

НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ВИДОБУВАННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ ТА ГАЗОВОГО КОНДЕНСАТУ ІЗ РОДОВИЩ

Кондрат Р.М., Кондрат О.Р.

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу;
76019, Україна, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15
e-mail: public@nung.edu.ua*

За результатами експериментальних та теоретичних досліджень створено технології активного впливу на процеси розробки родовищ природних газів з метою інтенсифікації видобування вуглеводнів і збільшення газо- і конденсатовилучення. Запропоновані технічні пристрої для їх реалізації.

Ключові слова: *родовище, газ, конденсат, вода, розробка, експлуатація, стадія, інтенсифікація, газоконденсатовилучення, дебіт, активний вплив.*

Нафта і газ відіграють провідну роль у паливно-енергетичному балансі України. Разом вони забезпечують понад 55,4% первинної енергії, що споживається, в т.ч. природний газ – 45,6%. Домінуюча роль природного газу у паливно-енергетичному балансі України збережеться на найближчі десятиріччя.

Зараз в Україні видобувається 20 млрд.м³ природного газу на рік, а споживається майже 76 млрд.м³. За рахунок власного видобутку потреба в газі задовольняється лише на 26%. Більша частина газу імпортується з Російської Федерації і середньоазіатських країн. Ціна газу на світовому ринку постійно зростає. У цих умовах високоактуальним завданням державного значення є нарощування власного видобутку природного газу в Україні з одночасним зменшенням його споживання за рахунок впровадження енергоресурсозберігаючих технологій та обладнання в промисловості, сільському та комунальному господарствах і використання альтернативних джерел енергії.

Збільшення власного видобутку природного газу та газового конденсату в Україні може бути досягнуто за рахунок відкриття та уведення в розробку нових родовищ, а також інтенсифікації розробки і збільшення ступеня вилучення вуглеводнів із родовищ, що розробляються. Нові родовища, відкриті останнім часом, характеризуються порівняно невеликими запасами газу. Тому в найближчі роки основний видобуток природного газу і газового конденсату в Україні буде забезпечуватись із родовищ, що розробляються.

Теперішній стан газовидобутку в Україні характеризується виснаженням основних за запасами вуглеводнів газових і газоконденсатних родовищ. Більшість з них вступила в період спадаючого річного видо-

бутку природного газу та газового конденсату і завершальну стадію розробки. Проте ці родовища ще забезпечують основний видобуток газу та конденсату і вміщують значні залишкові запаси вуглеводнів. До них відносяться газ і конденсат, що залишились у газонасиченій частині родовищ і в зонах пласта, що не були охоплені розробкою; защемлений газ і конденсат в обводнених зонах родовищ; сконденсовані вуглеводні у виснажених газоконденсатних родовищах; нафта в невеликих за розмірами і запасами об'єктах і зв'язана нафта в газоконденсатних родовищах. За промисловими даними після завершення розробки родовищ у пласті може залишатись до 10-30% газу від початкових запасів. Коефіцієнт конденсатовилучення газоконденсатних родовищ, що розробляються в режимі виснаження пластової енергії, в ряді випадків досягає дуже низьких значень (13-40%), а коефіцієнт вилучення нафти з нафтових об'єктів не перевищує 10%. В умовах гострого дефіциту вуглеводневої сировини проблема збільшення ступеня вилучення вуглеводнів з надр має державне значення, що вимагає пошуку нових технологій розробки родовищ, в тому числі нетрадиційних.

В ІФНТУНГ впродовж багатьох років виконуються теоретичні та лабораторні дослідження, а також широкомасштабні промислові роботи з інтенсифікації видобування вуглеводнів і підвищення вуглеводневилучення з родовищ природних газів. За результатами виконаних досліджень запропоновано принципово нові підходи до розробки родовищ, які ґрунтуються на активному впливі на процесі видобування вуглеводнів і включають комплексний активний вплив на пласт, привибійну зону і стовбур свердловин.

Суть технологій активного впливу на процеси розробки родовищ полягає в тому, що за промисловими даними про розробку родовищ та експлуатацію свердловин встановлюють чинники, які негативно впливають на процеси видобування вуглеводнів, та причини, що їх викликають. На основі виконаного аналізу здійснюють пошук більш ефективних технологій видобування вуглеводнів із числа відомих чи дослідження та обґрунтування нових технологій, які дають змогу зменшити вплив негативних чинників чи взагалі усунути причини негативності, а в окремих випадках навіть примусити раніше негативні чинники відігравати позитивну роль у процесах видобування газу і конденсату. Нижче на прикладі газових родовищ, що розробляються в умовах водонапірного режиму, і газоконденсатних родовищ показана ефективність застосування технологій активного впливу на процеси видобування вуглеводнів.

Більшість родовищ природних газів приурочена до пластових водонапірних систем. У процесі відбору газу з родовища створюється перепад тиску між законтурною водоносною і газовою зонами, за рахунок якого вода з навколишнього водяного басейну поступає в газонасичену частину пластів. Просування води в родовище призводить до защемлення частини газу в пористому середовищі та поступового обводнення видобувних свердловин. У випадку газоконденсатних родовищ разом з

газом защемлюється вуглеводневий конденсат. У зв'язку з неоднорідною будовою та нерівномірним дренаванням продуктивних відкладів газоводяний контакт просувається вибірково продуктивним розрізом і площею газонасиченості. Це призводить до передчасного обводнення видобувних свердловин за рахунок випереджуючого руху води окремими високопроникними прошарками і відтинання фронтом води окремих ділянок пласта з початковою газонасиченістю, які вода обійшла. З появою води в продукції різко зменшуються дебіти газу і свердловини поступово зупиняються через глушіння їх водою. Для забезпечення відбору газу із свердловин необхідно проводити в них ізоляційні роботи з обмеження припливу пластової води і застосовувати ефективні методи винесення рідини з вибою на поверхню. Поступлення у свердловини високомінералізованих пластових вод призводить також до інтенсифікації процесів корозії газопромислового обладнання та солевідкладень.

Таким чином, до негативних чинників прояву водонапірного режиму у процесі розробки родовищ природних газів відносяться защемлення частини газу водою в пористому середовищі та обводнення свердловин. В результаті цього зменшується коефіцієнт кінцевого газовилучення і погіршуються техніко-економічні показники розробки родовища. Причиною виникнення негативних чинників є наявність законтурних пластових вод, які завжди поступатимуть в родовище під час відбору з нього газу. Тому родовище необхідно розробляти за такою технологією, за якої вплив законтурних пластових вод на процес розробки буде мінімальним.

З метою пошуку ефективної технології підвищення коефіцієнта газовилучення родовищ з водонапірним режимом виконано серію лабораторних експериментів на вертикальних циліндричних моделях пласта довжиною 2,12 – 2,44 м і внутрішнім діаметром 0,046-0,098 м. Як пористе середовище використовувалась суміш кварцового піску з маршалітом і штучно зцементований кварцовий пісок проникністю від 0,02 до 4 мкм² і пористістю від 0,127 до 0,44. Коефіцієнт початкової газонасиченості становив 0,44-0,74, початковий пластовий тиск – 4,74-10 МПа. Під час проведення дослідів моделювання заводнення моделі пласта за постійного тиску і неперервного зниження тиску з різним темпом, плавного зниження тиску в обводненій моделі пласта на певну величину з тривалим промиванням її водою на кожному етапі зниження тиску до припинення винесення пухирців газу, неперервне зниження тиску в обводненій моделі пласта з певним темпом; вивчалась фільтрація вільного газу через обводнену модель пласта із защемленим газом.

За результатами виконаних досліджень встановлено закономірності поведінки защемленого газу в обводнених моделях пласта і вилучення із них защемленого газу. Згідно з дослідними даними, в початковий період зниження тиску в обводнених моделях пласта защемлений газ, здебільшого, розширюється, залишаючись майже нерухомим. Після зниження тиску в моделі пласта на 23-34% порівняно з тиском обводнення насиченість пористого середовища нерухомим газом досягає певного крити-

чного значення (34-37%). При подальшому зниженні тиску весь газ, що розширюється, стає рухомим і видобувається із моделі пласта. У початковий період зниження тиску із моделі пласта видобувається, в основному, вода. Дебіт води має максимальне значення, потім різко знижується. Дебіт газу і газоводяний фактор поступово зростають, досягають максимуму при зниженні тиску відповідно на 0,3-0,32 і 0,25 від тиску заводнення і в подальшому зменшуються. Защемлення газу водою в пористому середовищі, його розширення під впливом зниження тиску і подальший рух призводять до істотного зниження фазової проникності для води – від 24 до 100 разів і більше. Вільний газ практично без втрат проходить через обводнене пористе середовище із защемленим газом, а в деяких випадках навіть захоплює із собою частину раніше защемленого газу.

З використанням отриманих закономірностей поведінки защемленого газу в обводненому пористому середовищі і результатів теоретичних досліджень розроблено нові технології активного впливу на процеси розробки родовищ природних газів з метою інтенсифікації видобування газу і збільшення газовилучення. Вони включають технології регулювання просування пластових вод у процесі розробки родовища, вторинного видобутку защемленого газу із обводнених пластів на стадії дорозробки родовищ, утилізації супутних пластових вод, видобутих із свердловин разом з газом, та інтенсифікації роботи обводнених газових і газоконденсатних свердловин.

Для регулювання просування в родовище пластових вод рекомендується експлуатувати обводнені газові свердловини, розташовані на водонебезпечних напрямках, шляхом створення відповідних умов для розширення і руху защемленого газу. При цьому темп відбору води із свердловини повинен бути більшим за темпи поступлення її в зону розташування свердловин. Навколо кожної обводненої свердловини у процесі відбору із неї газу з водою утворюється зона пониженого тиску. Це призводить до розширення і руху защемленого газу і, відповідно, до зниження фазової проникності пористого середовища для води. У результаті сповільнюється просування пластової води в зону розташування свердловин, що сприяє вирівнюванню контура газонасиченості. Одночасно з виконанням задачі регулювання просування фронту води в розробку залучається макрозащемлений газ із зон пласта, які вода обійшла, і видобувається із обводненої зони частина мікрозащемленого газу, що знаходиться в окремих порових каналах, як за рахунок відбору його разом з водою, так і за рахунок поступлення в газонасичену частину пласта. При цьому також відбувається повніше вироблення газонасичених прошарків у продуктивному розрізі обводнених свердловин і попереджується передчасне обводнення сусідніх видобувних свердловин.

Таким чином, у запропонованому методі активного впливу на процес розробки газових родовищ негативний наслідок прояву водонапірного режиму – защемлення газу водою використовується для регулювання просування в родовище пластової води.

Для родовищ, розробка яких завершена при повному обводненні всіх видобувних свердловин, або які вступили в завершальну стадію розробки, збільшення коефіцієнта газовилучення досягається шляхом організації вторинного видобутку защемленого газу із обводнених пластів. Для видобування защемленого газу використовуються наявні обводнені свердловини. Згідно з наведеними вище результатами експериментальних досліджень з метою забезпечення видобування разом з водою защемленого газу тиск в обводненій зоні необхідно знизити нижче тиску, який відповідає максимуму газоводяного фактора. А для цього необхідно, щоб темп відбору води із обводнених свердловин перевищував темп поступлення її в родовище із навколишнього водоносного басейну.

Реалізація технологій регулювання просування в родовище пластової води і вторинного видобутку защемленого газу із обводнених пластів пов'язана з відбором та утилізацією значних об'ємів високомінералізованої пластової води. Запропоновано методи утилізації супутньої пластової води, які включають використання її для підтримування пластового тиску в нафтових і газоконденсатних покладах, якщо такі є поблизу родовища; нагнітання у водопоглинаючі пласти чи в законтурну частину цього самого родовища в зоні сповільненого просування пластової води; перепускання через свердловини, розташовані у периферійній частині родовища, у виснажені газові поклади, якщо такі є в продуктивному розрізі родовища; нагнітання в низькопроникні газонасичені ділянки родовища з метою витіснення з них газу у високопроникні ділянки.

Необхідною умовою успішного впровадження запропонованих технологій активного впливу на процеси розробки родовищ природних газів в умовах водонапірного режиму є забезпечення стабільної роботи видобувних свердловин з великим вмістом рідини (води і вуглеводневого конденсату) в пластовій продукції.

В ІФНТУНГ за результатами експериментальних досліджень на моделі свердловини, теоретичних дослідних і дослідно-промислових робіт запропоновано нові технології і технічні пристрої для інтенсифікації роботи обводнених газових і газоконденсатних свердловин. Вони включають нові аналітичні залежності для визначення мінімально необхідного дебіту газу з метою забезпечення стабільної роботи обводнених газових і газоконденсатних свердловин, вибору оптимального діаметра колони насосно-компресорних труб (НКТ) і тиску на гирлі, за яких забезпечується фонтанування свердловин; нові типи плунжерів для плунжерного піднімача і пінопакерний плунжерний піднімач; нові конструкції диспергуючих пристроїв для створення однорідного газорідного потоку в НКТ; нові композиції спінуючих ПАР та інгібіторів корозії і солевідкладення для винесення рідини із свердловин і боротьби з корозією обладнання та солевідкладеннями; нові способи періодичного уведення піноутворювача з інгібіторами корозії та солевідкладення в газорідний потік; нові способи винесення рідини із свердловин за допомогою трифазних пін і з використанням газовиділяючих агентів; нові способи

регенерації відпрацювання розчинів спінюючих ПАР та піногасіння на промислових установках комплексної підготовки газу.

Принципова схема реалізації технології активного впливу на процес обводнення родовищ природних газів наведена на рис. 1. Технологія забезпечує регулювання просування в родовище пластових вод; зменшення розмірів обводненої зони пласта, кількості обводнених свердловин та об'ємів защемленого газу; вторинний видобуток защемленого газу з обводнених пластів; збільшення поточних відборів газу і конденсату; покращення техніко-економічних показників розробки родовищ і збільшення на 10-15% коефіцієнтів кінцевого газо- і конденсатовилучення.

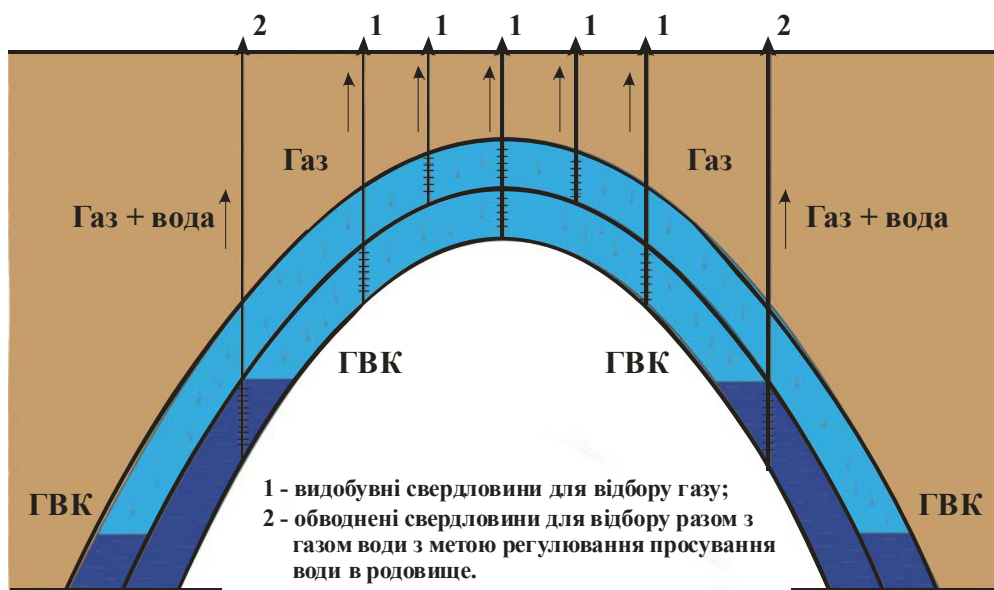


Рис.1 - Схема реалізації технології активного впливу на процес обводнення родовищ природних газів

Більшу частку загального видобутку газу в Україні забезпечують газоконденсатні родовища. Разом з газом видобувають вуглеводневий (газовий) конденсат. Основним методом підвищення конденсатовилучення з газоконденсатних родовищ, який застосується в зарубіжній практиці, є сайклінг-процес – підтримування пластового тиску шляхом зворотного нагнітання в родовище сухого відбензиненого газу. При реалізації сайклінг-процесу коефіцієнт конденсатовилучення досягає 55-75%. В Україні сайклінг-процес впроваджено тільки на п'яти газоконденсатних покладах, що пов'язано з необхідністю значних капітальних вкладень і тривалою консервацією запасів газу при його.

В ІФНТУНГ за результатами експериментальних досліджень на моделях пласта розроблено альтернативні сайклінг-процесу технології підтримування пластового тиску в газоконденсатних родовищах шляхом заводнення (за тисків початку конденсації і максимальної конденсації вуглеводневої суміші; за тисків, що відповідають конденсації з газу ва-

жких фракцій вуглеводневого конденсату і мінімальним значенням в'язкості та густини сконденсованих вуглеводнів), нагнітання облямівок вуглеводневого розчинника, водних чи конденсатних розчинів ПАР з подальшим нагнітанням води; почергового нагнітання води і газу; нагнітання водних розчинів ПАР і газу; нагнітання сухого газу у низькопроникні пласти і води у високопроникні пласти. Наведені технології дають можливість досягти значно більших коефіцієнтів конденсатовилучення порівняно з розробкою родовищ на виснаження.

Більшість газоконденсатних родовищ України розробляється в режимі виснаження пластової енергії з випадінням з газу в пористому середовищі частини вуглеводневого конденсату. Запаси сконденсованих вуглеводнів після завершення розробки газоконденсатних родовищ становитимуть десятки мільйонів тон, тому проблема видобування їх із пласта є актуальною.

Одним з можливих напрямів видобутку сконденсованих вуглеводнів із виснажених родовищ є витіснення їх із пористого середовища різними робочими агентами. З метою вибору ефективних агентів для витіснення із пористого середовища сконденсованих вуглеводнів в ІФНТУНГ виконано комплекс лабораторних досліджень на насипних моделях пласта, а також на зцементованих моделях пласта з використанням реальних зразків пісковиків і пластових флюїдів.

За результатами виконаних досліджень для практичного використання рекомендовано такі технології збільшення конденсатовилучення із виснажених газоконденсатних родовищ: здійснення водогазової репресії (циклічного нагнітання води і газу) як у необводнених, так і в обводнених пластах; нагнітання облямівки вуглекислого газу з переміщенням її по пласту водою і подальшим здійсненням водогазової репресії; нагнітання облямівки поверхнево-активної полімервмісної системи (композиції одного або декількох ПАР і полімеру), облямівки конденсату чи облямівки конденсатного розчину ПАР з переміщенням їх по пласту водою і подальшим здійсненням водогазової репресії чи з безпосереднім здійсненням водогазової репресії без попереднього нагнітання води.

Розробка газоконденсатних родовищ у режимі виснаження пластової енергії супроводжується скупченням газового конденсату у привибійній зоні свердловин, що призводить до зниження поточних об'ємів відбору газу і конденсату. В ІФНТУНГ за результатами досліджень на моделях пласта розроблено технології збільшення продуктивності газоконденсатних свердловин шляхом періодичних оброблень привибійних зон пласта розчинами ПАР та хімреагентів. Залежно від проникності порід, насиченості зв'язаною водою і ступеня забруднення пористого середовища використовують водні, водометанольні, метанольні, кислотометанольні розчини водорозчинних ПАР або конденсатні розчини нафторозчинних ПАР. У випадку високої водонасиченості пористого середовища і забруднення його важкими вуглеводнями у привибійну

зону може попередньо нагнітатись вуглеводневий розчинник чи водопоглинач.

На рис. 2 наведено принципову схему технологічного процесу збільшення вуглеводневилучення із виснажених газоконденсатних покладів шляхом витіснення із пористого середовища сконденсованих вуглеводнів. Технологія включає нагнітання у поклад через нагнітальні свердловини запропонованих робочих агентів, витіснення ними із пористого середовища до видобувних свердловин сконденсованих вуглеводнів і пластового газу, періодичне оброблення привибійних зон видобувних свердловин розчинами ПАР і хімреагентів з метою очищення пористого середовища від сконденсованих вуглеводнів та інтенсифікації припливу газоконденсатної суміші до свердловин і використання газогідродинамічних, фізико-хімічних та механізованих методів винесення рідини (вуглеводневого конденсату і води) з вибою свердловин на поверхню. На рис. 2 зображено газліфтний спосіб експлуатації видобувних свердловин. З метою підвищення приймальності нагнітальних свердловин і коефіцієнта охоплення пластів розробкою нижня частина насосно-компресорних труб в нагнітальних свердловинах обладнується спеціальними пристроями-вібраторами для акустичного впливу на привибійну зону.

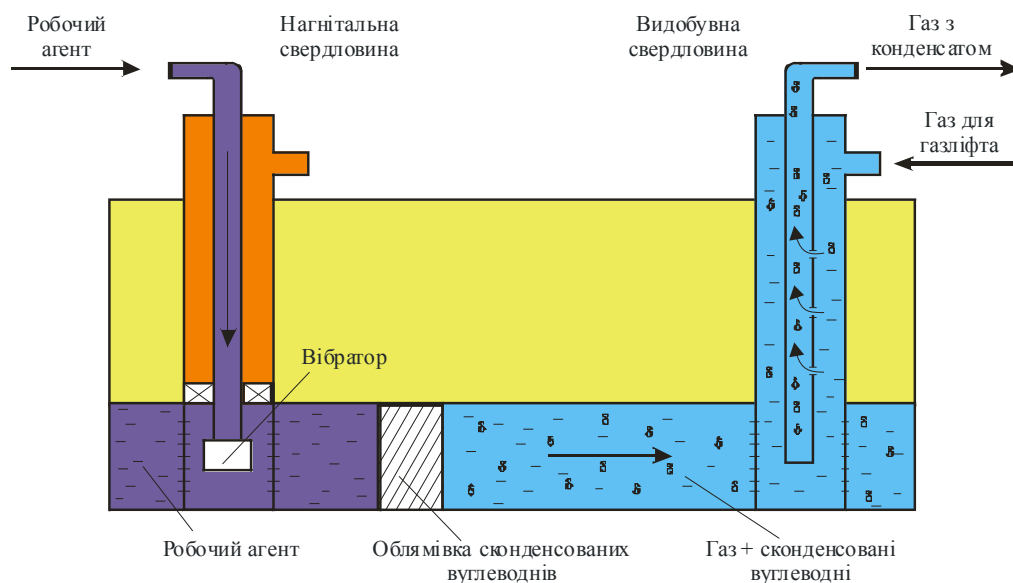


Рис.2 – Схема реалізації технології підвищення вуглеводне вилучення із виснажених газоконденсатних покладів

Запропоновані технології активного впливу на процеси розробки родовищ природних газів з метою інтенсифікації видобування вуглеводнів та збільшення газо- і конденсатовилучення пройшли промислові випробовування, здані відомчим комісіям, оформлені відповідними керівними документами, інструкціями та стандартами підприємств і за-

стосовуються на родовищах природних газів України і Оренбурзькому та Ямбурзькому родовищах Російської Федерації.

THE NEW TECHNOLOGY OF INTENSIFICATION OF GAS AND CONDENSATE OF FIELD RECOVERY

Kondrat R.M., Kondrat A.R.

*Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas;
15, Karpatska Str., Ivano-Frankivsk, Ukraine, 76019
e-mail: public@nung.edu.ua*

As a result of experimental and theoretical investigations and experimental and industrial tests the technology of active influence on the processes of gas fields development aimed at intensification of hydrocarbons recovery and enhancement of gas and condensate recovery have been developed. The hardware for their realization have been proposed.

Keywords: *field, gas, condensate, water, development, exploitation, stage, intensification, gas condensate recovery, flow rate, active influence.*