
ВИСОКОМІНЕРАЛІЗОВАНІ БІОПОЛІМЕРНІ БУРОВІ РОЗЧИНИ, ЯК АЛЬТЕРНАТИВА ЗАСТОСУВАННЮ ОБВАЖНЕНИХ РВО

Лубан Ю. В.

Лубан С. В.

Жолоб Н. Р.

Онищенко В. П.

Король Н. О.

ТОВ «Геосинтез Інженіринг»

Перспективність розбурювання глибокозалягаючих нафтогазових відкладів набуває все більшої актуальності [1]. Успішність освоєння вуглеводневого потенціалу великих глибин великою мірою залежить від якості промивальних рідин. В даний час для розкриття продуктивних пластів широко використовуються безглинисті біополімерні промивальні рідини та розчини на вуглеводневій основі (РВО), які швидко набирають популярності. Однак, полісахаридна основа і порівняно не висока густина обмежує використання безглинистих промивальних рідин в умовах аномально високих пластових тисків і температур [2]. Відповідно альтернативи РВО, обважненим баритом, немає. Хіба що глинисті системи, стабілізовані акриловими або лігносульфонатними реагентами, які досі активно використовуються, але є застарілими, оскільки були розроблені ще в 60-х роках минулого століття.

Для таких умов було розроблено абсолютно новий безглинистий буровий розчин Біокар-ТФ, який завдяки впровадженню спеціальних заходів виводить полісахаридні системи на новий рівень застосування. Для обважнення Біокар-ТФ використовуються спеціально підібрані композиції високорозчинних солей, які забезпечують можливість збільшення густини до 1700 кг/м³. При цьому тверда фаза Біокар-ТФ представлена виключно частинками карбонатних блоаторів.

При збільшенні мінералізації в структурі полімерів виникають конформаційні зміни, які дозволяють збільшити термостійкість Біокар-ТФ до 170 °С. Це робить можливим його застосування при розбурюванні глибокозалягаючих продуктивних пластів з АВПТ. При цьому коефіцієнт відновлення проникності колекторів знаходиться на рівні, який є недосяжним для систем аналогічної густини на водній основі. Більше того, він є вищий, ніж для РВО, оскільки негативний вплив бариту, хоч і гідрофобного, не повністю нівелюється вуглеводневим характером фільтрату. Всі компоненти промивальної системи Біокар-ТФ кислоторозчинні та піддаються біологічній деструкції, як на поверхні, так і в привибійній зоні пласта. Фільтрат Біокар-ТФ не утворює жодних нерозчинних сполук при контакті із пластовими флюїдами.

Також однією із переваг бурового розчину Біокар-ТФ над РВО є сумісність з традиційною технологією цементування обсадних колон та екологічна безпечність, адже система відноситься до 4-го класу небезпеки та не потребує особливих вимог щодо утилізації.

За своїми технологічними властивостями Біокар-ТФ практично не поступається РВО. Для системи характерними є низькі значення показників фільтрації як при нормальних умовах, так і в умовах НРНТ (таб. 1).

Табл. 1 – Порівняння технологічних параметрів безглинистої системи Біокар-ТФ та IEP Witer-II

Назва показника	Одиниці вимірювання	Величина показника	
		Witer-II	Біокар-ТФ
Густина	г/см ³	0,98 – 2,3	1,35-1,7
Умовна в'язкість	с	40 – 180	40 – 150
Статичне напруження зсуву	Па	3 – 7/3 – 8	4 – 10/5 – 17
Показник фільтрації 20 °С	см ³ /30 хв	0,5 – 3,5	0,5 – 4,0
НРНТ фільтрація 160 °С	см ³ /30 хв	3 – 12	5 – 20
Пластична в'язкість	мПа · с	20 – 90	15 – 90
Динамічне напруження зсуву	Па	7 – 10	12 – 22
Електростабільність	В	≥ 300	–

Зазвичай показники НРНТ фільтрації визначаються через паперовий фільтр, але часто промивальні рідини, які характеризуються низьким рівнем фільтрації через паперовий фільтр, мають незадовільні показники при дослідженні на керамічних фільтрах, що моделюють фільтрацію вглиб пласта-колектора. Дослідивши НРНТ фільтрацію бурового розчину Біокар-ТФ через керамічні диски різної пористості встановлено, що у статичному режимі НРНТ фільтрація знаходиться на дуже низькому рівні. Для прикладу при температурі 160 °С, залежно від параметрів керамічного диска, її величина знаходиться в межах від 8 до 12 см³/30 хв (таб. 2). Не залежно від розмірів пор керамічного диска фільтрат представлений однорідною рідиною, в якій повністю відсутні частинки твердої фази. Це вказує на високу щільність і низьку проникність фільтраційної кірки. Такі результати досягаються завдяки органо-мінеральному коьматанту Alevgon, який ефективно сприяє блокуванню каналів фільтрації не залежно від розмірів пор середовища.

Табл. 2 – Статична та динамічна НРНТ фільтрація бурового розчину Біокар-ТФ через керамічні диски

Умови визначення НТРН фільтрації	Динамічний режим 350 об/хв, T=160 °С			Статичний режим T=160 °С		
	12	20	50	12	20	50
Параметри керамічного диска, мкм	12	20	50	12	20	50
Величина показника фільтрації, см ³ /30 хв	9	10,5	14	8	9,5	12

Дослідивши фільтрацію на керамічних дисках в динамічних умовах встановлено, що ерозійний вплив потоку промивальної рідини на величину фільтрації є незначним. Показник НРНТ динамічної фільтрації в усіх дослідях залишається на низькому рівні та майже дорівнює величині показника НРНТ фільтрації в статичному режимі, що свідчить про високу міцність фільтраційної кірки та стійкість до ерозійного руйнування.

За рахунок високої мінералізації та синергетичної дії комплексу солей буровий розчин Біокар-ТФ характеризується високими інгібуючими властивостями, які практично не поступаються РВО. Оцінка інгібуючих властивостей проводилась за показником стійкості, який визначався шляхом диспергування подрібнених частинок аргіліту певного гранулометричного складу у фільтратах бурового розчину [3]. В залежності від густини, оскільки обважнення здійснюється солями і їх концентрація змінюється, показник стійкості для Біокар-ТФ знаходиться в межах 85 – 98 % (рис. 2). Для порівняння у воді він становить 65 %, а у 7 %-му розчині хлориду калію – 76 %.

При розробці промивальних рідин для умов аномально високих пластових тисків та температур важливим є правильна оцінка термічної стійкості. Методів її оцінки існує багато, але загальноприйнятого немає. Перший і найбільш поширений – НТРН фільтрація. Проте за показником НТРН фільтрації не завжди точно вдається оцінити границю термічної стійкості, оскільки цикл нагрівання бурового роз-

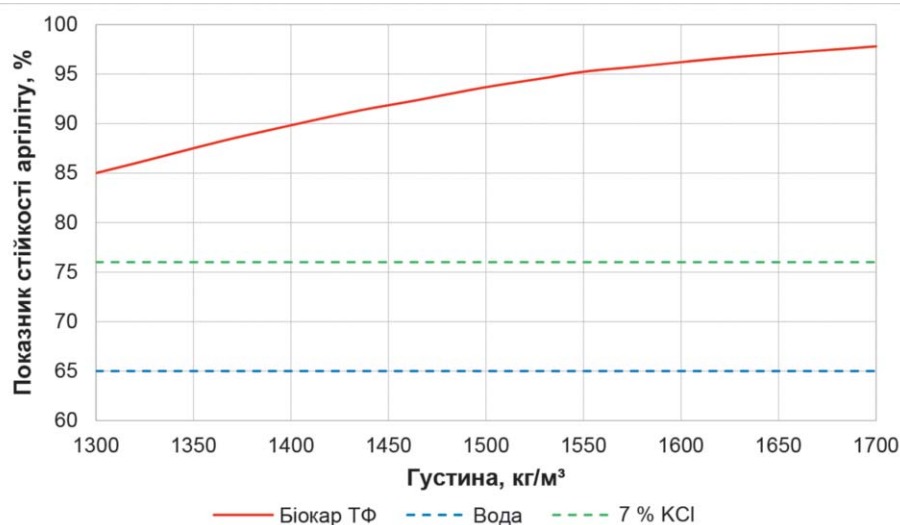


Рис. 2 – Залежність показника стійкості аргіліту від густини промивальної рідини

чину при вимірюванні показника носить короткотривалий характер і не завжди призводить до деструкції реагентів та погіршення властивостей досліджуваної промивальної рідини в процесі вимірювання фільтрації.

Другий метод, який з більшою точністю дозволяє оцінити термічну стійкість промивальних рідин – довготривале термостатування в динамічних або статичних умовах з подальшим вимірюванням параметрів. За стандартами API термостатування проводиться в динамічних умовах, за українськими – в статичних. На наш погляд, термостатування в статичних умовах дає більш інформативні результати, оскільки дозволяє оцінити такі речі, які не можливо побачити в динамічному режимі, а саме: відстій, розшарування, осідання обважнювача, температурне загустівання промивальної рідини тощо. Але часто навіть після термостатування технологічні параметри промивальних рідин, які вимірюються при кімнатній температурі, залишаються в допустимих межах. На рисунку 3 представлено зміну фільтрації ($\Delta p = 0,7$ МПа, $T = 22$ °С) для шести різних рецептур бурового розчину Біокар-ТФ до і після термостатування на 160 °С. Можемо побачити, що після термостатування величина фільтрації практично не змінилася. Тобто за даним критерієм всі представлені рецептури промивальної рідини придатні для застосування.

До термостатування НРНТ фільтрація ($\Delta p = 3,5$ МПа, $T = 160$ °С) досліджуваних рецептур бурового розчину Біокар-ТФ знаходилась в межах від 5 до 18 см³/30 хв, що відповідає загальноприйнятим нормам. Але після термостатування показник НРНТ фільтрації для трьох з шести досліджуваних розчинів виходить за рамки допустимих меж (рис. 4). Тобто тільки три рецептури з шести представлених володіють достатньою термостійкістю для використання при температурі 160 °С. Виходячи з цього, оцінку термічної стійкості промивальних рідин необхідно проводити комплексно – спочатку термостатування, а потім вимірювання фільтрації та реології в НРНТ умовах.

Додатковим потужним методом оцінки термічної стійкості безглинистих біополімерних систем є НРНТ реологія, оскільки в безглинистих розчинах найбільш чутливими до зміни зовнішніх факторів є реологічні вла-

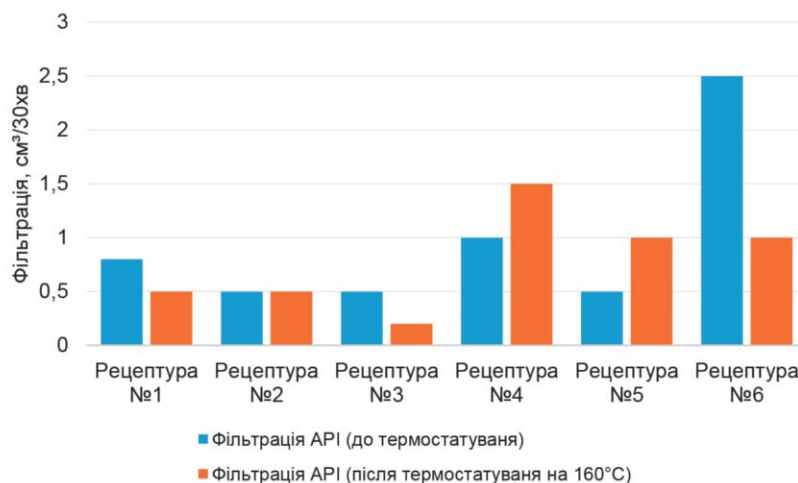


Рис. 3 – Показники фільтрації безглинистого бурового розчину Біокар-ТФ до і після термостатування на 160 °С

стивості. Оцінити термічну стійкість можна за графіком залежності напруження зсуву або в'язкості від температури, побудованому при будь-якій швидкості зсуву [4]. На графіку можна виділити характерну точку, в якій починається різке зниження реологічних характеристик – так звану точку плавлення «melting point» (T_m) (рис. 5). При досягненні даної температури просторова структура

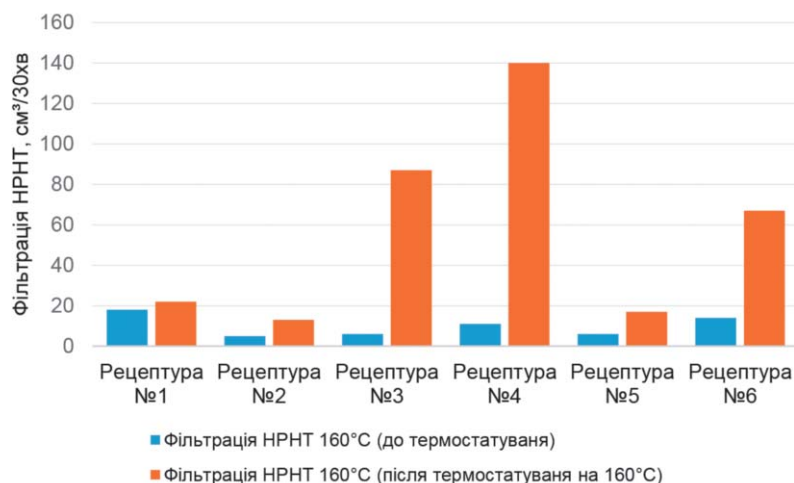


Рис. 4 – Показники НРНТ фільтрації безглинистого бурового розчину Біокар-ТФ до і після термостатування на 160 °C

гічними властивостями (фільтраційними, інгібуючими, реологічними) майже не поступається РВО.

Усі компоненти Біокар-ТФ кислоторозчинні або біологічно розкладаються. Для обважнення використовуються спеціально підібрані композиції високорозчинних солей та карбонатні наповнювачі, що гарантує мінімальне забруднення порід-колекторів.

До густини 1350 кг/м³, де обважнення здійснюється за рахунок карбонатних наповнювачів, найкращі результати забезпечують РВО. Також, не існує альтернативи застосуванню РВО при густині більше 1700 кг/м³ і температурі більше 170 °C.

В діапазоні густини 1350 – 1700 кг/м³ і температурі до 170 °C система Біокар-ТФ, з точки зору якості розкриття продуктивних пластів, є гідною альтернативою обважненим баритом РВО, оскільки, на нашу думку, негативний вплив бариту є більшим, ніж користь від вуглеводневого типу фільтрату. А беручи до уваги повну екологічну безпечність, ми бачимо за цією промивальною системою велике майбутнє.

Література

1. Лукин А. Е. Углеводородный потенциал больших глубин и перспективы его освоения в Украине / А. Е. Лукин // Вісник Національної академії наук України. – 2014. – № 5. – С. 31 – 36.
2. Застосування безглинистих промивальних рідин в умовах високих пластових тисків і температур / [Ю.В. Лубан, С.В. Лубан, В.В. Дудзич та ін.] // Нафтогазова галузь України. – 2013. – № 2. – С. 18 – 22.
3. Інгібуючі властивостей солей та сольових сумішей / [Н.Р. Жолоб, С.О. Ляшенко, С.В. Лубан, Ю.В. Лубан] // Міжнародна конференція GeoDrilling II «Буріння і розкриття пластів – 2017». Матеріали конференції – Полтава: ФОП Говоров С.В., 2017. – С. 63 – 67.
4. Лубан С.В. Управление термической устойчивостью биополимерных безглинистых промывочных жидкостей / С.В. Лубан // X Międzynarodowa Konferencja [«Geopetrol 2016»]: prace naukowe Instytutu Nafty i Gazu Państwowego Instytutu Badawczego nr 209, (Zakopane – Kościelisko, 19 – 22 wrześ. 2016 r.) – Kraków: Instytut Nafty i Gazu Państwowy Instytut Badawczy, 2016. – Ст. 293 – 297.

молекул полімерів зазнає змін – молекули з впорядкованого стану переходять в менш впорядкований. Такі зміни призводять до різкого зниження реологічних показників промивальної рідини та збільшують швидкість термічної деструкції.

Висновки:

Біокар-ТФ є сучасною промивальною системою для первинного розкриття продуктивних пластів в зонах аномально високих пластових тисків та температур. За своїми техноло-