

Є. Р. Мрозек
канд. техн. наук
ВАТ «Укрнафта»
М. Я. Магун
С. А. Гурський
Р. В. Зінков
НДПІ ВАТ «Укрнафта»

УДК 622.24.06

Досвід застосування лігносульфонатного реагенту РВ-СМ під час будівництва свердловин

Під час буріння глибоких високо-температурних свердловин до якості промивальних рідин ставлять більш високі вимоги, ніж при звичайному бурінні. Глинистий розчин має повною мірою забезпечувати якісне очищення свердловини від частинок породи, легко прокачуватися по трубах, охолоджувати і змащувати бурильний інструмент, створювати відповідний тиск на вибої, характеризуватися малою абразивністю і корозійною активністю, діяти як понижувач твердості порід на вибої тощо. Крім функцій промивального агента, глинистий розчин повинен запобігати обвалюванню стінок свердловин, а фільтраційна кірка, утворившись в інтервалі залягання проникних пластів, не повинна перешкоджати переміщенню в свердловині бурильного та інших інструментів. Необхідно також, щоб основні параметри промивальної рідини були в межах встановлених практикою норм, мало залежали від температури і зберігали свої значення впродовж тривалого часу [1].

Реагенти на основі лігносульфонатів за об'ємом їх застосування для об-

Исходя из результатов лабораторных исследований, предложена рецептура обработки промывочной жидкости и подобраны рабочие концентрации реагента РВ-СМ при бурении глубоких высокотемпературных скважин.

On the basis of laboratory tests data, the formulation for drilling mud treatment has been proposed and working concentrations of RV-SM reagent in the course of high-temperature deep wells drilling have been selected.

робки промивальних рідин займають друге місце після гуматів. У практиці буріння лігносульфонати вперше застосували в 1936–1937 р. р. П. З. Швейцер і Є. А. Яїшнікова [2]. Головним компонентом реагенту РВ-СМ є лігносульфонати технічні натрієві (ЛСТ-Na), основною функцією яких є зниження в'язкості з поєднанням стабілізуючого та інгібуєчого ефектів.

Вітчизняні та зарубіжні дослідники, здійснюючи пошук ефективних модифікацій лігносульфонатів, звертали увагу на різні аспекти їх дії. Вчений Є. Г. Кістер зазначав, що ЛСТ-Na утворюють у воді колоїдні розчини і легко осаджуються хлоридами натрію і кальцію, солями важких металів, мінеральними кислотами, а також солянокислим розчином ароматичних амінів. Фракціонування промислових лігносульфонатів за допомогою цих осаджувачів показує неоднорідність лігносульфонатного ком-

плексу, що, за С. Авербухом і К. Жигачевим, включає частинки від молекулярно розчинених до макромолекулярних ниток залежно від умов осадження (температури, кислотності тощо). Молекули ЛСТ-Na представляють собою неупорядковані розгалужені спіралі з різним ступенем ущільнення. Низькомолекулярні фракції можуть мати лінійну структуру.

Відомо, що немодифіковані ЛСТ-Na мають невелику розріджувальну дію і не здатні інгібувати набухання і диспергування монтморилонітмісного шламу [3]. Навпаки, відомо про достатньо високу диспергуючу здатність технічних лігносульфонатів відносно глинистих мінералів у промивальній рідині. Недоліками є піноутворення, що призводить до підвищеної витрати обвалювача, чутливість до бактеріального забруднення (у випадку відсутності хрому), невисока термостійкість тощо. Натомість такі модифіковані лігносульфонати, як РВ-СМ, підвищують термостійкість до 180 °С і більше, мають антиокислювальні властивості, інгібують механодеструкцію полімерів у промивальній рідині. Реагент РВ-СМ за своїми фізико-хімічними показниками характеризується високою розріджувальною здатністю, дає змогу підтримувати оптимальні реологічні властивості промивальної рідини, що особливо актуально в складних геологічних умовах. Прикладом цього є будівництво св. 17 Рудівсько-Червонозаводського родовища,

Конструкція св. 17-Рудівської

Таблиця 1

Найменування колон	Інтервал спуску, м	Діаметр колони, мм	Діаметр долота для буріння під колону, мм	Тип різьбового з'єднання обсадних труб	Тип тампонажного матеріалу	Густина тампонажного розчину, кг/м³
Направлення	0–26	630	«Шнек»-720	«Стикозварне»	ПЦТ-I-50	–
Кондуктор	0–1027	426	393,7+ РШ 555	НОРМКБ	(ПЦТ-III-Пол.5-100+ПЦТ-I-50)* ПЦТ-I-50+ПЦТ-III-Пол.5-50	(1520; 1790)* (1830; 1500)
Проміжна	0–2700	324	393,7	«Buttres»	I секц. ПЦТ-I-100 II та III секц. ПЦТ-I-50	1820 1820
Проміжна	0–5044	245	295,3	«Buttres»	I секц. РТМ-120 II та III секц. ПЦТ-I-100 IV секц. ПЦТ-I-50	1820 1820 1820
Експлуатаційна	0–5760	168/140	215,9	«Buttres»	(тамп. мат. «Schlumbergers»)* ШПЦС-120+ПЦТ-I-100	(1950)* 1860

* Характеристика показників (матеріалів) для нижньої секції обсадних колон.

пробуреної до глибини 5 760 м (табл. 1). Буріння під експлуатаційну колону здійснювали у складних геолого-технічних і баротермальних умовах (глибина – 5 730 м, пластовий тиск – 82,0 МПа, статична температура – 154 °С).

Під час розкриття нижньої частини візейського та турнейського ярусів на початку буріння з-під баїшмака 245 мм II проміжної колони, незважаючи на підвищення густини до 1 840–1 850 кг/м³, після проведення спуско-піднімальних операцій (СПО) зафіксовано виходи «пачок» розгазованого розчину різної інтенсивності з вмістом газової суміші до 90%. Проведення дегазації вимагало тривалого часу і ускладнювалося з причини підвищення значень структурно-реологічних характеристик промивальної рідини.

Ускладнені гірничо-геологічні умови будівництва свердловини визначали підвищені вимоги щодо оптимально-

го планування процесу поглиблення з постійним контролем за станом та якістю промивальних рідин, вимагали постійного удосконалення їх хімічних обробок із метою одержання стабільних структурно-реологічних показників і підсилення їх термостійких та інгібуючих властивостей.

На основі проведених лабораторних досліджень для регулювання властивостей промивальної рідини розроблено рецептуру її обробки реагентом-розріджувачем РВ-СМ в комбінації з КМЦ фін-фікс НС, СБР, NaOH, KCl, що дало можливість зменшити структурно-реологічні показники до оптимальних значень зі збереженням фільтраційних показників на попередньому рівні.

Використання запропонованої обробки дало змогу продовжити поглиблення свердловини без ускладнень із фоновими показниками вмісту газової суміші в промивальній рідині 0,1–0,5%.

Після зупинок циркуляції, пов'язаних із СПО (для заміни долота або шаблонування відкритого стовбура), спостерігали вихід вибієвих «пачок» розгазованого розчину з максимальним вмістом газової суміші до 85% і зменшенням густини до 1 700 кг/м³. Але завдяки зменшенню реологічних показників промивальної рідини час дегазації розгазованої пачки зменшувався і густина відновлювалася до 1 820 кг/м³ (табл. 2).

Зі збільшенням температури зменшується стабілізуюча дія захисних реагентів на глинисті розчини, оскільки більшість захисних реагентів недостатньо термостійкі і зазнають різних хімічних перетворень під дією високої температури. Крім цього, підсилюється процес десорбції реагентів-стабілізаторів та розріджувачів із поверхні твердої фази, що значно ускладнює контроль за якістю розчину. Найбільшого поширення отримала комбінована об-

Параметри промивальної рідини (рецептура обробки) під час поглиблення св. 17-Рудівської

Таблиця 2

Вибір №	Процес	Промисловий рідинний	Параметри промислових рідин						Реологічні властивості		
			Густина, кг/м³	В'язкість, с	Показник фільтрації, см³/30 хв	СНЗ, дПа, це	Товщина кірки, мм	Коефіцієнт тертя кірки	pH	Пластична в'язкість, мПа·с	Динамічне напруження зсуву, дПа
Заготівка	1	Вихідна	1200	58	4,0	50/70	0,5	0,13	10,0	38	62
		Обробка	3 % ВЛР 10 %-ної конц. + 0,05 % антиферментатора + 1 % СБР 50 %-ної конц.								
500	2	Результат	1200	48	4,5	35/50	0,5	0,12	10,0	26	50
		Вихідна	1240	50	4,0	34/69	0,5	0,12	9,50	25	61
1000	3	Обробка	3 % лігноксину 10 %-ної конц. + 0,05 % антиферментатора + 1 % СБР 50 %-ної конц.								
		Результат	1230	46	3,0	30/58	0,5	0,12	9,70	20	52
		Вихідна	1240	80	4,0	66/88	0,5	0,12	8,00	38	64
		Обробка	3 % РВ-СМ 10 %-ної конц. + 0,05 % антиферментатора + 1 % СБР 50 %-ної конц.								
1500	4	Результат	1280	60	3,5	50/68	0,5	0,12	8,00	32	62
		Вихідна	1180	60	4,5	70/105	0,5	0,08	12,0	50	96
		Обробка	3 % суміші у однаковому співвідношенні (РВ-СМ : лігноксин : ВЛР) 10 %-ної конц. + 1 % СБР 50 %-ної конц.								
		Результат	1170	30	2,5	28/41	0,5	0,07	12,0	18	55
2000	5	Вихідна	1180	80	5,0	62/89	1,0	0,14	9,0	33	70
		Обробка	5 % РВ-СМ 10 %-ної конц. з 10 % NaOH + 0,05 % Пентаксу								
		Результат	1170	67	4,0	30/64	1,0	0,10	9,10	20	58
	6	Вихідна	1200	75	8,0	74/102	1,0	0,10	8,5	—	—
		Обробка	2 % КМЦ 2,5 %-ної конц. + 3 % РВ-СМ 20 %-ної конц. з 10 % NaOH								
		Результат	1200	70	5,0	62/82	1,0	0,10	8,62	—	—
3000	7	Вихідна	1210	72	7,5	17/47	1,0	0,07	11,80	—	—
		Обробка	3 % РВ-СМ 10 %-ної конц. + 2 % лігноксину 5 %-ної конц. + 0,1 % Пентаксу								
		Результат	1230	54	5,0	15/32	0,5	0,07	11,82	—	—
	8	Вихідна	1180	70	6,5	18/42	1,0	0,08	10,60	16	54
		Обробка	1 % РВ-СМ 10 %-ної конц. + 2 % лігноксину 5 %-ної конц. + 2 % ВЛР + 2 % БСО								
		Результат	1170	50	5,0	12/30	1,0	0,07	10,82	10	16
4000	9	Вихідна	1210	65	5,5	54/86	0,5	0,07	9,20	42	61
		Обробка	3 % РВ-СМ 15 %-ної конц. + 1 % СБР 50 %-ної конц. + 0,5 % CaCl ₂								
		Результат	1200	40	3,0	30/46	0,5	0,07	9,20	27	44
	10	Вихідна	1200	64	5,0	54/102	1,0	0,06	9,00	40	98
		Обробка	3 % КССБ-МТ 15 %-ної конц. + 1 % СБР 50 %-ної конц. + 0,5 % CaCl ₂								
		Результат	1200	60	4,0	54/80	1,0	0,06	9,18	38	90
5000	11	Вихідна	1260	80	6,0	73/138	1,0	0,08	8,60	48	80
		Обробка	3 % лігноксину 5 %-ної конц. + 1 % РВ-СМ 25 %-ної конц. + 1 % KCl								
		Результат	1260	66	4,0	50/75	0,5	0,08	8,72	40	82
	12	Вихідна	1820	40	5,0	144/186	1,0	0,08	8,20	—	—
		Обробка	3 % РВ-СМ 15 %-ної конц. + 1 % СБР 50 %-ної конц. + 0,1 Пентаксу + 1 % КМЦ 2,5 %-ної конц.								
		Результат	1810	38	3,0	60/85	0,5	0,06	8,25	—	—
5760	13	Вихідна	1820	55	5,0	130/159	1,0	0,08	10,00	70	95
		Обробка	3 % РВ-СМ 15 %-ної конц. з 10 % NaOH + 1 % нафти + 1,5 КМЦ 2 %-ної конц.								
		Результат	1810	50	3,0	70/96	0,5	0,07	10,40	28	76

робка промивальних рідин кількома хімічними реагентами. Обробка рідини реагентами ВЛР (проба 1), лігноксин (проба 2), РВ-СМ (проба 3) призводить до врегулювання структурно-реологічних характеристик. У разі використання комплексу реагентів РВ-СМ → гуматні реагенти (проба 4, 7, 11) помітне підсилення їх розріджувальної дії. Також виявлено синергетичний ефект від застосування РВ-СМ у комбінації з бітумним структуроутворювачем БСО (проба 8), змащувальною домішкою СБР (проби 9, 12, 13), стабілізатором КМЦ (проби 6, 12, 13) та солями-інгібіторами KCl і CaCl₂ (проби 9, 11). Зазначимо, що в першому – третьому випадках така комбінація призводить до підсилення закріплюючої дії промивальної рідини, покращення його фільтраційних та змащувальних показників; у четвертому – до підсилення розріджувальної та інгібуючої дії.

Поверхнева активність лігносульфонатних реагентів є важливим фактором їх стабілізуючої та розріджувальної дії. Разом із цим, зауважено підвищену аерацію промивальної рідини у разі збільшення добавок лігносульфонатних реагентів, особливо в лужних і солених середовищах. Підвищена в'язкість рідин, що спінуються, затруднює їх дегазацію, тому для протидії піноутворенню (проби 5, 7, 9, 10, 12) здійснюють обробку захисними реагентами [4].

Виконано дослідження з визначення оптимальної концентрації

Результати розрахунку ефективності розріджувальної дії реагентів за показником зниження умовної в'язкості

Доплижувана модель рідин	Показник розрідження К, %		
	РВ-СМ	ФХЛС-М	ΔК, %
Промивальна рідина (S _р – 19,4 %, Ca ⁺⁺ /Mg ⁺⁺ – 1 044,6 мг/л, KCl – 2,2 %)	44,44	33,33	11,11
Глиниста суспензія + 5 % KCl + 2 % CaSO ₄	58,60	20,68	37,92

лігносульфонатних добавок у слабо-мінералізованому розчині, який характеризувався такими показниками: $\rho = 1\,400\text{ кг/м}^3$, $T = 180\text{ с}$, $\Phi = 3,5\text{ см}^3$ за 30 хв, $K = 1\text{ мм}$, $\text{КТК} = 0,08$, $\text{СНЗ} = 107/232\text{ дПа}$, $S_{\text{ф}} = 1,2\%$, $\text{Ca}^{++}/\text{Mg}^{++} = 1\,002/121,6\text{ мг/л}$, $H_{\text{ф}} = 4\%$. Досліджено розчини лігносульфонатних реагентів 35 % концентрації. За результатами проведених досліджень за ефективністю розріджувальної дії реагенти можна розмістити в ряд таким чином: РВ-СМ+лігноксин (1:1) → РВ-СМ → ФХЛС-М → КССБ-МТ. Як видно з рисунка, оптимальна домішка РВ-СМ становить 1–3 %, що дає можливість оптимізувати рецептури для регулювання структурно-реологічних показників лігносульфонатних промивальних рідин, а в комбінації з лігноксином – підсилити його дію у слабо-мінералізованій промивальній рідині.

Здійснено розрахунок ефективності розріджувальної дії за показником зниження умовної в'язкості за формулою:

$$K = (T_1 - T_2) / T_1 \times 100 \%,$$

де K – величина зменшення в'язкості (показник розрідження), %; T_1 – умовна в'язкість розчину до обробки реагентом-розріджувачем; T_2 – умовна

в'язкість розчину після обробки реагентом-розріджувачем.

Враховуючи, що РВ-СМ та ФХЛС-М призначено для регулювання структурно-реологічних показників мінералізованих бурових розчинів, у тому числі з підвищеним вмістом катіонів полівалентних металів, для розрахунку використано результати обробки мінералізованого розчину та глинистої суспензії (табл. 3).

Середнє арифметичне значення коефіцієнта K – 24,51 %, тобто за показником зниження умовної в'язкості еквівалентне співвідношення кількості реагентів РВ-СМ та ФХЛС-М, необхідних для забезпечення однакової розріджувальної дії, становить 1: 1,245.

Отже, застосування комплексної рецептури обробки промивальної рідини реагентом-розріджувачем РВ-СМ у комбінації з КМЦ фін-фікс НС, хлоридом калію, СБР, піногасником Пентакс сприяло покращенню структурно-реологічних характеристик промивальної рідини, попередженню її температурної коагуляції, економії затрат на її обробку, що підтверджено результатами промислового застосування під час буріння глибоких свердловин на родовищах Карпатського і Дніпровсько-Донецького нафтогазопромислових регіонів.

Список літератури

1. Ангелопуло О.К., Мухін Л.К. Усовершенствование метода оценки термостойкости глинистых растворов. – М.: Недра, 1967. – 87 с.
2. Кистер Е.Г. Химическая обработка буровых растворов. – М.: Недра, 1972. – 392 с.
3. Гаврилов Б.М., Молканова Е.Н., Щербаева О.М. Импортзамещающие лигнополимерные реагенты для буровых растворов//Сб. научн. трудов ОАО НПО «Бурение». – 2003. – №9. – 64 с.
4. Магун М.Я., Гурський С.А., Забильська О.Є., Зінков Р.В. Застосування піногасників для хімічної обробки промивальних рідин//Нафт. і газова пром-сть. – 2007. – №5. – С. 29–30.

