

Є.С. Бікман, к.т.н., С.В. Кривуля, інж. (ДП «УкрНДІгаз», м. Харків), О.В. Ляшенко, І.І. Хомин, інженери, (ДП «Полтавагаздобування», м. Полтава), О.Г. Нестеренко, Я.С. Яремійчук, інженери (ДК «Укргаздобування», м. Київ)

Стратегія розробки газоконденсатних родовищ України з використанням азоту для підтримання пластового тиску

На прикладі експлуатації двох нафтогазоконденсатних родовищ України обґрунтована доцільність використання азоту для підтримання пластового тиску до завершення циклу добування газу і газового конденсату.

Ключові слова: природний газ, газовий конденсат, добування, пластовий тиск, сайклінг-процес, азот.

На примере эксплуатации двух нефтегазоконденсатных месторождений Украины обоснована целесообразность использования азота для поддержания пластового давления до завершения цикла добычи газа и газового конденсата.

Ключевые слова: природный газ, газовый конденсат, добыча, пластовое давление, сайклінг-процесс, азот.

On the example of exploitation of two oil-gas-runback deposits of Ukraine expediency of the use of nitrogen is reasonable for maintenance of stratal pressure before completion of cycle of booty of gas and gas runback.

Keywords: natural gas, gas runback, booty, stratal pressure, saykling-process, nitrogen.

Стратегія розробки газоконденсатних родовищ (ГКР) згідно з діючими правилами визначається максимальним вуглеводневилученням при мінімальних капітальних вкладеннях. Збільшення вуглеводневідачі може бути досягнуто за умов впровадження сучасних технологій розробки з використанням методів підтримання пластового тиску (ППТ) – сайклінг-процесу, закачки неуглеводних газів, комбінованих технологій з закачкою газів та рідин, тощо [1, 2]. Використання цих технологій може забезпечити підвищення газовідачі на 10–15, а конденсатовідачі на 20–30 %. Більш доцільно впроваджувати ці технології при пластових тисках не нижче тисків початку конденсації рідких вуглеводнів. У протилежному випадку їх ефективність різко знижується та при тисках, що наближені до тисків максимальної конденсації, їх впровадження стає практично недоцільним.

Вищеозначені проблеми обумовили необхідність аналізу стану поточних ресурсів висококонденсатних об'єктів газоконденсатних родовищ України та визначення шляхів підвищення ефективності їх розробки з використанням сучасних вторинних технологій активної

дії на пласт з урахуванням світового та вітчизняного досвіду.

В умовах дефіциту газу використання неуглеводневих газів, або їх сумішей з вуглеводневим газом може підвищити ефективність застосування ППТ за рахунок реалізації видобутого газу.

У Національній програмі «Нафта і газ України до 2010 року» ресурсна база була охарактеризована, виходячи з початкових видобувних сумарних ресурсів (ПСР) станом на 01.01.1988 р. Після чого вони були підраховані станом на 01.01.1993 р. по суші і на 01.01.1994 р. в межах акваторій Чорного і Азовського морів. Пізніше, на початок кожного наступного року прогнозні сумарні ресурси ПСР уточнювались. Порівняння результатів підрахунків ресурсів на 01.01.1988 р. та їх обсягів на 01.01.1998 р. показує, що в цілому для країни ПСР зменшилися лише з 8643,7 до 8417,8 млн.т у.п. (2,6%). При цьому суттєві зміни мають місце по Західному і Південному регіонах.

Впровадження у виробництво технологій підвищення газоконденсатовідачі передбачало додатковий видобуток нафти 150-250 тис. т, газу – 2200 млн.м³, конденсату – 30,4 тис.т. Планувалося широке використання методів

та способів підвищення нафтогазоконденсатовідачі, а саме – розробки газоконденсатних родовищ з ППТ і, насамперед, із застосуванням сайклінг-процесу, а також інших альтернативних технологій (закачка неуглеводневих газів, комбінованих технологій закачки газів і рідин, тощо).

Практичне відставання нафтогазової галузі України щодо використання передових технологій підвищення вуглеводневідачі нафтових та газоконденсатних родовищ з великими питомими ресурсами конденсату і нафти в нафтових об'єктах, а також низькі фактичні коефіцієнти нафтогазоконденсатовилучення з такого типу покладів порівняно з досягнутим світовим рівнем свідчить про наявність певних резервів щодо можливості підвищення кінцевого вуглеводневилучення родовищ НАК «Нафтогаз України».

Враховуючи це, ДП «УкрНДІгаз» в своїх проектах розробки нафтогазоконденсатних родовищ розглядає варіанти використання сучасних енергоресурсозберігаючих технологій на базі світового досвіду, які направлені на підвищення вуглеводневідачі та, відповідно, ефективності розробки з мінімізацією капітальних вкладень та терменів

їх окупності за міжнародною методикою оцінки ефективності інвестицій в нафтогазовій галузі.

Так, ДП «УкрНДІгаз» виконає комплексні проекти розробки висококонденсатних покладів газоконденсатних родовищ з використанням сайклінг-процесу для технології ППТ на Тимофіївському, Котелевському, Куличихинському та Березівському ГКР.

При цьому запропоновані технології забезпечуються вітчизняною технікою (обладнання нагнітальних компресорних станцій, азотних установок, буріння глибоких свердловин та оптимальне розкриття пластів з метою регулювання умов фільтрації флюїдів при видобутку та нагнітанні робочих агентів, тощо). Зроблені висновки про пріоритетний напрямок щодо розробки газоконденсатних покладів з використанням технологій ППТ з закачкою газоподібних робочих агентів (вуглеводневий газ або інертний азот).

Технологія ППТ з використанням газоподібного азоту, отриманого адсорбційним, мембранним, або криогенним способами, може повністю усунути негативний фактор консервації запасів вуглеводневого газу на період ППТ з використанням сайклінг-процесу. Така технологія при певних економічних обставинах може бути більш ефективною. В умовах, коли ціна на вуглеводневий газ буде залежати від його калорійності, ця технологія може бути більш конкурентоздатною.

Отже, є реальні перспективи впровадження високоєфективних вторинних технологій ППТ з використанням азоту на інших об'єктах родовищ НАК «Нафтогаз України», а саме, на Тимофіївському, Куличихинському, Андріяшівському, Комишнянському, Сахалінському, Березівському та інших, які характеризуються порівняно великими поточними ресурсами вуглеводнів С5+ як в газовій, так і в рідкій фазах.

Слід відзначити, що поклади України з високим питомим вмістом конденсату в пластовому газі (>200 г/м³) характеризуються високим початковим пластовим тиском (до 50 МПа), що, відповідно, обумо-

вляє високі тиски нагнітання азоту (до 35 МПа).

Виходячи з досвіду впровадження сайклінг-процесу на невеликих за запасами об'єктах доцільне використання нагнітальних компресорних станцій (НКС) продуктивністю від 0,2 до 1 млн.м³/добу (140–695 м³/хв.) при тисках нагнітання від 27 до 50 МПа. Тиск на всмоктуванні в НКС повинен складати 2,5–5,0 МПа.

Впровадження технологій ППТ (сайклінг-процес, закачка азоту) на таких родовищах дозволить підвищити їх конденсатовіддачу майже у 1,5+2 рази. Створення та впровадження технологій дешевого одержання технічного азоту дозволить підвищити ефективність розробки з ППТ в порівнянні з сайклінг-процесом.

Практична реалізація систем оптимізації розробки нафтогазоконденсатних родовищ в широкому розумінні проблеми дозволить суттєво інтенсифікувати процес видобутку нафти, конденсату і газу та вийти на світовий рівень вирішення існуючої проблеми.

Тому, доцільно прийняти закон, який згідно з існуючими нормативними актами («Правила розробки», Закон «про нафту і газ», тощо) не дозволяв би виснаження газоконденсатних покладів з питомим вмістом вуглеводнів в пластовому газі >200 г/м³ в разі позитивного техніко-економічного обґрунтування впровадження технологій ППТ на будь-якій стадії розробки.

Техніко-економічне обґрунтування перспектив підвищення вуглеводневої віддачі газоконденсатних родовищ НАК «Нафтогаз України» з питомим вмістом конденсату в пластовому газі >200 г/м³ свідчить про доцільність інвестування їх розробки з використанням передових сучасних технологій активної дії на пласт та пластову газоконденсатну систему шляхом ППТ з закачкою вуглеводневих та неуглеводневих газоподібних флюїдів.

Загальні інвестиції в сумі 5,2 млрд.грн дозволять за 30 років розробки додатково видобути близько 25 млн.т конденсату та забезпечити чистий прибуток в сумі 20 млрд.грн. При цьому накопиче-

ний приведений вільний грошовий потік складе 3,68 млрд.грн.

Першочерговим об'єктом для впровадження системи розробки ППТ з використанням азоту може бути Тимофіївське та Куличихинське НГКР, на яких станом на 04.2011р. впроваджується сайклінг-процес.

Заміна вуглеводневого газу рециркуляції на азот тільки на цих родовищах дозволить вивільнити сотні млн.м³ вуглеводневого газу та подати його споживачу, що забезпечить в порівнянні з сайклінг-процесом ефективність на рівні до 3,5 млрд.грн.

Поклад Т-1 Тимофіївського НГКР розробляється з 1978 року. З метою підвищення вуглеводневої віддачі покладу Т-1 в 1980 році було розроблено «Проект розробки Тимофіївського НГКР», який періодично корегувався ДП «УкрНДІгаз».

Згідно з цим проектом прийнято варіант розробки об'єкта Т-1 з використанням сайклінг-процесу. В період 1978-1985 р.р. поклад Т-1 розроблявся на виснаження. За цей період видобуто 1405,7 млн м³ газу, 380,0 тис.т конденсату та 35,3 тис. т нафти.

З 1985 по 1992 р.р. поклад Т-1 був законсервований у зв'язку з очікуванням сайклінг-процесу. При підготовці до впровадження сайклінг-процесу на родовищі було проведено пробну закачку в об'ємі 39,4 млн.м³ технологічного газу, видобуток при цьому склав 430,7 млн. м³ газу і 125,4 тис.т конденсату, накопичений видобуток на початок сайклінг-процесу складав 1836,4 млн.м³ газу і 505,4 тис. т конденсату.

В період консервації було прийнято рішення щодо обмеження відборів газу у зв'язку з промисловими дослідженнями свердловин.

Промислове закачування газу в поклад Т-1 розпочалось в 1993 р. Пластовий тиск на той час становив 37,60 МПа. Закачка газу здійснювалася в 8 нагнітальних свердловин, а відбір з 18 експлуатаційних. У зв'язку з грифоутворенням навколо свердловини № 58 на Тимофіївському НГКР сайклінг-процес було призупинено з листопада 2008 р.

В грудні 2008 р. рішенням технічної ради ДК «Укргазвидобування» було розглянуто «Техніко-економічне обґрунтування перспектив впровадження сайклінг-процесу на Тимофіївському та Куличихинському НГКР» (ТЕО), яке виконане згідно завдання ДК «Укргазвидобування».

На основі ТЕО закачку газу в поклад Т-1 було відновлено в травні 2009 р. З травня 2009 р. поклад Т-1 розробляється в режимі сайклінг-процесу.

Розробка газової шапки покладу Т-1 Куличихинського НГКР в II і III блоках до початку сайклінг-процесу почалася в 1999 р. і здійснювалась 3-ма свердловинами. Видобуток газу на цих свердловинах станом на 2003.03.01 склав 54,76 млн.м³, а конденсату – 11,98 тис.т. Станом на 01.10.2010 р. розробка газової шапки здійснюється 5-ма свердловинами.

Технічна характеристика видобутку газу і конденсату покладу Т-1 на Тимофіївському і Куличихинському НГКР станом на 01.10.2010 р. приведена в табл. 1.

Оскільки станом 01.10.2010 р. пластовий тиск в покладі Т-1 Тимофіївського та Куличихинського НГКР дещо зріс, то в даній роботі варіант розробки з використанням сайклінг-процесу був уточнений, а також розглянуто альтернативні варіанти ППТ сайклінг-процесом за рахунок часткової та повної компенсації газу рециркуляції азотом (рисунок).

Застосування технології підвищення вуглеводневідачі покладу Т-1 Тимофіївського та Куличихинського НГКР за рахунок закачки азоту в пласт дозволить не тільки підтримувати пластовий тиск в покладах, але й забезпечити подачу товарного газу споживачеві. Слід відмітити, що закачування азоту в пласт в умовах покладів Т-1 Тимофіївського та Куличихинського НГКР дозволить зменшити активність вибіркового обводнення найбільш проникних пластів за рахунок більш активного охоплення їх витисненням азотом. Це в свою чергу при подальшій розробці покладу Т-1 сприятиме збільшенню кінцевої вуглеводневідачі. Крім того,

Таблиця 1. Показники видобутку покладу Т-1 на Тимофіївському і Куличихинському НГКР

Назва родовища	Накопичений видобуток газу, млн.м ³	Товарний газ, млн м ³	Газ рециркуляції, млн.м ³	Газовий конденсат, тис. т	Пластовий тиск, МПа
Тимофіївське	14122,3	3267,6	10866,5	2707,4	31,61
Куличихинське	1108,9	263,3	845,6	152,7	31,15

впровадження системи розробки з ППТ за рахунок закачки азоту забезпечить більшу надійність видобувних можливостей родовища з меншим ризиком щодо випереджаючого обводнення покладу Т-1 та, відповідно, експлуатаційного фонду свердловин.

За скорегованим базовим варіантом розробки покладу Т-1 Тимофіївського НГКР з використанням сайклінг-процесу буде видобуто 11654,3 млн.м³ пластового газу, 11364,4 млн.м³ газу сепарації, 3526,39 тис.т конденсату та 745,88 тис.т пропан-бутану. Видобуток на на Тимофіївському та Куличихинському НГКР по запропонованим варіантам ППТ представлено в табл. 2.

Варіанти з компенсацією газу рециркуляції азотом розглянуто з 2012 року з урахуванням необхід-

ності облаштування промислу під закачку азоту. До початку впровадження передбачається реалізація варіанту розробки з ППТ сайклінг-процесом.

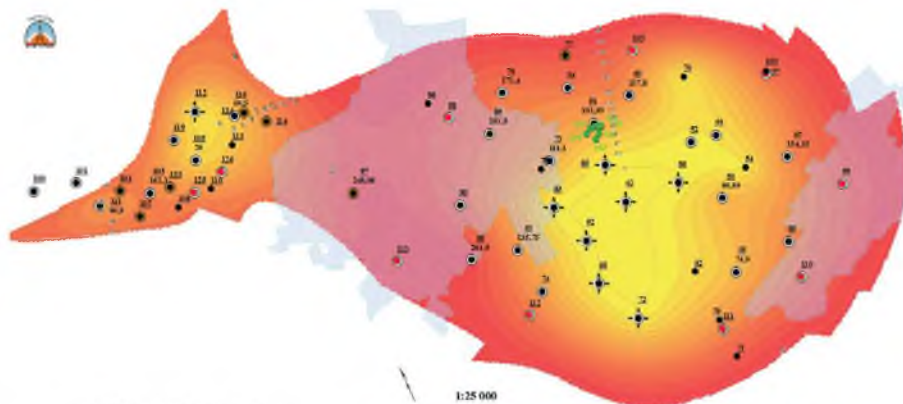
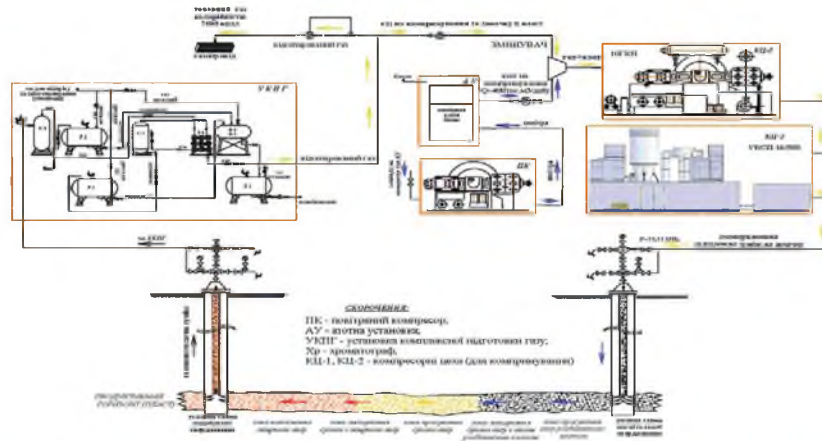
За результатами проведеної техніко – економічної оцінки ефективності розробки за варіантами зроблено висновок, що всі вони є економічно доцільними.

Найкращі показники має варіант 2, який передбачає максимальні обсяги реалізації газу.

За варіантом 3 додаткові порівняно із базовим варіантом капітальні вкладення окупуються протягом року. За умов реалізації газу за внутрішньогалузевою ціною (420 грн/тис.м³) найкращі економічні показники спостерігаються за базовим варіантом. Показники за варіантом 3 є найближчими.

Таблиця 2. Характеристика видобутку покладу Т-1 на Тимофіївському і Куличихинському НГКР за новими варіантами ППТ

Варіант розробки	Пластовий газ, млн м ³	Газ сепарації, млн м ³	Газовий конденсат, тис. т	Пропан-бутан, тис. т	Метод ППТ
Перший	12842,9	12468,9	3466,8	729,9	сайклінг-процес
Другий	12989,1	12358,6	3266,8	676,6	Повна заміна N ₂
Третій	12847,9	12447,0	3432,0	698,5	Часткова заміна N ₂
Куличихинське	2217,9	2031,3	291,3	130,8	Часткова заміна N ₂



ТАБЛИЦЯ ВІСЬМЬОДНОГО ГОРИЗОНТУ Т.1

ПОРЯДОКОВИЙ №	НАЗВА	ГЛУБИНА, м	ПРОМІЖОК, м	ПРОМІЖОК, м	ПРОМІЖОК, м
1	111	111	111	111	111
2	112	112	112	112	112
3	113	113	113	113	113
4	114	114	114	114	114
5	115	115	115	115	115

ПОТОМНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ПАРАМЕТРИ ГОРИЗОНТУ Т.1 (СТАНОВ НА 01.10.2010)

№ п/п	Роз. №	Глиб. м	Проміж. м	Проміж. м	Проміж. м	Проміж. м
Загальні дані						
1	111	111	111	111	111	111
2	112	112	112	112	112	112
3	113	113	113	113	113	113
4	114	114	114	114	114	114
5	115	115	115	115	115	115
Висновки						
1	111	111	111	111	111	111
2	112	112	112	112	112	112
3	113	113	113	113	113	113
4	114	114	114	114	114	114
5	115	115	115	115	115	115

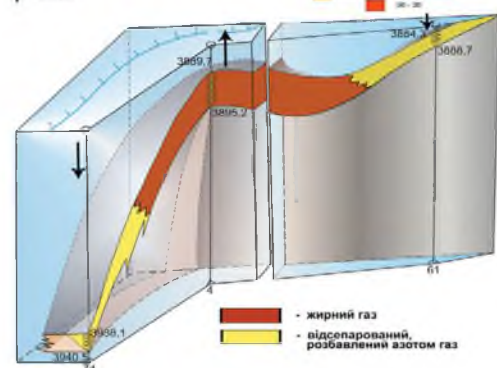


Рисунок. Система розробки Тимофіївського та Куличихинського НГКР з підтриманням пластового тиску з використанням сайклінг-процесу та частковою компенсацією газу рециркуляцією азотом (410 тис.м³/добу)

В цілому, незважаючи на те, що кращі показники накопиченого приведеного вільного грошового потоку спостерігаються за варіантом 2, з огляду на структуру видобутку вуглеводнів та чинну систему ціноутворення на газ власного видобутку ДК «Укргазвидобування» рекомендує до впровадження варіант 3 – з частковою компенсацією газу рециркуляції азотом та обмеженим видобутком товарного газу на період 2011-2013 рр. в об'ємі 200 млн. м³, а з 2012 р. з частковою компенсацією газу азотом

в об'ємі 124,1 млн.м³/рік на період до 2021 року.

Висновки

Підтримання пластового тиску заміною закачки в пласт видобутого газу азотом покращує економічні показники видобування вуглеводнів на різних за потужністю газоконденсатних родовищах. Зниження вартості добування азоту безпосередньо на території родовища є актуальною техніко-економічною задачею в машинобудуванні.

Список літератури:

1. Бікман Є.С., Хошин І.І., Куль А.й. Технологія розробки газоконденсатного родовища з підтриманням пластового тиску газоподібним азотом // Компресорное и энергетическое машиностроение, 2008.– №2(12).– С.26-30.
2. Бикман Е,С., Киселев В.М. Использование синтез-газа при разработке нефтегазоконденсатных месторождений с поддержанием пластового давления // Компресорное и энергетическое машиностроение, 2008.– №3(13).– С. 33-35.