup> С
1	Вода	78,9	76,7	76,3
2	Калій хлористий – 5; вода – решта	96	92,4	85,8
3	Силікат натрію – 4; вода – решта	97,6	98,6	97,8
4	Гідроксид кальцію – 4; вода – решта	94,9	96,4	100,4
5	Силікат натрію – 4; КСІ – 5; вода – решта	98,1	98,8	101,1
6	Гідроксид кальцію – 4; КСІ – 5; вода – решта	96,0	97,7	103,0

Таблиця 2 – Результати дослідження за методикою “Hot Roll”

№ з/п	Склад водного середовища бурового розчину, мас. %	Вміст колоїдної фази, %
1	Силікат натрію – 2; КСІ – 3; „Поліпак - R” – 0,5; вода – решта	0,16
2	Гідроксид кальцію – 2; КСІ – 3; „Поліпак - R” – 0,5; вода – решта	0,05

мерах старіння, а результат визначали як середнє арифметичне трьох дослідів.

З результатів досліджень, представлених у табл. 1, видно, що інгібуюча дія хлористого калію зменшується з підвищенням температури. Найвищий інгібуючий ефект виявлено у вапняній та вапняно-калієвій системах в інтервалі високих температур. Інгібуюча дія силікатного розчину достатньо висока і рівна у всьому інтервалі температур. Зростання рівня інгібування за присутності іонів калію у силікатних бурових розчинах можна пояснити впливом КСІ як електроліту на інтенсивність утворення твердої фази полікремнієвої кислоти. Таку роль може виконувати будь-який інший електроліт, хімічно сумісний з рідким склом.

**Дослідження за методикою “Hot Roll”.** Методика дослідження “Hot Roll” застосовують з метою визначення впливу водного середовища бурового розчину на диспергування пластичних глин до колоїдного стану при різних температурах. Дослідження проводили в автоклавах, що обертаються протягом 16 годин при температурі 75<sup>0</sup>С. Для експериментів використано зразки керованого глинистого матеріалу майкопського ярусу свердловини 1 Штормового ГКР Криму.

З результатів, представлених у табл. 2, видно, що водне середовище вапняного розчину значно більш агресивне до глин, ніж середовище силікатного розчину. Під час буріння у майкопських глинах це проявляється в тому, що реологічні параметри силікатного розчину складніше регулювати.

**Висновки:** Таким чином, силікати лужних металів і гідроксид кальцію захищають аргіліти від руйнування внаслідок утворення закріплюючого шару і мають приблизно однаковий рівень інгібування. Ступінь диспергування глин у середовищі вапняного бурового розчину менший, ніж у силікатному. При виборі інгібуючої системи на користь вапняного бурового розчи-

ну також свідчить те, що вапно застосовують у зручній порошковій формі, і витрати цього матеріалу менші, ніж рідкого скла, тому, враховуючи попередній досвід, а також сучасний напрям розвитку бурових розчинів, який зазвичай робить використання глинистої фази у складі бурових розчинів недоцільним, авторами розроблений і досліджений вапняний біополімерний буровий розчин [12]. Набір компонентів у цьому розчині у певних співвідношеннях утворює синергетичну композицію, яка забезпечує функціонування її компонентів в агресивному середовищі (рН=12 і більше). Використання запропонованого бурового розчину дасть можливість покращити техніко-економічні показники під час буріння у складних гірничо-геологічних умовах (у пластах з аномально низькими пластивими тисками тощо).

### Література

1. Вялов В.А. Применение известковых буровых растворов для уменьшения обвалообразования // Нефть. хоз-во. – 1995. – С. 37-39.
2. Арсланов А.Р. Техничко-технологические показатели проводки пологих скважин с использованием ингибирующего бурового раствора “Sildril” / Арсланов А.Р., Аханкин О.Б., Кошелев В.Н. // Сб. научн. тр. НПО «Бурение», Вып.11. – Краснодар, 2004. – С. 60-72.
3. Patent 3746109. Shale stabilizing solution of balanced activity / Darley, H.C.H. – U.S., 1972.
4. Городнов В.Д. Буровые растворы: Учеб. для техникумов. – М.: Недра, 1985. – 206 с.
5. Patent 4521136. Rapidly Dissolvable Silicates and Methods of Using the Same / Murphey, J.R. – U.S. 1985.
6. Роджерс В.Ф. Состав и свойства промышленных жидкостей для бурения нефтяных скважин. – М.: Недра, 1967. – 599 с.
7. Васильченко А.А. Буровые растворы: что лучше? // Нефтяник. – 1991. – №11. – С. 6-7.

8. Андерсон Д.Б., Эдвардс С.Д. Буровой раствор для проводки интервалов, сложенных осыпаяющимися и обваливающимися сланцами // Инженер-нефтяник. – 1977. – №9. – С. 20-23.

9. Васильченко А.О. Новый метод визначення інгібуючих властивостей бурових розчинів / Васильченко А.О., Локтев С.В., Боровик М.В., Яремійчук Я.С., Филь В.Г. // Стан і перспективи розвитку розвідувального та експлуатаційного буріння й закінчення свердловин в Україні: Матеріали науково-практичної конференції. – Харків: УНГА, 1998. – С. 102-103.

10. O'Brien D.E., Chenevert T. E. Stabilizing sensitive shales with inhibited potassium-based drilling fluids // J. Pet. Tech. – 1973. – № 9. – P. 1089-1100.

11. Simpson J.R. Drilling fluids – today and tomorrow // J. Pet. Tech. – 1971. – №11. – P. 1294-1298.

12. Пат. 5649 Україна, МПК С 09 к 7/02. Безглинистий вапняний буровий розчин / О.В.Кустурова, А.О.Васильченко та ін. – Опубл. 15.03.2005. Бюл. №3.

#### IV Міжнародна конференція

## СПІВПРАЦЯ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ВІДХОДІВ

*м. Харків*

*(31 січня – 1 лютого 2007 р.)*

#### Оргкомітет конференції

*НГО “ЕкоИнформ”*

*а/с 81, Харків-52, Україна, 61052*

*[http://www.waste.com.ua/cooperation\\_world\\_of\\_waste@mail.ru](http://www.waste.com.ua/cooperation_world_of_waste@mail.ru)*

*Попова Ірина Майорівна  
Попов Анатолій Іванович*

*Тел.: (057) 712 11 05*

*факс.: (057) 759 19 90*

*моб. тел.: 067 9106796*

#### Напрямки роботи конференції:

- Нормативно-правова база управління відходами*
- Санітарно-екологічні, організаційні та економічні аспекти проблеми*
- Технології, обладнання, послуги з переробки твердих побутових і промислових відходів*
- Облаштування і експлуатація полігонів*
- Очищення стічних вод. Обробка осадів. Ілові майданчики*
- Викиди в атмосферу. Газоочищення. Утилізація пилу та шламів*
- Енергія від відходів*
- Інформаційне, програмне та метрологічне забезпечення*
- Екологічне страхування, сертифікація, стандартизація, аудит, експертиза*
- Участь громадськості у вирішенні проблеми відходів*