

Відомо, що репресія при первинному розкритті продуктивного пласта неминує призводити до його забруднення твердою фазою і фільтратом бурового розчину. Наступна очистка колектора від забруднюючих елементів потребує створення депресії, величина якої залежить від ємкісно-фільтраційних властивостей пласта й умов його первинного розкриття. Так, згідно з експериментальними даними [1], для осушки кернів проникливістю $0,75 \times 10^{-15} \text{ м}^2$ і вище треба створювати депресію, близьку до такої при забрудненні кернів. Із зменшенням проникливості кернів відношення зазначених депресій збільшується, і при проникливості $0,1 \dots 0,5 \times 10^{-15} \text{ м}^2$ буває рівним 3 і більше.

Проте підвищені депресії при освоєнні свердловин досить часто спричиняють часткове або й повне змикання мікротріщин у привибійній зоні пласта, а в деяких випадках призводять до руйнування колектора в привибійній зоні. Цей фактор найбільш яскраво проявляється при випробуванні низькопроникних карбонатних колекторів, де тріщини є основними каналами міграції пластових флюїдів. При освоєнні таких об'єктів необхідне обґрунтування вибору допустимої депресії на пласт, а також застосування певних технологічних прийомів.

Типовим прикладом освоєння такого об'єкту може служити випробування карбонатної товщі турнейського ярусу нижнього карбону на Мачухській розвідувальній площі південної прибортової зони ДДЗ, де поряд з ефектом змикання тріщин були ускладнення, причиною яких стало руйнування привибійної зони свердловини. Так, коли викликали приплив із об'єктів свердловин 1 і 2 Мачухської площі, складених тріщинуватими пісковиками та низькопроникними тріщинуватими вапняками, спостерігалось інтенсивне руйнування стінок свердловини. Після заміни бурового розчину з густиною 1960 кг/м^3 на воду і далі зниження тиску за допомогою компресора разом з потужним газовим потоком (короткочасні дебіти газу із об'єктів коливались від 144 тис. м³ на добу і більше) на поверхню виносилось багато шламу, уламків зруйнованої породи і цементу. Виникли складні аварійні ситуації, пов'язані з закупоркою і прихватами насосно-компресорних труб, зашламуванням штуцерів та викидних ліній. Це призвело до порушення експлуатаційних колон і ліквідації обох свердловин.

Експериментальними дослідженнями встановлено, що основною причиною руйнування привибійної зони було створення надмірної за величиною і швидкістю застосування депресії на продуктивні пласти в процесі викликання припливу.

З метою запобігання подібних ускладнень при випробуванні колекторів турнейського віку на Мачухській площі

ОСОБЛИВОСТІ ВИПРОБУВАННЯ НЕСТІЙКИХ ТРІЩИНУВАТИХ КОЛЕКТОРІВ З АВПТ

А. Г. Розенгафт, І. Ю. Харін,
Ю. В. Лубан, Г. В. Вішнірадов (ІТБ),
М. П. Зюзикинич, Г. І. Куценко (ДП «Полтавнафтогазгеологія»)

лабораторією розкриття і випробування пластів ГТБ разом із спеціалістами ДП «Полтавнафтогазгеологія» запропоновано комплекс технологічних заходів, спрямованих на плавне підвищення депресії, дії її на пласт з обмеженням граничної величини.

Запропонований комплекс заходів включає в проміжних замінах обважненого бурового розчину на розчин хлористого кальцію з наступним переходом від хлористого кальцію до води. Заміни здійснюються при мінімальній продуктивності агрегату із штуцеруванням потоку, який виходить на устя свердловини. Тиск на усті підтримується так, що депресія на пласт передається рівномірно і не перевищує гранично допустимої величини. Залишковий тиск на штуцері в процесі безперервної циркуляції води поступово зменшується. Циркуляція здійснюється до початку сталої роботи в межах пласта.

Якщо необхідно підвищити депресію далі, передбачається заміна води на аерований водний розчин неіоногенного ПАВ (піну). В конкретному випадку вибір технології запуску свердловини здійснюється залежно від гірсько-геологічних умов залягання об'єкта і розрахункових значень необхідних забійних та устьових тисків.

Розрахунок оптимальної величини депресії здійснюється за методикою [2] на основі експериментального визначення міцносних властивостей порід випробуваного інтервалу. Характеристикою міцності є міцність порід при одноосному стисканні, яка визначається методом стискання кернових зразків правильної форми площинними плитами [3].

Зазначений комплекс технологічних заходів використаний при випробуванні об'єктів свердловини № 5 Мачухської площі в інтервалах залягання як піскової, так і карбонатної товщі турнейського ярусу. Додатковим обмеженням депресії на пласт на всіх етапах освоєння свердловини було використання штуцерів малих діаметрів (до 5 мм). Ознак руйнування привибійної зони при випробуванні свердловин не спостерігалось [4]. Відсутність у розрізі свердловини промислово-продуктивних об'єктів не дала змоги оцінити ефективність застосованих методів в умовах потужного газового потоку із пласта, який служив би додат-

ковим фактором руйнування колектора. Більше того, при випробуванні об'єктів, складених карбонатними тріщинуватими породами, відначалось значне зниження темпів зростання устьових тисків з підвищенням дії депресії на пласт. Так, темпи підвищення устьових тисків у свердловині, заповненій розчином хлористого кальцію, були значно вищими, ніж при заповненні свердловини водою, а при подальшій заміні на піну устьовий тиск не зростав. Заміна пінної системи на воду дозволила збільшити темпи росту устьових тисків, але повного відновлення первісних темпів не досягали, що свідчить про необоротність процесу змикання тріщин у карбонатному колекторі (табл. 1).

Ця обставина вказує на неприпустимість навіть короткочасного перевищення граничної величини депресії на будь-якому етапі виникнення притоку із пласта.

Досвід випробування свердловини № 5 Мачухської площі показав, що допустимої величини депресії не завжди достатньо для того, щоб виник приплив із тріщинуватих пластів з низькими ємкісно-фільтраційними характеристиками і великим забрудненням при первинному розкритті бурінням. Але в подібних умовах підвищення депресії відомими методами не дає результатів, а навпаки, часом сприяє повній втраті гідродинамічного зв'язку пласта із свердловиною. Отже, виникає необхідність застосовувати методи дії на пласт, які сприяють декольматції привибійної зони пласта і дають змогу підвищити допустимий поріг створюваних депресій. В умовах низькопроникних тріщинуватих колекторів такими методами можуть стати глибинний гідророзрив пласта із закріпленням тріщин розклинюючими агентами, розвантаження пластів від гірського тиску шляхом створення двох діаметрально протилежних гідроперфорційних щілин із заданими розмірами [5], а також широко застосовуваний МПТ з розрахунком оптимальних меж створюваних тисків.

Останні два методи знайшли застосування при випробуванні інтервала 5279–5257 м свердловини № 4 Мачухської площі, де перспективні горизонти складені ущільненими тріщинуватими газонасиченими вапняками з пористістю за

ГДС до 6,5 %, за керном — до 5,1 %. Газонасиченість порід досягає 70–80 %. Пластовий тиск на глибині 5268 м становив 95,85 МПа.

Експериментальним вивченням зразків кернів вапняків турнейської товщі, відібраних із свердловин, встановлені межі їх міцності при одноосному стисканні 32,7–63,7 МПа. З врахування мінімальних міцносних значень порід, розрахункові допустимі величини депресій становили: за вимогами забезпечення стійкості стовбура свердловини — 40,9 МПа, а для запобігання змикання тріщин у колекторі — 16,4 МПа.

Такі низькі показники допустимих депресій поставили під сумнів можливість забезпечення якісного гідродинамічного зв'язку пласта із свердловиною при викликанні припливу традиційними методами. В зв'язку з цим для підвищення проникливості привибійної зони і збільшення порогу допустимих депресій вторинне розкриття об'єкта було проведено цілинною гідроперфорацією з щільністю 2 щілини на один погонний метр. Розвантаження перфорованої частини пласта від гірського тиску забезпечувало діаметрально протилежне розташування щілин. Викликання припливу із пласта здійснювалось послідовною заміною бурового розчину з густиною 1950 кг/м³ на розчин хлористого кальцію з густиною 1250 кг/м³ і воду. Заміна провадилась через трубний простір при мінімальній продуктивності агрегатів. Потік рідини, що витікає, штуцерався на усті свердловини з допомогою регульованих штуцерних засувок. Режим штуцерування передбачав плавну передачу депресії на пласт, абсолютна величина якої на всіх етапах викликання припливу не перевищувала допустимі величини. Так, в кінці на розчин хлористого кальцію тиск на штуцері дорівнював 16,0 МПа, а в кінці заміни на воду — 28,0 МПа, що обмежувало депресію на пласт 15,9 і 16,3 МПа відповідно. Очистка свердловини проводилась шляхом періодичного збільшення устьового тиску і наступного зменшення до первинної величини. З метою інтенсифікації припливу здійснено п'ять циклів МПТ. При цьому граничні забійні тиски досягали величин пластового (подальше підвищення тиску обмежувалось технічними характеристиками фонтанної арматури), а змен-

шення тиску здійснювалось через викидну лінію, обладнану штуцером з діаметром 4 мм. При очистці свердловини спостерігалось постійне винесення бариту і пачок бурового розчину. Після чотирьох днів дренування свердловину пущено в роботу і випробувано на штуцерах з діаметром 3–7 мм. Дебіт газу при випробуванні становив 182 тис. м на добу.

Таким чином, поєднання технологічних заходів, спрямованих на плавну передачу депресії на пласт і методів дії на привибійну зону дало змогу успішно випробувувати тріщинуваті карбонатні колектори із слабкими емкісно-фільтраційними властивостями.

Технологія «плавного запуску» свердловини застосована і при випробуванні інтервалу 5220–5210 м тієї ж свердловини. Продуктивний пласт вапняка мав покращені колекторські властивості: пористість за ГДС досягала 20 %, газонасиченість 88–95 %. Враховуючи високу порову ємність колектора, основним завданням при випробуванні об'єкта було забезпечення стійкості привибійної зони в процесі викликання припливу і дослідження свердловини. За даними експериментального вивчення міцносних властивостей зразків керна випробуваного інтервалу, гранично припустима депресія (за вимогами забезпечення стійкості стовбура свердловини) складала 61,0 МПа. Виклик¹ припливу здійснювався шляхом заміни бурового розчину з густиною 1960 кг/м³ на розчин хлористого кальцію з густиною 1250 кг/м³. З метою плавної передачі депресії на пласт заміна здійснювалась із штуцеруванням потоку бурового розчину, який виходить на устя свердловини. В кінцевий момент заміни тиск на штуцері дорівнював 13,0 МПа, що забезпечувало депресію на пласт 18,7 МПа. Після закінчення заміни устьові тиски протягом 10 хвилин зросли до 32,0 МПа. Свердловину пустили в очистку через затрубний простір фонтанної арматури на викидну лінію, обладнану штуцером з діаметром 8 мм. Розгазований розчин хлористого кальцію надходив у спеціальні ємкості, а в трубний простір з метою зниження швидкості спорожнення свердловини закачували воду. В результаті вдалось зберегти до 50 м³ розчину хлористого кальцію; внаслідок зростання

тиску свердловину пустили в роботу через трубу і затрубну викидні лінії. Після трьох годин очистки проведено дослідження свердловини в режимах. Сумарний дебіт газу при одночасній роботі свердловини через трубний і затрубний простір, обладнаний штуцером з діаметрами 20 і 14 мм відповідно, становив 1,67 млн м³ на добу.

Ні на одному з етапів проведення робіт ознак руйнування привибійної зони не спостерігалось. Таким чином, випробування об'єкта підтвердило, що плавне прикладання депресії на пласт і обмеження її абсолютної величини при викликанні припливу дозволяє зберегти стійкість стовбура свердловини навіть в умовах потужного газового потоку із пласта.

Таким чином, освоєння об'єктів у свердловинах Мачухської площі ДДЗ дає нам змогу зробити такі висновки:

1. При освоєнні низькопроникильних тріщинуватих колекторів необхідно підтримувати оптимальну депресію на пласт (її визначають виходячи із міцносних характеристик складових його порід) на всіх етапах викликання припливу та очистки свердловини.

2. В умовах маломіцносного колектора «плавний запуск» свердловини дозволяє забезпечувати збереження стійкості привибійної зони свердловини навіть при виникненні дії критичних депресій на пласт.

3. Успішне освоєння низькопроникильних тріщинуватих колекторів на розвідувальних площах ДДЗ потребує удосконалення існуючих і розробки нових методів викликання припливу. Перш за все слід розробити технологію гідророзриву пласта із закріпленням тріщин розклинюючим агентом, стосовно до умов глибозалягаючих колекторів ДДЗ.

ЛІТЕРАТУРА

- Афанасьев В. А., Захаров В. А., Овчинников В. И., Сашнев И. А. Освоение и повышение продуктивности скважин Западной Сибири высокими многократными депрессиями // ВНИИОКНГ, ОИ, серия «Нефтегазопромысловое дело», вып. 9 — 1987.
- Ашрафьян М. О., Лебедев О. А., Саркисов Н. М. Совершенствование конструкций забоев скважин. — М.: Недра, 1987.
- ГОСТ 21153.2—84. Порода горные. Методы определения предела прочности при одноосном сжатии.
- Виноградов Г. В., Лубан Ю. В., Розенгафт А. Г. Опыт освоения объектов, сложенных неустойчивыми трещиноватыми коллекторами с АВПД // Тезисы докладов 8-й конф. молодых ученых и специалистов УкрНИГРИ «Проблемы бурения и испытания скважин, геологические и геофизические методы поиска и разведки нефтяных и газовых месторождений». Полтава, 1991.
- Марморштейн Л. М. Петрофизические свойства осадочных пород при высоких давлениях и температурах. — М.: Недра, 1985.

Залежність устьових тисків від величини депресії на пласт
(свр. № 5 Мачухської пл., шт. 5406–5435 м)

Таблиця 1

Заміна	Величина депресії, МПа	Тиск за 18 год., МПа	
		трубний	затрубний
Буровий розчин	Розчин CaCl ₂	12,1	17
Розчин CaCl ₂	Вода	30,4	14,8
Вода	Пінна система		0,73
Пінна система	Вода	30,4	4,08
			4,56