

Рисунок 2 – Мікроструктура та розподіл елементів металозв'язки за концентрацією в зоні між арміторами

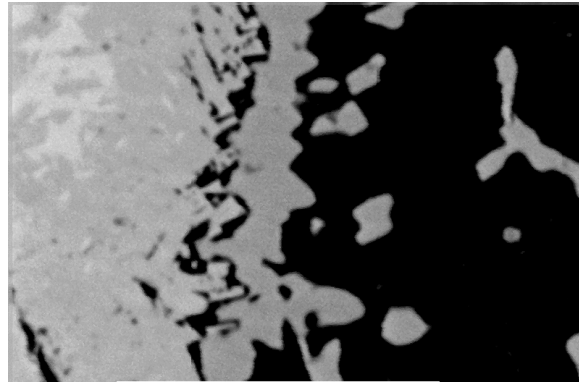


Рисунок 3 – Структура каркасного приграничного шару твердої фази

були введені в розплав з крупними частинками реліту, або ж як результат подрібнення крупних частинок чи розчинення карбиду вольфраму з його вторинним утворенням в розплаві під час кристалізації. На рис. 2 чітко видно направлений розподіл включень в процесі формування армованої структури матриці, що можливо лише в результаті накладення віброколивань.

На рис. 3 зображена структура каркасного приграничного шару, який характеризується численними порами, які служать концентраторами напружень і як результат, мікротріщини переростають у макротріщини, що призводить до руйнування зубка при певних навантаженнях.

Отже, необхідно забезпечити умови заповнення пустої каркасної структури або руйнування цього приповерхневого шару. В обох випадках адгезія матриці і поверхні армуючого включення значно зростає, і міцність зубка підвищується.

їх потреби за рахунок власного видобутку, а також невеликі перспективи відкриття в ближчий час нових крупних родовищ, пріоритетне значення в нафтопромисловій науці та практиці набувають роботи з розробки нових ефективних технологій і технічних засобів відновлення та збільшення продуктивності свердловин.

Література

- 1 Навроцький Б.І., Сухін Є.І. Технічна механіка рідин.- К., 1999. – С.373.
- 2 Затуловський С.С. Литые композиционные материалы. – Киев: Техника, 1990. – 240 с.
- 3 Патон Б.Е. Новые направления специальной электрометаллургии. – В кн.: Проблемы специальной металлургии. - К.: Наукова думка, 1970, С.58-65.
- 4 Логунцов Б.А., Сеницкий В.Л. О движении тела в вибрирующей жидкости // Докл. АН СССР. – 1986. – Т.289. - №2. – С.314-317.

622.276.6

ПРО КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД У ТЕХНОЛОГІЯХ ОЧИЩЕННЯ ПРИВИБІЙНОЇ ЗОНИ ПЛАСТА ДЕПРЕСІЙНО-РЕПРЕСІЙНОЮ ДІЄЮ

Я.Б. Тарко

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вулю Карпатська, 15 e-mail: jart_b@ukr.net, тел. 4-21-95

Обоснована целесообразность очистки призабойной зоны пластов путем создания депрессионно-репрессионных циклов давления в сочетании с термохимическими и другими реагентными обработками, а также с временной или постоянной изоляцией обводненных интервалов пласта. Описаны некоторые технологии комплексного действия на разнопонищаемые совместноперфорированные пласты.

There have been grounded the expediency of wellbore zone treatments with creation of depression and repression cycles in combination with thermo-chemical and other kind of treatments with reagents also with temporary or constant isolation of watered layers. There have been described some technologies of complex treatment on layers that are jointly perforated and have different permeabilities.

Ефективність народного господарства значною мірою залежить від забезпечення енергоносіями, в першу чергу нафтою та газом. Враховуючи низький рівень в Україні компенсації

Аналіз експлуатації діючого фонду свердловин ВАТ „Укрнафта” засвідчив, що близько 62% з них працюють з дебітами нафти до 1 т/добу, а кількість тих, які мають дебіт біль-

ший, ніж 10 т/добу, становить лише 16%. З розподілу свердловин, які мають дебіт нафти до 1 т/добу за обводненістю, видно, що однією з причин низьких дебітів є високий вміст у продукції води: з обводненістю понад 50% працюють 69% цих свердловин, причому 44% з вмістом води 90% і більше. Разом з тим 20% свердловин цієї групи мають обводненість до 30%, а 14% з них - практично безводні. Ці результати свідчать, що свердловин, в яких необхідно застосовувати методи інтенсифікації припливу нафти і газу, є значна кількість, і це підтверджує необхідність активізувати розробки ефективних технологій відновлення дебітів і їх високої перспективи в забезпеченні додаткового видобутку нафти і газу. Зауважимо, що вказана вище кількість свердловин є мінімальною, оскільки інтенсифікуючої дії потребують і свердловини з більшим дебітом та обводнені.

Промисловий досвід експлуатації свердловин, теоретичні та експериментальні дослідження їх гідродинамічної досконалості засвідчують, що одна з основних причин зниження продуктивності пластів полягає в забрудненні привибійної зони, причому це вище є результатом проявлення багатьох різних за природою чинників. Вирішення цієї проблеми значною мірою можливе за рахунок застосування гідроімпульсних технологій, які ґрунтуються на створенні на привибійну зону високих циклічних депресій і репресій тиску, в тому числі і з застосуванням устаткування типу УСМД або УОП [1, 2]. Однак в існуючих технологіях очищення привибійної зони пласта складний характер кольматації не враховується в достатній мірі, що знижує їх ефективність, особливо у свердловинах, які розробляють поклади високопарафінистої нафти або мають високий вміст у продукції води. Тому в статті обґрунтовано необхідність комплексного підходу в проведенні інтенсифікаційних робіт у свердловинах та показано деякі напрямки удосконалення цих технологій.

Фільтрація газорідинної суміші у привибійній зоні пласта під час експлуатації свердловин при вибійних тисках, нижчих за тиск насичення нафти газом, супроводжується дроселюванням вільного газу та суттєвим зменшенням через це пластової температури. У результаті підвищується в'язкість нафти, збільшується фільтраційний опір під час її руху та зменшується продуктивність свердловин [3].

Оцінку впливу зміни в'язкості нафти у привибійній зоні пласта на продуктивність свердловини за рахунок зміни температури можна провести таким чином. За усталеного режиму роботи свердловини і зміни в'язкості нафти у привибійній зоні запишемо

$$\int_{P_B}^{P_{пл}} dp = \frac{Q}{2\pi kh} \left[\mu \int_{r_0}^{R_k} \frac{1}{r} dr + \int_{r_c}^{r_0} \frac{\mu(r)}{r} dr \right], \quad (1)$$

де Q - дебіт свердловини; $P_{пл}$, P_B - відповідно пластовий і вибійний тиски; k , h - проникність і товщина продуктивного пласта; μ - ди-

намічний коефіцієнт в'язкості нафти; r_c , r_0 , R_k - радіуси свердловини, зони зміненої в'язкості та контура живлення.

Прийнявши, наприклад, лінійну залежність зміни в'язкості у привибійній зоні від μ_2 у віддаленій зоні до μ_1 на вибої свердловини

$$\mu(r) = \frac{\mu_1 r_0 - \mu_2 r_c}{r_0 - r_c} + \frac{\mu_2 - \mu_1}{r_0 - r_c} r, \quad (2)$$

підставимо цей вираз у (1) і після інтегрування отримаємо формулу для визначення фільтраційного опору Ω

$$\Omega = \frac{\mu_2 \ln \frac{R}{r_0} + \mu_2 - \mu_1 + \frac{\mu_1 r_0 - \mu_2 r_c}{r_0 - r_c} \ln \frac{r_0}{r_c}}{2\pi kh}. \quad (3)$$

Аналогічно записуються вирази для визначення фільтраційного опору і при зміні в'язкості за іншими законами.

На рисунку зображено результати розрахунку фільтраційного опору під час руху нафти під депресією тиску 10 МПа в продуктивному пласті товщиною 5 м та проникністю 0,05 мкм², у якому в результаті прогрівання привибійної зони в радіусі r_0 в'язкість нафти змінюється за лінійним законом від μ_2 ($\mu_2=5$ мПа·с) у від-

даленій зоні до μ_1 ($\mu_1=var$) на вибої свердловини ($R_k=100$ м, $r_c=0,1$ м). Як видно, зі зменшенням в'язкості нафти з 5 до 2 мПа·с в зоні пласта радіусом 1 м від свердловини фільтраційний опір відносно його величини за незмінної в'язкості зменшиться на 18,8%, подальше зниження в'язкості до 1 мПа·с зменшить його на 25,1%, а збільшення зони прогріву до 1,5 м за цих же в'язкостей відповідно на 21,5% і 28,7%. З цих результатів можна зробити висновки, що зниження в'язкості нафти за рахунок термооброблення привибійної зони суттєво збільшує продуктивність свердловин, причому за даних умов основний ефект дає прогрівання пласта на глибину 1-1,5 м.

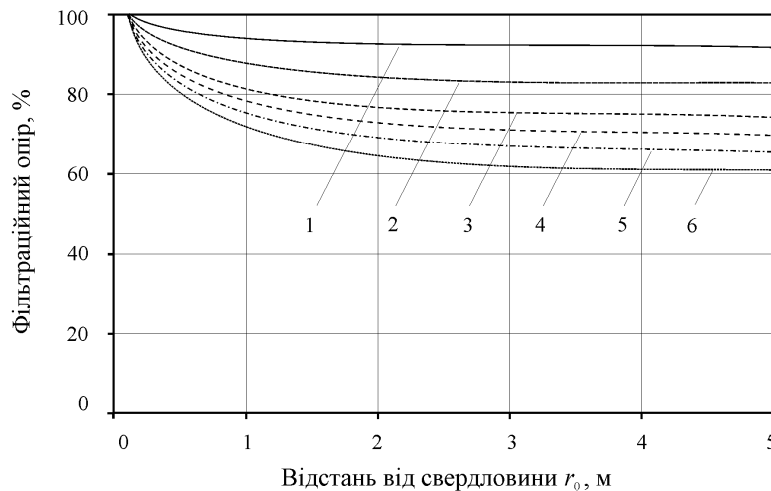
В'язкість пластової нафти впливає і на розподіл тиску та його градієнт у пласті, який за неусталеного режиму фільтрації під час застосування гідроімпульсних технологій можна визначити за допомогою методик [4, 5], враховуючи у записаних формулах відповідні закони зміни в'язкості нафти.

Ще одним негативним наслідком охолодження пласта є те, що зі зниженням температури нижче критичної величини у поровому середовищі кристалізується тверда фаза високомолекулярних парафінових вуглеводнів, яка кольматує фільтраційні канали. Математичні моделі, розроблені В.С. Бойком, Г.Д. Савенковим і В.М. Дорошенко [6] та Р.С. Яремійчуком і В.М. Світлицьким [7], дають змогу оцінити розміри зони пласта, в якій через охолодження погіршується проникність. Проведені за методикою [6] розрахунки засвідчують, що кристалізація парафіну починається при депре-

сіях 2 МПа і газових факторах $100 \text{ м}^3/\text{м}^3$. Лабораторні та промислові дослідження довели, що, наприклад, на Битківському родовищі вже при створенні робочих депресій тиску порядку

зможу зменшити величини гідродинамічних імпульсів, необхідних для подальшого очищення пласта.

З другого боку, здійснення після реагент-



1 - 0,8; 2 - 0,6; 3 - 0,4; 4 - 0,3; 5 - 0,2; 6 - 0,1

Рисунок - Залежність відносного фільтраційного опору залінійому закону зміни в'язкості нафти від глибини зони r_0 та ступеня її зменшення (μ_1 / μ_2)

6-10 МПа газові фактори досягають $500-1500 \text{ м}^3/\text{м}^3$, і це призводить до зниження пластової температури на $10-20 \text{ }^\circ\text{C}$. За незначних депресій тиску радіус зони кристалізації парафіну сягає 1-2 м, а при високих – до 30 і більше метрів. Зауважимо, що фазові перетворення високомолекулярних вуглеводнів мають гістерезисний характер і температура плавлення парафіну значно вища порівняно з температурою його кристалізації і тому відновлення пластової температури недостатньо для повернення системи в попередній стан.

Вказані чинники спричиняють значне підвищення гідродинамічного опору рухові рідини і для відриву кольтманту від поверхні породи та переміщення фільтраційними каналами у свердловину необхідно створювати значні депресії тиску. Однак розрахунки та досвід проведення таких робіт на різних родовищах засвідчують, що в багатьох свердловинах створювати високі депресії тиску неможливо. Перш за все це обмежено конструкцією та технічним станом експлуатаційних колон, якістю цементного кільця в заколонному просторі, стійкістю порід-колекторів і деякими іншими факторами.

У зв'язку з цим, розроблено технології комплексної обробки привибійної зони пласта, які поєднують гідроімпульсні та термохімічні методи впливу [8]. Доцільність термохімічного та термокислотного впливу на привибійну зону пласта обґрунтовується тим, що підвищення температури у привибійній зоні пласта під час таких оброблень призведе до розплавлення твердих органічних кольтмантів, інтенсифікує взаємодію різноманітних реагентів між собою та породами і знизить в'язкість нафти. Ці чинники в комплексі значно знизять фільтраційний опір і збільшать швидкість фільтрації, що дасть

них оброблень депресійно-репресійного впливу на пласти підвищить ефективність цих методів. Промисловий досвід свідчить, що однією з основних передумов досягнення позитивних результатів є своєчасне видалення продуктів реакції з пласта. Незначна затримка в цьому призводить до повторного випадання їх в осад і ще більшого зниження проникності породи. Тому поєднання термохімічних та інших реагентних оброблень пласта з депресійно-репресійним впливом за рахунок своєчасного та повного видалення продуктів реакції та кольтманту і зниження необхідних величин гідродинамічних імпульсів значно підвищить ефективність цих методів порівняно з їх окремим використанням.

Комплексний підхід необхідний і в процесі проектування та здійснення інтенсифікаційних робіт в обводнених свердловинах. У випадках, коли вміст води в продукції свердловин сягає понад 60-70% роботи зі збільшення проникності привибійної зони пластів з використанням гідроімпульсних методів необхідно проводити, використовуючи технології селективної дії з тимчасовою або постійною ізоляцією високообводнених інтервалів. У цих умовах високоперспективність мають технології, які дають змогу зменшити проникність обводнених інтервалів та одночасно збільшити її в нафтонасичених ділянках пласта.

Промислово-геофізичні дослідження свердловин свідчать, що в більшості з них працююча потужність продуктивних пластів становить в середньому 40-50% всієї перфорованої товщини. Експлуатаційні об'єкти, як правило, об'єднують значну кількість різнопроникних пластів, а мікробокове зондування показує, що навіть на перший погляд однорідний пласт складається з пропластків різної проникності. В результаті проникнення фільтрату та твердої фази бурового і цементного розчинів кольта-

туються в першу чергу низькопроникні колектори, в яких значно менші відкрита пористість і розміри фільтраційних каналів. У цих пластах також більше проявляються негативні наслідки зниження температури та кристалізації парафіну. В процесі експлуатації свердловин за рахунок привнесення у привибійну зону різноманітних механічних домішок, які є в технологічних рідинах, неоднорідність пластів за проникністю зростає ще більше. Особливо гостро ця проблема стоїть у водонагнітальних свердловинах. Існуючі норми якості води, якою заводнюють пласти, допускають певний вміст у ній зважених твердих домішок, однак на практиці їх кількість значно більша і сягає 300-600 мг/л і більше. Зважені у воді тверді частинки мають розміри, що перевищують розміри пор колекторів, тому в пласт вони проникають тільки через відкриті тріщини, а за їх відсутності, накопичуються на поверхні фільтрації, ущільнюються й утворюють шар практично непроникного осаду. Це призводить до того, що більша частина вертикального розрізу пластів з поровою проникністю, повністю закупорюються, а поглинання води відбувається, в основному, тріщинами, які відкриваються уже при робочих вибійних тисках у вузьких інтервалах найбільш проникних порід або на границях напластування, причому продукти забруднення мало впливають на проникність тріщин.

У результаті описаних явищ, природна неоднорідність пластів у привибійній зоні ще більше підсилюється і значно знижується ефективність процесу розробки всього покладу, оскільки інтервали з поровою проникністю, які містять основний об'єм нафти практично не розробляються, в той час як випереджуюче вироблення високопроникних інтервалів призводить до проривів води та передчасного обводнення видобувних свердловин.

Для цих умов розроблено технологію впливу на привибійну зону водонагнітальних та обводнених нафтогазовидобувних свердловин комплексною дією на різнопроникні пласти без використання спеціальних водоізолюючих матеріалів [9]. Особливість технології полягає в тому, що після очищення привибійної зони шляхом створення депресій тиску винесені з пласта продукти кольтатації не вилучають на поверхню, а закачують у високопроникні інтервали пластів цієї ж свердловини під тиском, що забезпечує розкриття тріщин, причому ці операції проводять до повного очищення пластів з поровою проникністю. Наявність тріщин і тиск їх відкриття визначають за результатами відповідних гідродинамічних досліджень. Під час створення високих миттєвих депресій вибійний тиск у свердловині дуже низький, тому тріщини в пласті знаходяться у зімкнутому стані, і продукти забруднення з них практично не виносяться, а гідроімпульсна дія забезпечує очищення пластів з поровою проникністю. Для запобігання осадження продуктів кольтатації на вибої їх нагнітають з максимально можливою швидкістю. З огляду на величини проникності тріщин і порової частини колекторів, практично вся вилучена пластова рідина і продукти кольтатації будуть закачані в тріщини, що призведе до зниження їх проникності. Цьому також

сприяє і гідрофобізація фільтраційних каналів нафтою, що поступає з необводнених пластів. Якщо незначна частина осаду потрапить знову в низькопроникні пласти, то повторенням зазначених операцій домагаються повного очищення порової частини колектора від продуктів кольтатації. Позитивним фактором даної технології є і те, що вона не призводить до забруднення навколишнього середовища вилученою на поверхню пластовою рідиною, яка у відомих технологіях поступає, як правило, у відкриті амбари і містить велику кількість продуктів кольтатації та нафти, причому остання вилучається під час дренування навіть водонагнітальних свердловин. Разом з пластовою рідиною на поверхню поступає попутний нафтовий газ, а на деяких родовищах і сірководень, що призводить до загазованості довкілля та підвищення рівня пожежо- і вибухонебезпеки. На ряді родовищ пластова вода, особливо в разі заводнення покладів поверхневими низькомінералізованими водами, під час фільтрації в пласті збагачується солями радіоактивних ізотопів і набуває підвищеної радіоактивності, тому її поступлення на поверхню також має негативні наслідки.

Технології комплексної дії на привибійну зону пласта мають суттєві переваги, які полягають у вирівнюванні проникності пластів по вертикальному розрізу об'єкта експлуатації, підвищенні ефективності процесу розробки та нафтовилучення, значному спрощенні та здешевленні робіт і саме такий підхід необхідно застосовувати в процесі проектування і здійснення інтенсифікаційних робіт у свердловинах, особливо на родовищах, які перебувають на пізній стадії розробки.

Література

- 1 Тарко Я.Б. Технологія та устаткування УСМД для створення багаторазових циклів депресійно-репресійної дії на пласт // Всеукраїнський НТЖ: Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. Вип. 1 (14). - Івано-Франківськ, 2005. - С. 25-29.
- 2 Тарко Я.Б. Технологія декольтатації продуктивних пластів імпульсно-депресійною дією на привибійну зону свердловин // Вісник Сумського державного університету. Серія: Технічні науки. - № 13 (72). - Суми: СДУ. - 2004. - С. 85-88.
- 3 Тарко Я.Б. Дослідження реологічних характеристик високов'язкої нафти Бугруватівського родовища // Всеукраїнський НТЖ: Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. Вип. 3 (12). - Івано-Франківськ, 2004. - С. 81-86.
- 4 Бойко В.С., Тарко Я.Б. Дослідження розподілу тиску у привибійній зоні пласта під час здійснення технології депресійного впливу // Нафтова і газова промисловість. - К. - 1999. - № 6. - С. 35-37.
- 5 Тарко Я.Б. До питання визначення розподілу тиску в пласті під час проведення депресійного впливу в свердловині // Нафтова і газова промисловість. - К. - 2004. - № 6. - С. 28-30.
- 6 Бойко В.С., Савенков Г.Д., Дорошенко В.М. Технологические основы и опыт применения внутрислоевых термомеханических обработок // Нефтяная и газовая промышленность. - К. - 1982. - № 2. - С. 35-38.

7 Яремийчук Р.С., Светлицкий В.М., Савюк Г.П. Повышение продуктивности скважин при освоении и эксплуатации месторождений парафинистых нефтей. – Киев: ГИПРОНИИ-нефть, 1993. - 226 с.

8 Тарко Я.Б. Деякі хіміко-технологічні аспекти проведення термокислотних оброблень продуктивних пластів // Вісник Національного технічного університету України „КПІ”. Серія: Гірництво. - № 11. – К. - 2004. - С. 32-38.

9 Способ воздействия на призабойную зону скважин: А. с. 1462878 СССР, МКИ Е 21 В 43/25 / Я.Б. Тарко (СССР), – 4255234/23; Заявл. 10.03.87; ДСП.