

Я.В.Кунцяк

канд. техн. наук

Ю.В.Лубан

канд. техн. наук

ПрАТ «НДІКБ Бі»

С.В.Лубан

ТОВ «Геосинтез інженіринг»

Я.І.Кулик

ПрАТ «НДІКБ Бі»

До питання кольматації проникних пластів під час використання безглинистих промивальних рідин

УДК 622.24.06.32

В умовах багатопластових покладів вуглеводнів, не витриманих по глибині і простягання, застосування однотипних карбонатних блокаторів неефективне через низьку достовірність даних про розміри пор колекторів. Проблема може бути вирішена шляхом використання композитних блокаторів, що містять як жорсткі, так і пружні матеріали. У статті наведено результати лабораторних досліджень та приклади практичного застосування композитних блокаторів у системі безглинистого бурового розчину «Біокар».

В условиях многопластовых залежей углеводородов, не выдержанных по глубине и простиранию, применение однотипных карбонатных блокаторов неэффективно вследствие низкой достоверности данных о размерах пор коллекторов. Проблема может быть решена путем использования композитных блокаторов, содержащих как жесткие, так и упругие материалы. В статье приведены результаты лабораторных исследований и примеры практического применения композитных блокаторов в системе безглинистого бурового раствора «Биокар».

In conditions of multi-zone hydrocarbons deposits non-uniform in depth and strike the use of carbonate blockers of the same type is ineffective due to the low reliability of the data on the size of collector pores. The problem can be solved by using composite blockers containing both rigid and elastic materials. The paper shows the results of laboratory studies and examples of practical application of the composite blockers in Biokar clayless mud system.

Згідно з сучасними уявленнями [1, 2], серед промивальних рідин на водній основі найвищу якість розкриття продуктивних горизонтів забезпечують безглинисті біополімерні системи. На відміну від глинистих або полімерглинистих промивальних рідин, фільтрація яких супроводжується глибоким проникненням колоїдних часток у глибину порового середовища та утворенням внутрішньої зони кольматації, біополімерні рідини, що мають нехтовно малий вміст колоїдної фази, формують фільтраційну кірку на поверхні пласта, яка відіграє роль непроникного кольматційного екрана (рис. 1). Це досягається завдяки застосуванню спеціальних реагентів-блокаторів, розмір часток яких підбирається відповідно до розмірів пор колектора.

Під час утворення зони внутрішньої кольматації природне очищення колектора вкрай ускладнене, через що відбувається часткова або повна втрата продуктивності свердловини. У випадку застосування безглинистих рідин тонка поверхнева кольматційна кірка легко руйнується потоком пластового флюїду в процесі виклику припливу та експлуатації свердловини. Відновлення природної проникності колекторів при цьому відбувається майже повністю.

Для створення ізолюючого шару на поверхні продуктивних пластів використовують фракціоновані, дрібно мелені карбонатні наповнювачі – вапняк, доломіт і найчас-

тіше мармур, які належать до класу так званих жорстких кольматантів [3]. Ці речовини виглядають майже ідеальними блокаторами, оскільки характеризуються високим ступенем однорідності, кислоторозчинністю, стійкістю до диспергування, низькою абразивністю та інертністю до пластових флюїдів. У разі правильного підбору їх розмірів частки кольматантів розклинюються в отворах пор, між зернами породи, створюючи своєрідні абочні перемички, які відіграють роль основи майбутньої поверхневої фільтраційної кірки. Міцність такого блокуючого шару є зіставною з міцністю породи пласта-колектора. Це дає змогу уникати поглинань та забезпечувати високу якість розкриття проникних горизонтів за надмірних репресій, які, зокрема, виникають під час буріння в зонах аномально низьких пластових тисків.

Проте ефективне блокування каналів фільтрації колекторів відбувається лише у вузькому діапазоні співвідношень їх розмірів із розмірами кольматантів. Навіть за незначного відхилення як в один, так і в інший бік утворення абочних перемичок не відбувається, а проникність кольматційного шару та кількість відфільтрованої рідини різко збільшуються [4]. Наслідком цього є глибоке проникнення компонентів бурового розчину та збільшення товщини забрудненої зони. Існують реальні приклади, коли через

невдалий підбір фракційного складу твердої фази безглинистих бурових розчинів якість розкриття продуктивних горизонтів була гіршою, ніж у разі застосування застарілих глинистих систем.

Отже, застосування жорстких блокаторів потребує наявності повної та достовірної інформації про порову структуру колектора, оскільки неправильно підібрані коьматанти спроможні звести нанівель усі переваги від застосування безглинистих промивальних рідин. Ситуація ще більш ускладнюється за наявності в колекторі тріщин, які можуть змінювати свої розміри залежно від тиску в стовбурі свердловини. Крім цього, на швидкість утворення коьматаційного шару та його проникність впливає диспергування часток блокатора в процесі буріння, надходження у розчин шлам вибуреної породи, наявність та концентрація в розчині обважнювача тощо. Таким чином, в умовах багатопластових покладів більшості родовищ України, які характеризуються неоднорідністю по глибині та простяганням, визначення оптимального розміру часток жорсткого реагента-блокатора для кожної конкретної свердловини є надзвичайно складною технологічною задачею. При цьому в Україні все частіше говорять про те, що широко розрекламований підхід до її розв'язання, який полягає у залученні математичних методів аналізу та комп'ютерному моделюванні процесу коьматації [5], виявляється «низькоефективним та невиправданим ані з економічної, ані з технологічної точки зору» [6].

На наш погляд, необхідною умовою для вирішення цієї проблеми є повна відмова від хибної практики застосуван-

ня однотипних жорстких коьматантів та перехід до використання композитних блокаторів, що містять у своєму складі як жорсткі, так і пружні речовини.

До класу пружних коьматантів відносять органічні матеріали, які мають схильність до пружного деформування під тиском усередині порового простору колектора. Завдяки цьому пружні коьматанти мають кращі розклинювальні властивості та більше зчеплення з породою. Невідповідність їх розмірів отворам колектора менше впливає на процес утворення ізолюючого шару, який до того ж характеризується більшою стійкістю до пульсацій тиску. Але його міцність суттєво поступається шару з жорстких коьматантів [3].

У разі композитного використання пружні та жорсткі коьматанти доповнюють один одного, що дає можливість отримати блокатор, великою мірою позбавлений зазначених недоліків.

Композитні блокатори допомагають створювати еластичний ізолюючий шар високої міцності. Під час його формування пружні речовини заповнюють порожнечі між частками жорстких коьматантів та зернами породи, які утворюються внаслідок невідповідності між їх розмірами. При цьому завдяки деформуванню під тиском пружні речовини здатні виконувати роль еластичного ущільнювача, не залежно від розмірів цих порожнеч та їх конфігурації (рис. 2). Таким чином, для ефективного застосування композитних блокаторів немає потреби в детальній дослідженні інформації про характеристики колектора.

Викладені теоретичні уявлення знайшли своє підтвер-

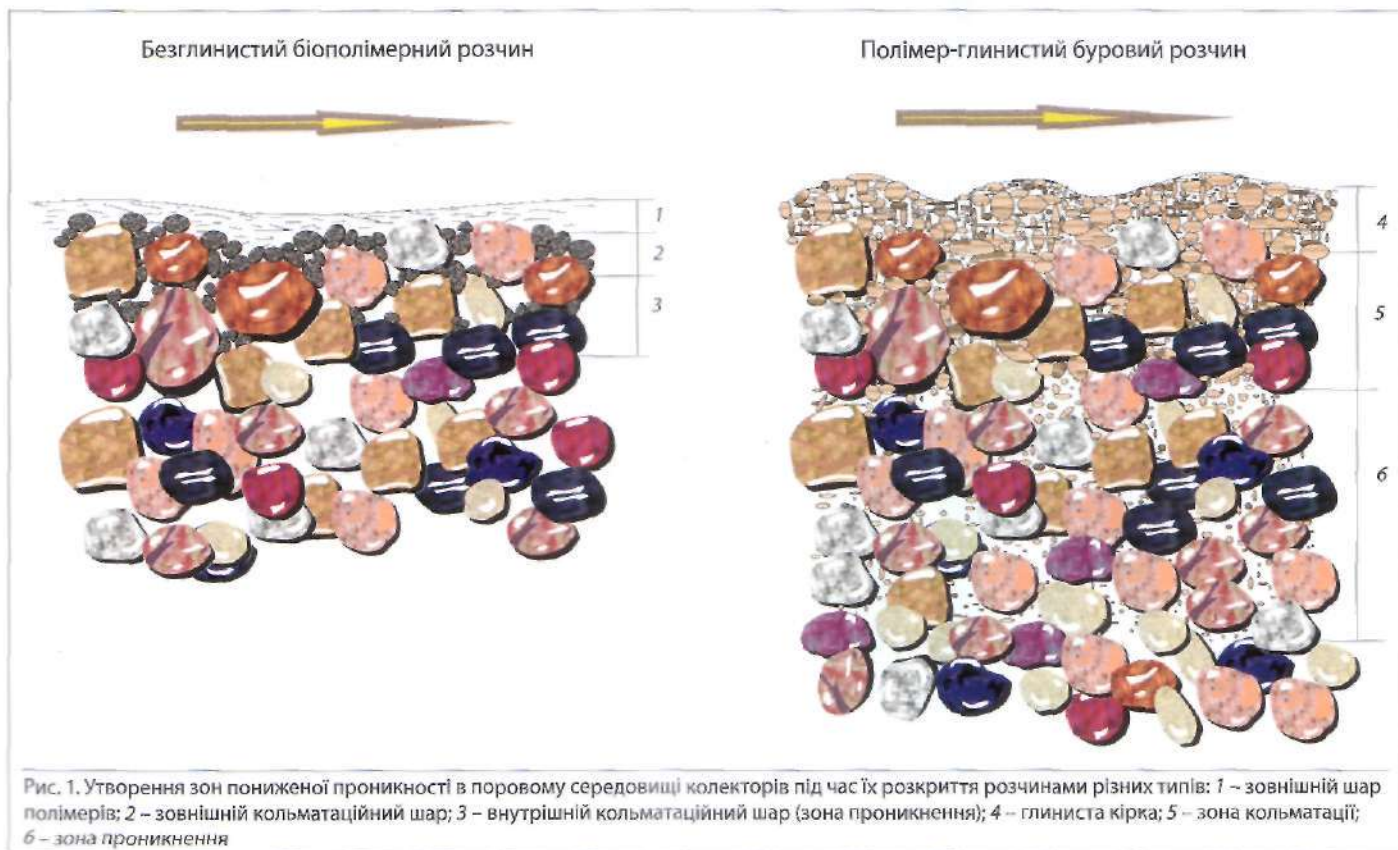


Рис. 1. Утворення зон пониженої проникності в поровому середовищі колекторів під час їх розкриття розчинами різних типів: 1 – зовнішній шар полімерів; 2 – зовнішній коьматаційний шар; 3 – внутрішній коьматаційний шар (зона проникнення); 4 – глиниста кірка; 5 – зона коьматації; 6 – зона проникнення

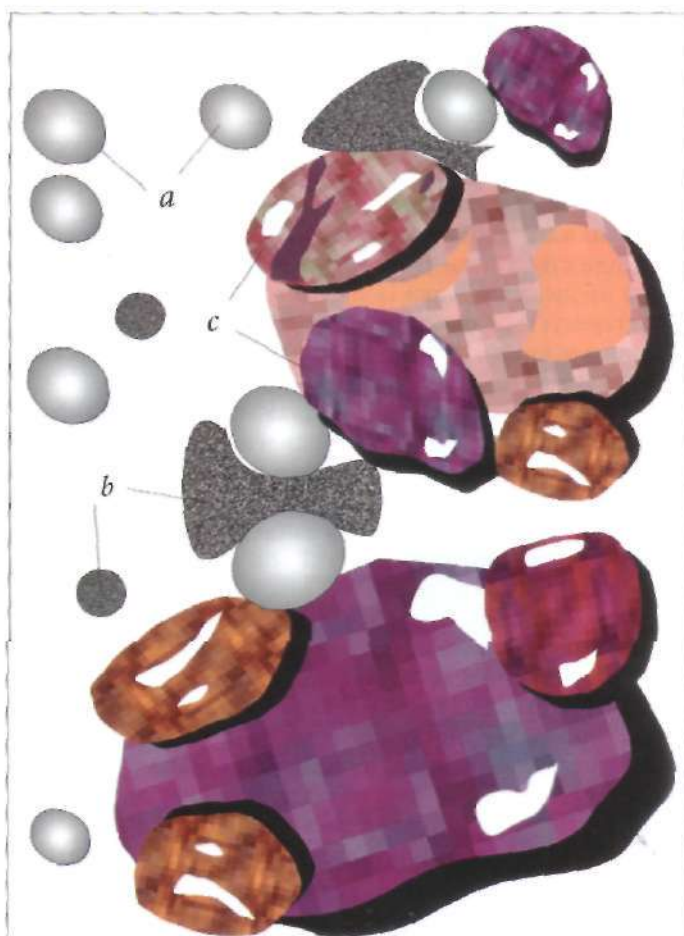


Рис. 2. Схема кольматції порового простору колектора композитним блокатором: а – частки жорсткого блокатора; б – частки пружного блокатора; с – зерна породи

дження під час лабораторних досліджень фільтрування безглинистих рідин, які містили кольматанти різних типів, через модель піщаного фільтра [1]. Гранулометричний склад фільтрів підбирали відповідно до розмірів часток,

Таблиця 1
Застосування промивальної рідини «Біокар» для розкриття продуктивних горизонтів

Номер свердловини, родовище	Замовник робіт	Особливості застосування
Св. 545, Бугруватівське	ВАТ «Укрнафта»	горизонтальна свердловина
Св. 97, Яблунівське	ВАТ «Карпатигаз»	горизонтальна свердловина
Св. 301, 303, 304, 306, 307, Леляківське	СП «Каштан Петролеум, ЛТД»	похило-скеровані і горизонтальні свердловини, АНПТ, тріщинуватий карбонатний колектор
Св. 10, Ольгівське	ТОВ «Куб-газ»	АНПТ
Св. 22, 23, 24, 62, Острівське	ПрАТ «Укргазвидобуток»	похило-скеровані свердловини
Св. 10, Краснозаярське	ТОВ «Укрістгаз»	гідростатичні тиски
Св. 53, Свиридівське	«Регал Петролеум Корпорейшн ЛТД»	АВПТ
Св. 2, Роганське	ТОВ «Еско-Північ»	АНПТ
Св. 20, 21, Острівське	ПрАТ «Укргазвидобуток»	для перфорації, глушіння та ремонту
Св. 14, Сахалінське	ЗАТ «ДК «Укрнафтобуріння»	для перфорації, глушіння та ремонту

властивих крупно-, середньо- і дрібнозернистому пісковнику, а також крупнозернистому алевриту [7]. Для кольматції фільтрів використовували карбонатні реагенти-блокатори, що їх застосовують під час буріння свердловин в Україні. Ефективність ізолюючого шару оцінювали за кількістю рідини, яка відфільтровувалася через піщаний фільтр під тиском 0,7 МПа за 30 хв.

Як видно з результатів досліджень (рис. 3), частки жорстких кольматантів в усіх випадках виявляють вибіркову ефективність. Тобто не існує карбонатного або іншого жорсткого блокатора, однаково ефективного в усьому діапазоні розмірів пор колекторів. За оптимального співвідношення розмірів пор і часток блокатора фільтрація розчину знаходиться на низькому рівні, але зміна розмірів пор призводить до її зростання і потребує коректування фрак-

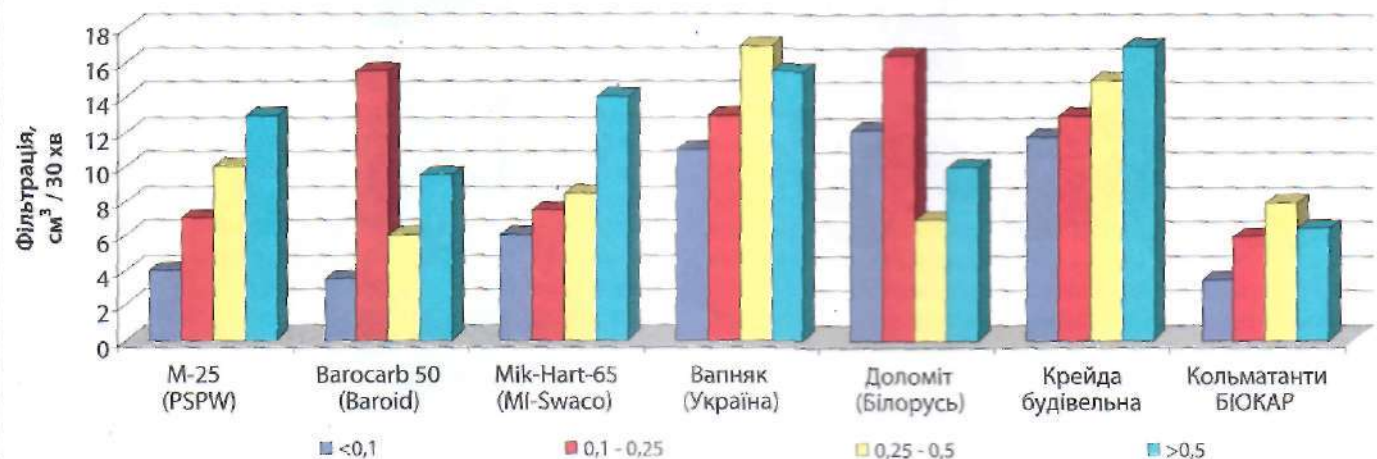


Рис. 3. Ізолюючі властивості різних типів кольматантів після прокачування біополімерного розчину через піщані фільтри різного гранулометричного складу

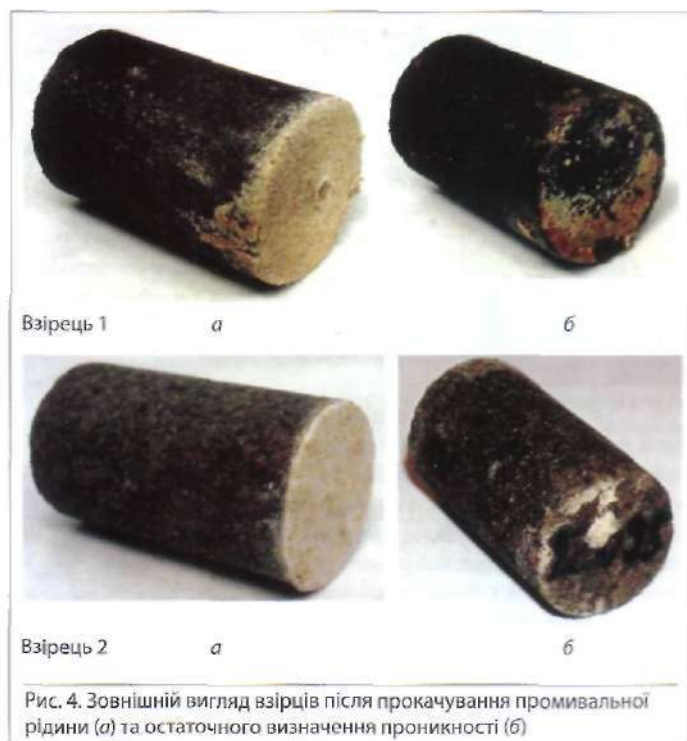


Рис. 4. Зовнішній вигляд зрізів після прокачування промивальної рідини (а) та остаточного визначення проникності (б)

ційного складу блокатора. Виключити необхідність такого корегування можна тільки шляхом додаткового введення до складу бурового розчину пружного органічного наповнювача. В такому випадку утворення непроникного ізоляційного бар'єра не залежить від пористості колектора, а фільтрація в усіх дослідках залишається мінімальною.

Проведені дослідження дали змогу визначити типи та оптимальні концентрації органічних матеріалів, що можуть використовуватися як наповнювачі безглинистих промивальних рідин. Установлено, що оптимальний вміст жорстких кольматантів у безглинистому розчині становить близько 10 %, а їх співвідношення з пружним кольматантом необхідно підтримувати на рівні 10:1–1,5. Одержані результати лягли в основу розробки композитних реагентів-блокаторів для біополімерної безглинистої промивальної рідини «Біокар», яку успішно використовують для розкриття продуктивних горизонтів на родовищах України (табл. 1).

Високі ізолюючі властивості промивальної рідини «Біокар» та її позитивний вплив на якість розкриття продуктивних пластів наочно ілюструють результати досліджень, одержані в Інституті нафти і газу у м. Кракові. У ході досліджень за методикою Американського нафтового інституту використовували:

фільтрпрес для визначення фільтрації в статичних і динамічних умовах при високому тиску і температурі (High Pressure High Temperatur Filter Press: $\Delta P_{\max} = 2,8$ МПа, $T_{\max} = 150$ °С, OFI, USA);

установку для визначення проникності кернів у пластових умовах (Universal Permeability Meter – Coreflooding System: $\Delta P_{\max} = 2,1$ МПа, $T_{\max} = 150$ °С, Temco, USA);

установку для визначення товщини внутрішньої та зовнішньої фільтраційної кірки (RVG Kodak 2000).

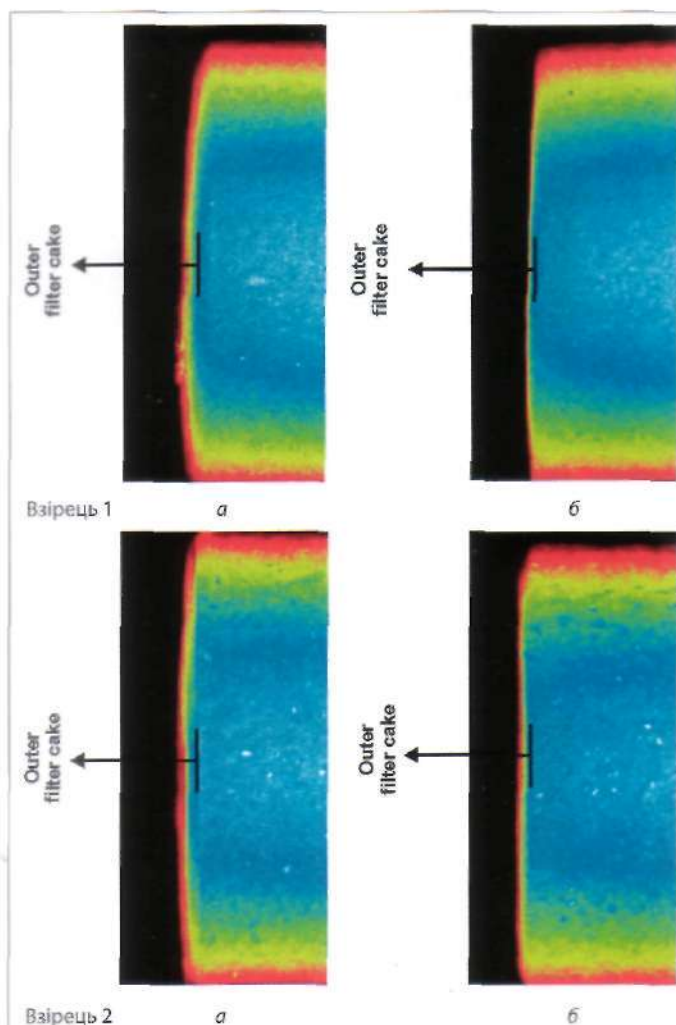


Рис. 5. Рентгенівські знімки зрізів після прокачування промивальної рідини (а) та остаточного визначення проникності (б)

Досліди проводили на кернах продуктивних пластів Старосамбірського родовища із використанням нафти колекторів Польських Карпат при температурі 80 °С (табл. 2).

Таблиця 2

Результати вимірювань Інституту нафти і газу (м. Краків)

Пористість взірця, %	Показник фільтрації, см³/30 хв		Проникність взірця, мД			Коефіцієнт відновлення проникності, %
	динамічної	статичної	для моделі пластової води	для нафти		
				вихідна	кінцева	
11,3	0,9	0,5	3,40	1,47	1,36	92,5
9,4	1,1	0,4	0,48	0,33	0,31	93,9

Як видно з рис. 4, після прокачування промивальної рідини на поверхні взрізів утворюється щільна фільтраційна кірка, яка являє собою шар частинок кольматантів, що блокують поровий простір, утворюючи аромні перемички між зернами породи. Фільтраційна кірка легко руйнується під час зворотного прокачування нафти, оскільки глибина проникнення часток кольматантів усередину породи є мінімальною. Відсутність внутрішньої кольматации взрізів

також підтверджується їх рентгеноскопічними дослідженнями (рис. 5). Результати визначення товщини внутрішньої та зовнішньої фільтраційних кірок наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Товщина фільтраційної кірки після забруднення та очищення взірців керна

Товщина фільтраційної кірки після забруднення взірця (прокачування промивальної рідини), мм		Товщина фільтраційної кірки після очищення взірця (зворотне прокачування нафти), мм	
зовнішня	внутрішня	зовнішня	внутрішня
1,4	0	0,7	0
1,2	0	0,5	0

Отже, проведеними дослідженнями підтверджено, що промивальна рідина «Біокар» забезпечує ефективне збереження ємнісно-фільтраційних властивостей колекторів, коефіцієнт відновлення проникності становить 92,5–93,9 %. Зменшення в два і більше разів товщини зовнішньої фільтраційної кірки після очищення взірців, а також майже повна відсутність зони внутрішньої кольматації вказують на високу ізолюючу спроможність композитних блокаторів, яка є запорукою високої якості розкриття продуктивних горизонтів.

Список літератури

1. **Лубан Ю.В.** «БІОКАР» – безглиниста промивальна рідина для буріння похило-скерованих і горизонтальних свердловин та розкриття продуктивних горизонтів / Ю.В. Лубан, Я.В. Кунцяк, С.В. Лубан [та ін.] // Нафт. і газова пром-сть. – 2008. – № 4. – С. 18–21.
2. **Куксов В.А.** Новые технологии промысловых жидкостей для первичного вскрытия / В.А. Куксов // Нефть и газ. – 2004. – № 9. – С. 16–18.
3. **Использование** наполнителей при бурении скважин // Нефтяная промышленность. Обз. инф. – М.: ВНИИОЭНГ, 1985. – Вып. 8 (91). – 48 с. (Сер. «Бурение»).
4. **Михайлов Н.Н.** Изменение физических свойств горных пород в окоскважинных зонах / Н.Н. Михайлов. – М.: Недра, 1987. – 152 с.
5. **Крылов В.И.** Применение кольматантов в жидкостях для первичного вскрытия продуктивных пластов с целью сохранения их коллекторских свойств / В.И. Крылов, В.В. Крецул // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2005. – № 4. – С. 36–41.
6. **Васильченко А.О.** Методология оцінки впливу окремих реагентів та їх сумішей на відновлення проникності порід-колекторів / А.О. Васильченко // Нафт. і газова пром-сть. – 2007. – № 4. – С. 18–19.
7. **Ханин А.А.** Породы-коллекторы нефти и газа и их изучение / А.А. Ханин. – М.: Недра, 1969. – 368 с.

Автори статті

Кунцяк Ярослав Васильович

Д-р техн. наук, генеральний директор ПрАТ «НДШБ бурового інструменту». Закінчив Івано-Франківський інститут нафти і газу. Напрями наукової діяльності: технологія буріння похило-скерованих та горизонтальних свердловин; відновлення свердловин шляхом буріння бічних стовбурів; розробка породоруйнівного інструменту та обладнання для відбору керна.



Лубан Юрій Володимирович

Канд. техн. наук, завідувач НДІ промивальних рідин ПрАТ «НДШБ бурового інструменту». Закінчив Московський інститут нафти і газу ім. І.М. Губкіна. Напрями наукової діяльності: розробка рецептур промивальних рідин для буріння нафтових та газових свердловин у різноманітних гірничо-геологічних умовах, для буріння горизонтальних і бічних стовбурів, спеціальних рідин для розкриття продуктивних горизонтів, закінчування і ремонту свердловин; запровадження та авторське супроводження бурових розчинів на свердловинах.



Лубан Сергій Володимирович

Заступник директора ТОВ «Геосинтез інженіринг». Закінчив Державну академію нафти і газу ім. І.М. Губкіна (Москва). Напрями виробничої діяльності: розробка рецептур промивальних рідин для буріння нафтових та газових свердловин у різноманітних гірничо-геологічних умовах, для буріння горизонтальних і бічних стовбурів, спеціальних рідин для розкриття продуктивних горизонтів, закінчування і ремонту свердловин; запровадження та авторське супроводження бурових розчинів на свердловинах.



Кулик Ярослав Ігорович

Провідний інженер НДІ промивальних рідин ПрАТ «НДШБ бурового інструменту». Закінчив Івано-Франківський державний технічний університет нафти і газу. Напрями виробничої діяльності: дослідження кольматційних властивостей безглинистих промивальних рідин; запровадження бурових розчинів на свердловинах.

