

Техніка і технології

УДК 681.2:532.64

DOI: 10.31471/1993-9973-2021-2(79)-16-23

ДО ПРОБЛЕМИ ВИДОБУТКУ РЕТРОГРАДНОГО КОНДЕНСАТУ

¹І. М. Купер, ²В. М. Дорошенко ²В. Д. Михайлюк

¹ІФНТУНГ; 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15; тел. (03422) 42195,
e-mail: public@nuing.edu.ua

²НДПІ ПАТ «Укрнафта»; 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Північний Бульвар ім. Пушкіна, 2;
e-mail: mvd.1950@i.ua

За результатами досліджень за зростанням тиску заводнення відносно тиску початку конденсації коефіцієнт конденсатовилучення поступово збільшується, досягаючи максимального значення за тиску початку конденсації. Ретроградна конденсація вуглеводневої суміші супроводжується зменшенням конденсатовилучення, що пов'язано з зацементуванням водою конденсату, що випав у пористому середовищі. Наведено особливості утворення ретроградного конденсату в пласті та запропоновано спосіб його вилучення. З метою вдосконалення розробки газоконденсатних родовищ, зменшення втрат конденсату при зниженні пластового тиску нижче тиску початку випадання конденсату розглянуто питання можливості його вилучення після випадання в пласті шляхом витіснення водою або газоводяною сумішшю. Результати лабораторних, аналітичних та промислових досліджень свідчать про те, що ретроградна конденсація вуглеводневої суміші негативно впливає практично на всі технологічні процеси видобутку конденсату. Пластові втрати конденсату при розробці газоконденсатних родовищ в режимі виснаження складають у середньому 60-78 %. Як альтернативу до сайклінг-процесу розглянуто застосування уніфікованої системи заводнення для вилучення конденсату з пласта. Наведено результати лабораторних досліджень та обґрунтовано напрямки реалізації газоводяної репресії на газоконденсатних родовищах. Розглянуто можливість використання наявного в покладі пластового газу. В цьому випадку конденсат спочатку витискався водою, а потім, до прориву води з моделі, систему розгазовували, зменшуючи тиск на 25% нижче від тиску початку випадіння конденсату, і знову продовжували витискування конденсату водою. Така процедура дозволяє додатково видобути близько 50 % конденсату, що випав в пласті, і у такий спосіб підвищити коефіцієнт конденсатовилучення.

Ключові слова: обводнення, тиск насичення, ретроградний конденсат, тиск початку випадання конденсату, заводнення, газоводяна репресія.

Согласно результатам исследований с повышением давления заводнения относительно давления начала конденсации коэффициент конденсатовилучения постепенно увеличивается, достигая максимального значения при давлении начала конденсации. Ретроградная конденсация углеводородной смеси сопровождается уменьшением конденсатовилучения, что связано с зацементированием водой конденсата, выпавшего в пористой среде. Приведены особенности образования ретроградного конденсата в пласте и способ его извлечения. С целью совершенствования разработки газоконденсатных месторождений, уменьшения потерь конденсата при снижении пластового давления ниже давления начала выпадения конденсата рассмотрен вопрос возможности его извлечения после выпадения в пласте путем вытеснения водой или газоводяной смесью. Результаты лабораторных, аналитических и промышленных исследований свидетельствуют о том, что ретроградная конденсация углеводородной смеси негативно влияет практически на все технологические процессы добычи конденсата. Пластовые потери конденсата при разработке газоконденсатных месторождений в режиме истощения составляют в среднем 60-78%. Как альтернатива сайклінг-процесса рассмотрено применение унифицированной системы заводнения для извлечения конденсата из пласта.

Приведены результаты лабораторных исследований и обоснованы направления реализации газовой репрессии на газоконденсатных месторождениях. Рассмотрена возможность использования пластового газа, имеющегося в залежи. В этом случае конденсат сначала вытеснялся водой, а затем, до прорыва воды из модели, систему разгазировали, уменьшая давление на 25% ниже давления начала выпадения конденсата, после чего продолжали вытеснение конденсата водой. Такая процедура позволяет добыть дополнительно около 50 % конденсата, выпавшего в пласт, увеличивая коэффициент конденсатоотдачи.

Ключевые слова: обводнение, давление насыщения, ретроградный конденсат, давление начала выпадения конденсата, заводнение, газоводяная репрессия.

The features of the formation of retrograde condensate in the reservoir and the method of its extraction are given. In order to improve the development of gas condensate fields and to reduce condensate losses under the reservoir pressure drawdown below the pressure of the beginning of condensate precipitation, the issue of the possibility of its extraction after precipitation in the reservoir by water or gas-water mixture displacement has been considered. The results of laboratory, analytical and field studies indicate that the retrograde condensation of the hydrocarbon mixture has a negative effect on almost all technological processes of condensate production. Reservoir condensate losses during the development of gas condensate fields in depletion mode are on average 60-78%. As an alternative to the cycling process, the use of a unified waterflooding system for the recovery of condensate from the reservoir has been considered. The results of laboratory studies are presented and the directions of the implementation of gas-water repression at gas condensate fields have been substantiated. The possibility of using reservoir gas available in the reservoir has been considered. In this case, the condensate was first flooded with water, and then, before the water broke out of the model, the system was degassed, reducing the pressure by 25% below the pressure of the onset of condensation, and again continued to displace the condensate with water. This procedure makes it possible to extract about 50% of the condensate dropped out in the reservoir.

Key words: flooding, saturation pressure, retrograde condensate, condensate onset pressure, flooding, gas-water repression.

Вступ

Газовий конденсат – це природна суміш переважно легких вуглеводневих сполук, що перебувають у газі в розчиненому стані, а за певних термобаричних умов переходять у рідку фазу зі зниженням тиску нижче тиску конденсації. Основні параметри газу, до складу якого входить конденсат, – потенційний вміст вуглеводнів C_{5+} вище, густина конденсату в стандартних умовах та тиск початку конденсації. За потенційним вмістом конденсату в газі розрізняють бідні вуглеводневі суміші (до 100 см^3 конденсату на 1 м^3 газу), середні ($100\text{-}300 \text{ см}^3$ конденсату на 1 м^3 газу) і багаті (більше 300 см^3 конденсату на 1 м^3 газу). До складу конденсату входять вуглеводні, важчі від пропану [1]. Газоконденсатні родовища України розробляються переважно в режимі виснаження пластової енергії. Характерною ознакою виснаження газоконденсатного родовища є, в першу чергу, падіння пластового тиску.

З газу, що видобувається, конденсат виділяється зі зниженням тиску за постійної температури або під час охолодження за постійного тиску. Так, спочатку конденсуються найбільш важкі вуглеводні, а згодом – більш легкі. При високому вмісті конденсату це спричиняє значні його втрати в пласті внаслідок ретроградних процесів [2, 3, 6]. Водночас, дія капілярних та гравітаційних сил при виснаженні покладу викликає утворення в пласті техногенної конденсатної облямівки [5]. При цьому конденсат

стає практично нерухомим внаслідок його низької фазової проникності. У разі початкового вмісту важких вуглеводнів у газі до $300\text{-}600 \text{ г/м}^3$ насиченість пор пласта конденсатом, що випав з газу, як правило, не перевищує 10-20 % і в більшості випадків нижча від критичного (рівноважного) значення, за якого він стає рухомим. Рух конденсату відбувається тільки в обмежених за розмірами привибійних зонах пласта, що пов'язано з додатковою конденсацією вуглеводневої суміші в області дронування свердловини. Радіус зони рухомого конденсату незначний (наприклад, для умов родовища Карадаг при роботі свердловини з початковим дебітом 300 тис. м^3 на добу за 2 роки радіус досягає $3,6 \text{ м}$, за 20 років – $11,5 \text{ м}$) [1].

Аналіз сучасних закордонних і вітчизняних досліджень і публікацій

Пластові втрати конденсату при розробці газоконденсатних родовищ в режимі виснаження складають у середньому 60-78 % [6, 7].

Результати лабораторних, аналітичних та промислових досліджень свідчать про те, що ретроградна конденсація вуглеводневої суміші негативно впливає практично на всі технологічні процеси видобутку газу і конденсату. Вона призводить до таких наслідків.

По-перше, зменшуються коефіцієнти конденсатовилучення і компонентовилучення, що, відповідно, характеризують повноту відбору конденсату з пласта відносно його початкових

запасів і ступінь видобутку з пласта окремих компонентів. Внаслідок ретроградної конденсації в нерухому рідку фазу переходить від 30 до 70 % фракції C_2H_{6+} , а пластові втрати конденсату на кінець розробки родовища досягають 60-87 % від його початкових запасів.

По-друге, зменшується фазова проникність пористого середовища для газу. В області зміни пластового тиску від початкового до тиску початку конденсації вуглеводневої суміші коефіцієнт газопроникності дещо зростає внаслідок десорбції пластового газу з поверхні порових каналів при зниженні тиску. Конденсація важких вуглеводнів призводить до різкого зниження фазової проникності пористого середовища для газу. Вплив ретроградної конденсації вуглеводневої суміші на зміну фазової проникності для газу збільшується з ростом початкового вмісту конденсату в газі та зменшенням абсолютної проникності породи. Найбільш істотне зниження фазової проникності для газу спостерігається у привибійній зоні пласта, де насиченість пористого середовища конденсатом досягає максимального значення.

По-третє, погіршується продуктивна характеристика свердловин і знижуються їх видобувні можливості. Дебіт газу зменшується внаслідок зниження фазової проникності для газу, викликаного випадінням конденсату в пласті, і втрати частини напору на переміщення рухомої частини конденсату.

По-четверте, ретроградна конденсація вуглеводневої суміші в ряді випадків призводить до низького газовилучення. Основними факторами, які зумовлюють зниження коефіцієнта газу вилучення, є зменшення фазової проникності пористого середовища для газу, аж до повного припинення фільтрації його в пласті при певній будові продуктивних відкладів і передчасне відключення видобувних свердловин, пов'язане з недостатніми дебітами газу для виносення конденсату, що скупчується на вибоях свердловин і у привибійній зоні пласта.

Окрім того, погіршуються умови роботи системи збору газу внаслідок скупчення конденсату в шлейфах свердловин, що створює додатковий опір рухові газу. У результаті збільшуються тиски на гирлах свердловин і знижуються дебіти газу. У деяких випадках це може призвести до зупинки свердловин. Одночасно зменшуються тиски на вході до установки підготовки газу, що знижує ефективність дроселювання газу.

Також погіршується якість підготовки газу на установках низькотемпературної сепарації внаслідок поступового виснаження дросель-

ефекту, а також порушення початкового вуглеводневого стану газоконденсатної суміші, викликаного випадінням важких вуглеводнів у пласті.

Негативний вплив фазових перетворень газоконденсатної суміші на процеси видобутку газу і конденсату посилюється у випадку нерівномірного дренажу продуктивних відкладів. Тому для мінімізації пластових втрат конденсату при розробці родовища у режимі виснаження необхідно забезпечити рівномірну відробку продуктивних відкладів по площі та розрізу.

Розробка газоконденсатних родовищ на виснаження допускається у випадку значної різниці між початковим тиском і тиском початку конденсації, невеликих запасів газу, малого вмісту конденсату в газі і несприятливих геологічних умов (низькі проникність і приймальна здатність пласта при великій глибині залягання, різкій літологічній неоднорідності, значній і до того ж нерівномірній тріщинуватості, розбивці покладу на окремі ізольовані блоки і т.п.).

Основним напрямом збільшення коефіцієнта конденсатовилучення при розробці газоконденсатних родовищ у режимі виснаження є забезпечення стабільних режимів роботи видобувних свердловин. При вмісті в газі понад $250 \text{ см}^3/\text{м}^3$ конденсату і запасах газу більше від 8 млрд. м^3 слід застосовувати методи підтримання пластового тиску. Якщо конденсату міститься менше ніж $23 \text{ см}^3/\text{м}^3$ і наявні споживачі газу, зворотне закачування газу в пласт вважають нерентабельним [1].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми

Ефективним способом вилучення конденсату, що випав у пласті, є сайклінг-процес [8, 9]. Однак на родовищах України його застосовано лише на Новотроїцькому (гор. К-30), Котелевському (гор. С-5), Тимофіївському (гор. Фм-1), Куличихинському (гор. Фм-1) та Березівському (гор. С-5) родовищах.

Впровадження в практику розробки газоконденсатних родовищ сайклінг-процесу обмежене через економічні і технологічні причини. Власне, реалізація сайклінг-процесу порівняно з розробкою родовищ на виснаження потребує суттєвих капітальних витрат та консервації запасів газу на час його зворотного закачування в пласт і, як наслідок, відтермінування реалізації. З технологічної точки зору, використання сайклінг-процесу стримується низьким значенням коефіцієнту охоплення пласта витискуванням. Сухий газ, який нагнітається в пласт, має меншу в'язкість за газоконденсатну суміш, що

вилучається з покладу, і в умовах неоднорідної будови колектора має місце швидкий його пролив від нагнітальних до видобувних свердловин і, як результат, зменшення коефіцієнта вилучення конденсату.

Альтернативним способом підвищення ефективності розробки газоконденсатних покладів є процес заводнення [3, 4]. При цьому забезпечується не тільки підтримування пластового тиску та підвищення вуглеводневилучення, а і збереження стабільності роботи видобувних свердловин, оскільки створюються необхідні умови для винесення рідини (конденсат, вода) з вибою свердловин на поверхню. Однак, як і при сайклінг-процесі, на ефективність заводнення безперечно впливатимуть неоднорідність та тріщинуватість порід, що слід враховувати при проектуванні процесу [10]. З іншого боку, під час витискування газоконденсатної суміші водою, в заводненій частині пласта залишається практично нерухомий защемлений газ [3, 11]. З цього приводу в роботах [2, 6] зауважується, що регулювання просування води і кількості защемленого газу можна досягнути активною дією на процес розробки родовища. Це досягається керованою експлуатацією обводнених газових свердловин. Спочатку із свердловин відбирають газ, а з появою води в продукції застосовують методи інтенсифікації її винесення на поверхню. При необхідності свердловина переводиться в режим форсованого відбору. При цьому навколо вибою таких свердловин утворюються зони пониженого тиску, і защемлений газ спочатку розширюється, а при зниженні тиску на 23-37% від тиску заводнення весь об'єм розширеного газу переходить в рухомий стан. Одночасно з виконанням задач регулювання просування води вирішується питання залучення до розробки застійних зон, не охоплених витискуванням.

Отже, при усіх позитивних і негативних рисах, заводнення може бути одним з можливих напрямів підвищення вуглеводневилучення при розробці газоконденсатних покладів. Ідея нагнітання води в газоконденсатний поклад для витискування рідкого конденсату не є новою, але залишається дискусійною. З одного боку, вона приваблює відносно простотою реалізації, а з другого, насторожує можливістю втрат газу і конденсату в пласті.

Дослідження [3, 6] показують, що при зростанні тиску заводнення до тиску початку конденсації коефіцієнт конденсатовилучення поступово збільшується, досягаючи максимального значення при тиску початку конденсації. Ретроградна конденсація вуглеводневої суміші

супроводжується зменшенням конденсатовилучення, що пов'язано з защемленням водою конденсату, що випав в пористому середовищі. Після досягнення певного (критичного) значення насиченості пор пласта випавшим конденсатом, яке в експериментах С.Н. Закірова і Р.М. Кондрата на моделях незцементованих пористих середовищ складало 2,5...6%, частина його починає витискатися водою з пористого середовища з утворенням облямівки конденсату попереду фронту води. Результати досліджень свідчать, що найбільш ефективним є заводнення при тиску, близькому до тиску початку конденсації вуглеводневої суміші, а також при зниженому пластовому тиску в умовах наявного в пористому середовищі конденсату. Закачування перед фронтом води облямівки вуглеводневого розчинника, водогазових сумішей, розчину ПАР і послідовне нагнітання водного розчину ПАР і газу сприяють підвищенню коефіцієнта вилучення конденсату в порівнянні із закачуванням тільки води. Так, відповідно до патенту України [11] запропоновано розробку газоконденсатного родовища, що експлуатувалося в режимі виснаження при зниженні пластового тиску нижче від тиску конденсації, здійснювати з наступним нагнітанням облямівки легких рідких вуглеводнів та проштовхуючого агенту, перед яким одночасно або по чергово циклічно слід нагнітати вуглеводневий газ і воду, або вуглеводневий конденсат і легку нафту. При цьому об'єм продукції, що відбирається з пласта, повинен не менше як утричі перевищувати об'єм реагентів, що нагнітаються в пласт.

Мета статті

Метою проведення наших досліджень є вивчення процесу витіснення ретроградного конденсату, який випав у пласті в процесі розробки родовища, і встановлення можливостей його вилучення, наприклад, із застосуванням водогазової репресії з використанням газу, що знаходиться в покладі родовища.

Основний матеріал

Більш поглиблене дослідження здійснено нами в Науково-дослідному і проектному інституті (НДПІ) ПАТ «Укрнафта» на керновому матеріалі Андріяшівського газоконденсатного родовища в умовах, максимально наближених до пластових (відтворено тиск, температуру, вміст конденсату, фізичні характеристики флюїдів). Важливим етапом досліджень було створення насиченої відповідними флюїдами моделі пласта. Для цього нами вдосконалено методу створення залишкової води в моделі. Вла-

сне, після витискування води трансформаторною оливою і гасом, останні виштовхувалися пропан-бутановою сумішшю, яка після зниження тиску в моделі випаровувалася і тим самим створювалася модель із залишковою водонасиченістю для подальших досліджень. В експериментах використовували пластову воду, конденсат і природний газ.

Зазвичай модель пласта заповнюють під вакуумом водою і потім інтенсивно продувають азотом. Після створення залишкової водонасиченості модель вакуумують і насичують стабільним конденсатом, який надалі витісняється нестабільним (сирим) конденсатом за тиску, який удвічі перевищує тиск досліду. Потім тиск знижують до тиску досліду, і модель продувають азотом. Після створення певної насиченості пористого середовища рідкими вуглеводнями азот замінюють природним газом. У ході експериментів при вертикальному положенні моделі газоконденсатна суміш витісняється пластовою водою (розчином хлористого натрію) мінералізацією 100 кг/м^3 . Вилучені з пласта рідину і газ пропускають через сепаратор і вимірюють їхній об'єм. За дослідними даними визначають коефіцієнти залишкової конденсатонасиченості і витіснення конденсату водою на момент прориву води з моделі, а також після її тривалого промивання та припинення винесення конденсату. Насиченість пористого середовища окремими фазами визначають за їхнім балансовим співвідношенням і додатково контролюють методом гаммаскопії за допомогою спеціально розробленої апаратури. Як джерело гамма-випромінювання застосовували радіоактивний ізотоп кобальту Co^{60} інтенсивністю $0,2 \text{ мг екв радію}$. Індикаторами гамма-випромінювання служать сцинтиляційний лічильник з монокристалу NaI (Tl) і фотоелектронний помножувач типу ФЕУ – 35 [1].

Насиченість пористого середовища рідиною і газом визначають за інтенсивністю гамма-випромінювання в окремих перерізах, розташованих кожні 20-25 мм по довжині моделі пласта. Однак у зв'язку з певною радіаційною небезпекою від застосування методу гаммаскопії надалі відмовилися.

В разі створення моделі з конденсатом у пористому середовищі, перед нагнітанням газоконденсатної суміші у модель закачували сирий конденсат і витискування здійснювали доки на виході з моделі параметри конденсату не набували значень, близьких до його параметрів на вході у модель. Після цього крізь модель прокачують газоконденсатну суміш, яку для відповідних тисків і температур (у представле-

них експериментах 30 МПа і 90°C) максимально насичували конденсатом. Отже, модель пласта ставала насиченою трьома компонентами: залишковою водою, конденсатом в рідкій фазі і газом у газовій фазі. Причому прокачуванням різних об'ємів газоконденсатної суміші можна виштовхувати з моделі різну кількість конденсату і створювати моделі з різними значеннями конденсатонасиченості [7].

Слід зауважити, що в процесі досліджень, в поровому просторі відбувається фільтрація складної багатофазної системи і при витискуванні рідкого конденсату газом мають місце міжфазні масопереноси, в результаті чого властивості рідкої фази і вміст конденсату в газі можуть змінюватися. Такі процеси нами не враховувалися, їх можна оцінити лише складними розрахунками з використанням рівнянь багатоконпонентної фільтрації.

На рис. 1 показано результати витискування конденсату дистильованою водою. З метою підвищення залишкового конденсатонасичення (створення рухливого валу конденсату) перед заводненням закачувався конденсат в кількості 10% від об'єму пор. Як видно, коефіцієнт конденсатовитискування склав лише 4% (лінія 1). Отже, звичайне заводнення газоконденсатних родовищ, навіть з попереднім закачуванням вуглеводнів, є малоефективним. Для вивчення спільної дії води і газу (водогазова репресія) експеримент було продовжено (лінія 2). Як видно, водогазова репресія дозволяє суттєво збільшити ступінь вилучення ретроградного конденсату, навіть після звичайного заводнення (коефіцієнт витискування конденсату досягнув 43%).

В наступних експериментах (рис. 1, лінія 3) водогазова репресія розпочиналася одразу після закачування 10% об'ємів конденсату. Результати цієї серії досліджень свідчать, що такий підхід забезпечує збільшення коефіцієнту витискування ретроградного конденсату до 80%.

Відповідні дослідження були проведені і без попереднього закачування об'ємів конденсату. Тут коефіцієнт вилучення виявився дещо гіршим, але достатньо високим – отримано близько 60 % конденсату з порового середовища.

Таким чином, для витискування конденсату в модельних умовах Андріяшівського ГКР, застосування водогазової репресії є ефективним заходом як з попереднім закачуванням об'ємів вуглеводню, так і без неї.

Оскільки реалізація водогазової репресії вимагає, як і сайклінг-процес, значної кількості

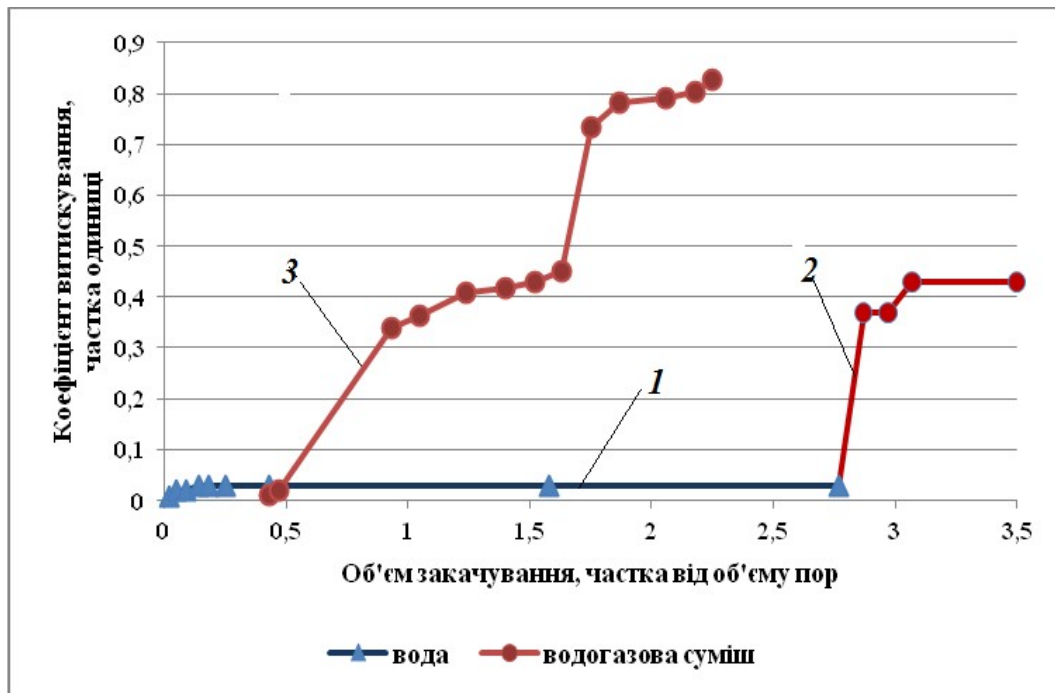


Рисунок 1 – Витискування конденсату з газоконденсатної моделі Андріяшівського ГКР водою (1) та після неї водогазовою сумішшю (2) і водогазовою сумішшю без попереднього нагнітання води (3)

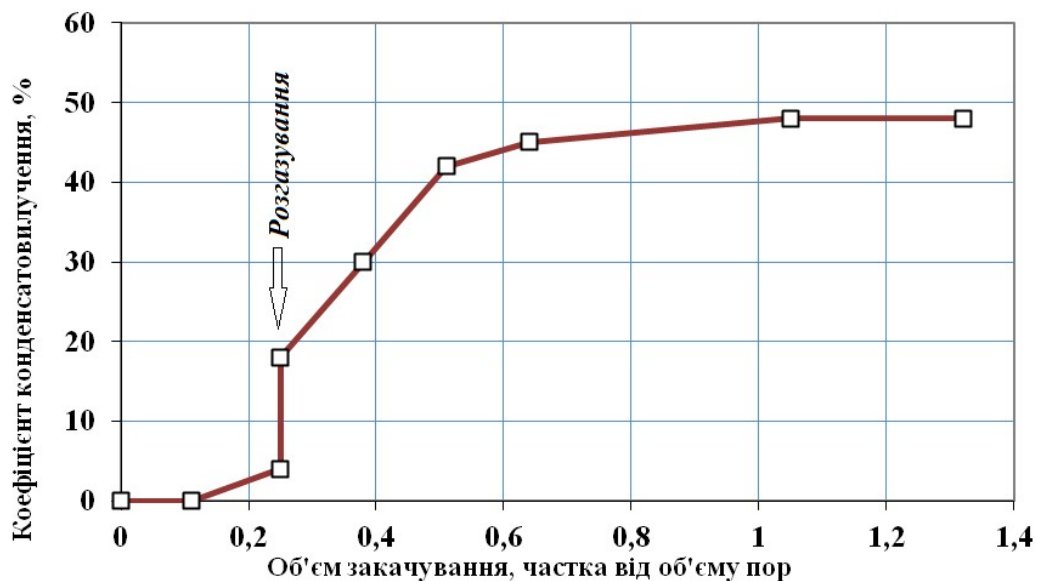


Рисунок 2 – Витискування конденсату водою з розгазуванням та подальшим витискуванням водою

газу та відповідного устаткування, нами розглянуто можливість використання пластового газу, наявного в покладі. В цьому випадку конденсат спочатку витискався водою, а потім, до прориву води з моделі, систему розгазовували, зменшуючи тиск на 25% нижче від тиску початку конденсації і знову продовжували витискування конденсату водою. Така процедура дозволяє видобути біля 50% конденсату, що випав в пласті. Результати досліджень представлено на рис. 2.

Висновки

Таким чином, на основі проведених експериментів встановлено:

1. При витисненні залишкового конденсату водою з попередньою закачкою 10% об'ємівки конденсату від об'єму пор досягається коефіцієнт вилучення ретроградного конденсату до 4%. Тобто звичайне заводнення газоконденсатних родовищ, навіть з попереднім закачуванням вуглеводнів, є малоефективним.

2. Водогазова репресія із застосуванням газу, що знаходиться у покладі, дозволяє суттєво збільшити ступінь вилучення ретроградного конденсату, навіть після звичайного заводнення (коефіцієнт витискування конденсату досягнув 43 %).

3. Із застосуванням водогазової репресії одразу після закачування 10 % об'ємів конденсату коефіцієнту витискування ретроградного конденсату складає до 80 %.

Література

1. Купер І. М., Угриновський А. В. Фізика нафтового і газового пласта: підручник. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2018. 448 с.

2. Закиров С.Н. Разработка газовых, газоконденсатных и нефтегазоконденсатных месторождений. М.: Струна, 1998. 628 с.

3. Кондрат Р.М. Газоконденсатоотдача пластов. М.: Недра, 1992. 253 с.

4. Бурачок О.В. Дослідження можливості витиснення водою конденсату, що випав у пласті. *Нафтова і газова промисловість*. 2007. № 2. С. 29-32.

5. Кашуба А.В. О возможности образования техногенной оторочки ретроградного конденсата при разработке газоконденсатных залежей. *Вестник ОГУ*. 2011. № 16 (135)/декабрь. С. 52-54.

6. Закиров С.Н., Кондрат Р.М. Активное воздействие на процесс разработки месторождений природных газов с целью повышения углеводородоотдачи пластов. *Доклады международной конференции "Разработка газоконденсатных месторождений"*. Секция 3. *Разработка нефтегазоконденсатных месторождений*. Краснодар, 1990. С. 24-28.

7. Карташ Н.К., Повзык П.П., Белоножко А.И. Новый метод поддержания пластового давления в газоконденсатных залежах и его эффективность. *Геопетроль, Секция IV, Эксплоатация злов ропу і газу земного*. С. 861-866.

8. Довідник з нафтогазової справи / За заг. ред. д.т.н. В.С.Бойка, Р.М.Кондрата, Р.С.Яремійчука. К.: Львів, 1996. 620 с.

9. Перспективи підвищення вуглеводневідачі Андріяшівського ГКР / Бікман Є.С., Гнип М.П., Дорошенко В.М. [та ін.] *Нафта і газ України: Матеріали 8-ї міжнародн. наук.-практ. конф. "Нафта і газ України – 2004"* (м. Судак, 29 вересня - 1 жовтня 2004 р.) у 2-х томах. Л.: Центр Європи, 2004. Т. 2. С. 19-21.

10. Закиров С.Н., Шандрижин А.Н. Исследование процессов вытеснения газа водой из трещиновато-пористых коллекторов: физиче-

ские закономерности на основе лабораторных экспериментов. М.: Ин-т проблем нефти и газа АН СССР и Гособразования СССР, 1989. 49 с.

11. Уляшев В.Е., Бураков Ю.Г., Ершов С.Е., Иванов В.В. Экспериментальная оценка объёмов заземления и извлечения газа из обводнённых карбонатных отложений путём отборов пластовой воды. *Научные проблемы и перспективы нефтегазовой отрасли в Северо-Западном регионе России: Научно-технический сборник*. Ч. 2. Разработка и эксплуатация месторождений. Комплексные исследования пластов и скважин. Ухта: СеверНИПИГаз, 2005. С. 82-98.

12. Патент України № 76353 Спосіб розробки газоконденсатного родовища / Гнип М. П., Прокопів В. Й., Дорошенко В. М., Тарабарин П. В., Михайлюк В. Д. Друк. в бюл. № 7, 2006.

References

1. Kuper I. M., Uhrynovskiy A. V. Fizyka naftovoho i hazovoho plasta: pidruchnyk. Ivano-Frankivsk: IFNTUNH, 2018. 448 p. [in Ukrainian]

2. Zakyrov S. N. Razrabotka hazovyikh, hazokondensatnyikh y neftehazokondensatnyikh mestorozhdeniy. M.: Struna, 1998. 628 p. [in Russian]

3. Kondrat R. M. Hazokondensatootdacha plastov. M.: Nedra, 1992. 253 p.

4. Burachok O. V. Doslidzhennia mozhlyvosti vytisnennia vodoiu kondensatu, shcho vypav u plasti. *Naftova i hazova promyslovisht*. 2007. No 2. P. 29-32. [in Ukrainian]

5. Kashuba A. V. O vozmozhnosti obrazovanyia tekhnogennoi ototchky retrohradnoho kondensata pry razrobotke hazokondensatnyikh zalezhei. *Vestnyk OHU*. No 16 (135) / dekabr 2011. P. 52-54. [in Russian]

6. Zakyrov S. N., Kondrat R. M. Aktyvnoe vozdeistvie na protsess razrobotky mestorozhdeniy pryrodnykh hazov s tseliu povyisheniya uhlevodorodootdachy plastov. *Doklady mezhdunarodnoi konferentsyy "Razrabotka hazokondensatnyikh mestorozhdeniy"*. Sektsiya 3. *Razrabotka neftehazokondensatnyikh mestorozhdeniy*. Krasnodar, 1990. P. 24-28. [in Russian]

7. Kartash N. K., Povzhyk P. P., Belonozhko A. Y. Novyiy metod podderzhaniya plastovoho davleniya v hazokondensanykh zalezakh y eho efektyvnost. *Geopetrol, Sekcija IV, Eksploatacija zlov rOPY i gazu ziemnego*. P 861-866. [in Russian]

8. Dovidnyk z naftohazovoi spravy. Za zah. red. d.t.n. V. S. Boika, R. M. Kondrata, R. S. Yaremichuka. K.: Lviv, 1996. 620 p. [in Ukrainian]

9. Bikman Ye. S., Hnyp M. P., Doroshenko V. M. ta in. Perspektyvy pidvyshchennia vuhlevodneviddachi Andriiashivskoho HKR. *Nafta i haz Ukrainy*: Materialy 8-yi mizhnarodn. nauk.-prakt. konf. "Nafta i haz Ukrainy – 2004" (m. Sudak, 29 veresnia - 1 zhovtnia 2004 r.) u 2-kh tomakh. L.: "Tsentr Yevropy", 2004. Vol. 2. P. 19-21. [in Ukrainian]

10. Zakyrov S. N., Shandryzhyn A. N. Yssledovanye protsessov vyitesneniya haza vodoi yz treshchynovato-porystyikh kollektorov: fizycheskye zakonomernosti na osnove laboratornykh eksperymentov. Yn-t problem nefty y haza AN SSSR y Hosobrazovanyia SSSR, 1989. 49 p. [in Russian]

11. Uliashev V.E., Burakov Yu.H., Ershov S.E., Yvanov V.V. Eksperimentalnaia otsenka obyomov zashchemleniya y yzvlecheniya haza yz obvodnyonnykh karbonatnykh otlozheniy putyom otborov plastovoi vodyi. (SeverNYPYhaz, h. Ukhta). Nauchnyie problemy y perspektyvyi neftehazovoi otrasly v Severo-Zapadnom rehyone Rossyy: Nauchno-tekhnycheskyi sbornyk. Ch. 2. Razrabotka y ekspluatatsiya mestorozhdeniy. Kompleksnyie yssledovanyia plastov y skvazhyn. Ukhta: 2005. P. 82-98. [in Russian]

12. Hnyp M. P., Prokopiv V. Y., Doroshenko V. M., Tarabarynov P. V., Mykhailiuk V. D. Druk. Sposib rozrobky hazokondensatnoho rodovyshcha. Patent Ukrainy № 76353. V biul. No 7, 2006. [in Ukrainian]