

Шебелинське газоконденсатне родовище. Відновлення запасів чи обводнення?

© **Фик І.М.**
д-р тех. наук
НТУ «ХПІ»
Фик М.І.
канд. тех. наук
НТУ ім. В.Н. Каразіна
Фик І.М.
НТУ «ХПІ»

УДК 622.276.64; 622.245.54

UA У статті розглядаються та аналізуються основні результати розробки Шебелинського ГКР з погляду його обводнення та можливого відновлення запасів газу в покладах, що розробляються, за рахунок перетоків газу з глибоких горизонтів. Детально розглянуто всі фактори, які впливають на пластовий тиск у процесі розробки покладів. Показано, що обводнення практично не впливає на газовий режим розробки, а темп зниження пластового тиску уповільнюється за рахунок перетоків газу по тектонічних порушеннях, особливо в центральній частині родовища. Обґрунтовано, що річний видобуток газу 1800–1900 млн м³ буде повністю компенсований перетоками. Наведено графічний прогноз видобутку газу до 2040 р. за варіантами безкомпресорної та компресорної експлуатації з 2019 р. з урахуванням відновлення запасів.
Ключові слова: газ, родовище, видобуток, запаси, обводнення.

RU В статье рассматриваются и анализируются основные результаты разработки Шебелинского газоконденсатного месторождения с точки зрения его обводнения и возможного восстановления запасов газа в залежах, которые разрабатываются, за счет перетоков газа из глубоких горизонтов. Подробно рассмотрены все факторы, которые влияют на пластовое давление в процессе разработки залежей. Показано, что обводнение практически не влияет на газовый режим разработки, а темп снижения пластового давления замедляется за счет перетоков газа по тектоническим нарушениям, особенно в центральной части месторождения. Обосновано, что годовая добыча газа 1800–1900 млн м³ будет полностью компенсирована перетоками. Приведен графический прогноз добычи газа к 2040 г. по вариантам бескомпрессорной и компрессорной эксплуатации с 2019 г. с учетом возобновления запасов.
Ключевые слова: газ, месторождение, добыча, запасы, обводнение.

EN The article reviews and analyzes the main results of development of the Shebelynka gas condensate field from the point of view of its watering and possible restoration of gas reserves in deposits, which are developed due to gas flows from deep horizons. All factors that affect reservoir pressure during the development of deposits are considered in detail. It is shown that watering practically does not affect the gas development regime, and the rate of decline in reservoir pressure is slowed by gas flow over tectonic disturbances, especially in the central part of the field. It is substantiated that the annual gas production of 1800–1900 million m³ will be fully compensated by the inflows. The resulted graphic forecast of gas production by 2040 on variants without compressor and compressor operation since 2019 with taking into account restocking of gas.
Key words: gas, field, development, stocks, flooding.

Об'єкт дослідження: Шебелинське газоконденсатне родовище. Видобуток газу та процеси підтримання пластового тиску, в тому числі за рахунок перетоків газу з глибоких горизонтів по тектонічних порушеннях.

Предмет дослідження: аналіз та прогноз видобутку газу на перспективу за різними варіантами розробки як компресорної, так і безкомпресорної експлуатації Шебелинського родовища з урахуванням підтримання пластового тиску та відновлення запасів.

Загальні відомості про об'єкт дослідження. Особливості постановки завдання дослідження.

Шебелинське газоконденсатне родовище було відкрито у 1950 р. та введено у промислову розробку в 1956 р.

Родовище приурочене до крупної брахіантиклінальної складки висотою 1160 м, є масивно-пластовим покладом із численними тектонічними порушеннями (рис. 1, за даними УкрНДІгазу), єдиним початковим

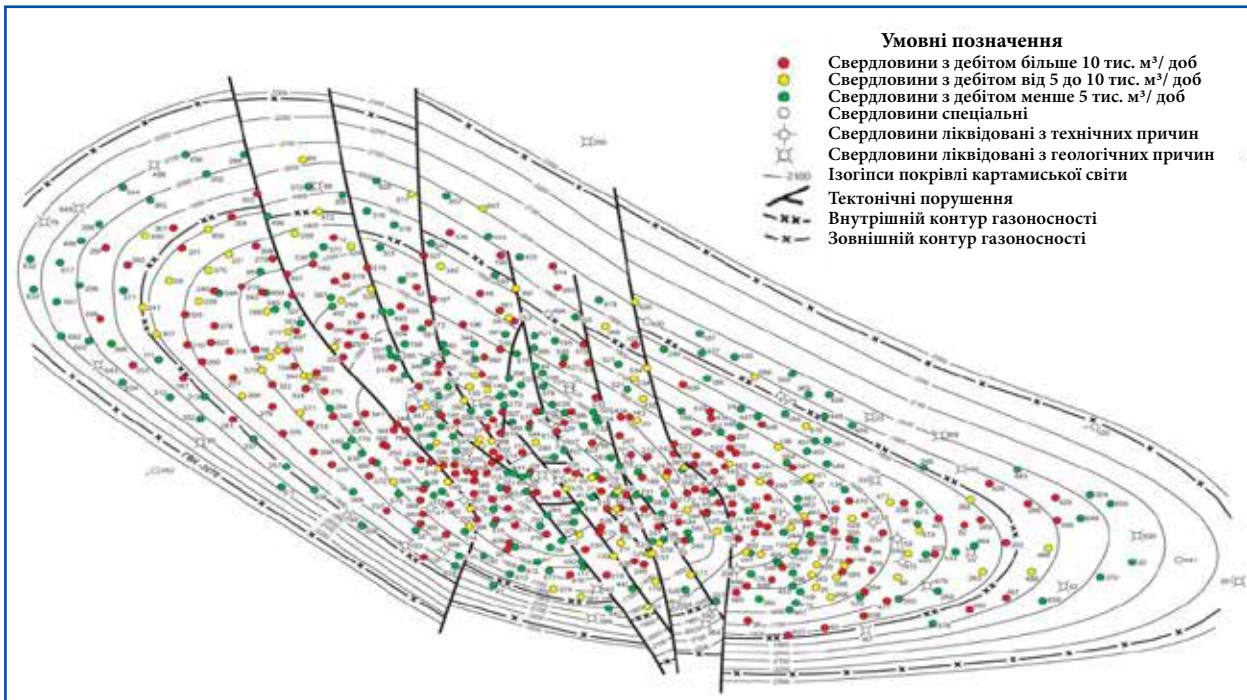


Рис. 1. Структурна карта горизонту СМП Шебелинського ГКР

газо-водяним контактом на абсолютній позначці –2270 м, площею газонасиченості 246 км², початковим і поточним пластовими тисками 23,8 МПа і 2,0 МПа [1, 2].

Характерною геолого-промисловою особливістю ГКР є широкий діапазон змін колекторських властивостей газонасичених порід по площі і розрізу (проникність коливається від 0,1 до 100 мД), що зумовлює нерівномірність відпрацювання покладу за пластовим тиском і за дебітом

свердловин у просторі і в часі. Середній коефіцієнт пористості колекторів становить 0,13, середній коефіцієнт газонасиченості – 0,5 [2].

Під час експлуатації Шебелинського ГКР активного обводнення свердловин не спостерігалось, і прогнози УкрНДІгазу щодо газового режиму його розробки загалом підтвердилися.

На рис. 2 показано розміщення обводнених зон Шебелинського родовища по горизонтах М2 – А4, а в таблиці 1 наведені параметри цих

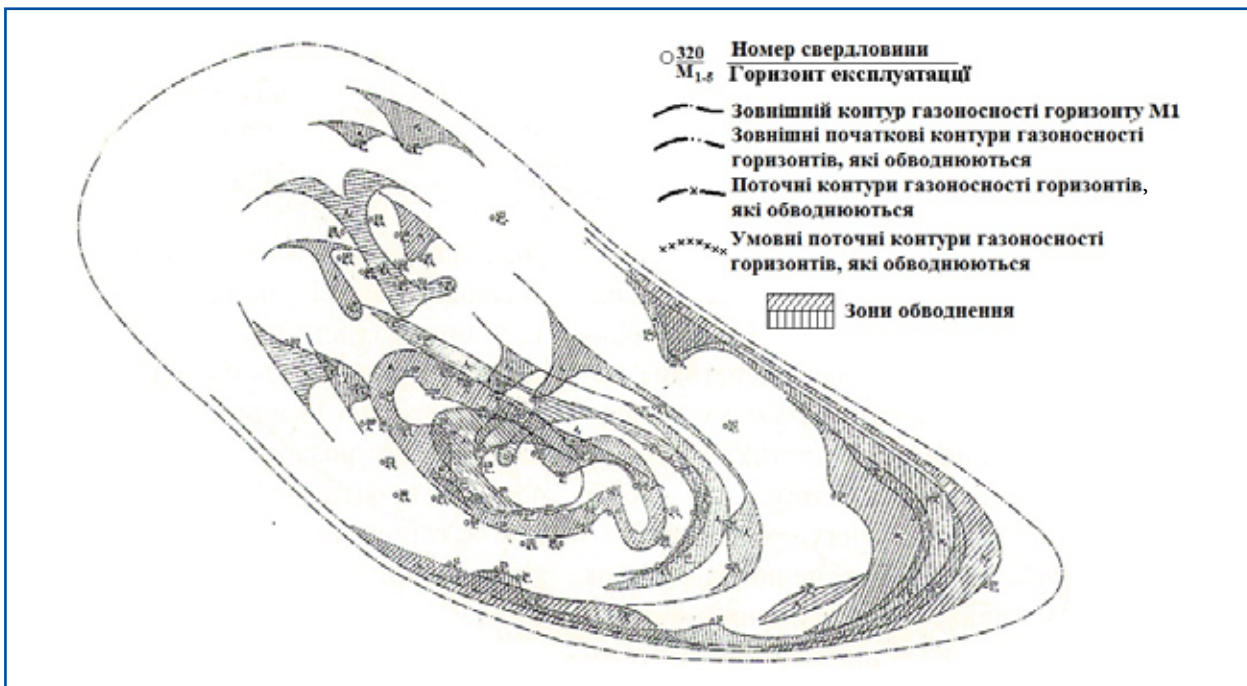


Рис. 2. Схема вибіркового обводнення продуктивних горизонтів М2 – А4 Шебелинського ГКР

Таблиця 1. Параметри обводнених зон газонасних горизонтів Шебелинського ГКР станом на 1989 та 2016 рр.

Горизонт	Ефективна товщина, м	Коефіцієнт пористості	Коефіцієнт початкової газонасиченості	Коефіцієнт залишкової газонасиченості в зонах обводнення	Площа обводнення, 10 ⁶ м ²		Об'єм обводнення, 10 ⁶ м ³	
					1989 р	2016р*	1989 р	2016р*
M ₂	2,0-14,0	0,10-0,14	0,30-0,62	0,11-0,30	12,15	13,15	4,48	5,48
M ₃	1,6-16,3	0,09-0,24	0,50-0,70	0,19-0,52	13,06	14,06	11,5	12,5
M ₄	6,4-8,8	0,1	0,5	0,36	7,94	8,94	0,96	1,35
M ₅	4,0-6,5	0,13	0,55	0,35-0,37	1,37	1,97	0,17	0,35
A ₀	10,4-19,2	0,18-0,22	0,70-0,83	0,60-0,63	5,94	6,94	2,5	3,2
A ₁	1,0-5,0	0,12-0,16	0,55-0,62	0,21-0,45	4,72	5,72	0,6	1,19
A ₂	3,8-6,8	0,09-0,12	0,38-0,57	0,18-0,25	4,14	4,61	0,56	0,96
A ₃	9,0-16,0	0,12-0,23	0,54-0,88	0,30-0,38	4,81	5,71	2,73	3,53
A ₄	3,2-23,0	0,12-0,22	0,55-0,78	0,23-0,54	4,76	5,57	10,25	11,65
A ₅	3,2-10,0	0,10-0,16	0,42-0,62	0,17-0,35	1,62	2,43	0,31	0,72
A ₆	30	0,26	0,89	0,63	2,75	3,87	5,58	6,79

зон, в тому числі площі та об'єми обводнення в періоди 1989 і 2016 рр.

Із табл. 1 видно, що максимальне обводнення горизонтів спостерігається в 1989 р.: M₃ – 11,5 млн м³ та A₄ – 10,3 млн м³ води, а в 2016 р. об'єм обводнення виріс по гор. M₃ до 12,5 млн м³ води, а по гор. A₄ – до 11,65 млн м³. Мінімальне обводнення спостерігається в горизонтах M₅, A₁, A₂, A₅ – 0,32–0,96 млн м³ води. Хемогенні відклади взагалі не обводнюються в силу літологічної обмеженості та відсутності водонапірної системи. Якщо сумарний об'єм обводнення горизонтів у 1989 р. становив 40,6 млн м³ води, то станом на 2009 р. оцінюється у 80 млн м³, при цьому середній пластовий тиск знизився з 12,0 до 2,5 МПа. Станом на 2016 р. за зниження пластового тиску до 2,08 МПа об'єм обводнення загалом виріс до 90 млн м³ води, тобто на 10 млн м³.

Із рис. 2 видно, що обводнення в основному сконцентровано в центральній частині родовища по гор. А-4 та в південно-східній частині по гор. М-3.

Таблиця 2. Об'єми обводнення та середні пластові тиски Шебелинського ГКР по роках

Рік (t)	P _{пл} середнє, МПа	Q _{обв} , млн м ³
1964*	23,8	0
1989	12,0	40,6
2009	2,5	80,0
2016	2,08	90,0

* – 1964 р. прийнято як початок зрушення водонапірної системи в газові поклади.

З огляду на вищенаведене, результати обводнення Шебелинського ГКР можна узагальнити в табл. 2.

Було знайдено статистичні залежності об'ємів обводнення в часі ($Q_{обв}(t)$), а також залежність об'ємів обводнення від пластового тиску $Q_{обв}(P_{пл})$ [6].

Отримані рівняння мають вигляд:

$$Q_{обв}(t) = 1,758 \cdot t - 3454$$

Коеф. кореляції 0,998 (1)

$$Q_{обв}(P_{пл}) = -33,8 \cdot \ln(P_{пл}) + 114,4$$

Коеф. кореляції 0,967. (2)

На рис. 3 та рис. 4 показано графічне відображення рівнянь 1 і 2.

Із отриманих рівнянь 1 і 2 та графіків рис. 3 і 4 випливає, що залежності об'ємів обводнення від часу і від тиску ведуть себе неадекватно і вступають у протиріччя, оскільки на пізній стадії розробки Шебелинського родовища залежність $Q_{обв}$ від $P_{пл}$ показує практичну стабілізацію пластового тиску з відносно незначним, але різким ростом об'ємів обводнення за падіння пластового тиску з 2,5 МПа до 2,08 МПа за період з 2009 до 2016 р.

Із роботи [2] також слідує, що газонасичений об'єм пор Шебелинського ГКР становить 0,576·10⁹ м³, тоді як об'єм обводнення станом на 2016 р. становить 90.106 м³. Тобто об'єм обводнення на 3 порядки менший, ніж об'єм газонасичених пор, і не може серйозно впливати на режим розробки родовища.

Згідно з даними табл. 2 градієнт обводнення за роки з 1964 по 2009-й становив 1,77 млн м³/рік,

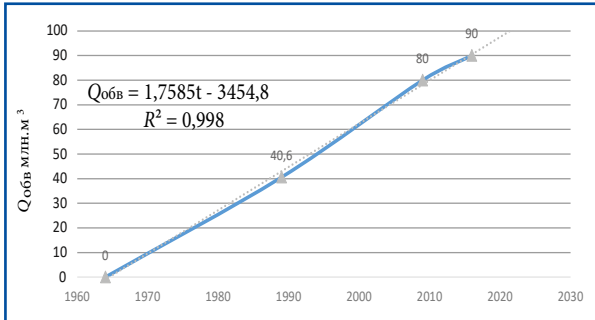


Рис. 3. Залежність об'ємів обводнення Шебелинського ГКР в часі

а з 2009 по 2016 р. – 1,43 млн м³/рік, тобто темпи обводнення Шебелинського ГКР із часом уповільнюються.

Водночас градієнт обводнення родовища до різниці пластових тисків за період з 1964 по 2009 р. становив 3,76 млн м³/МПа, а за період з 2009 по 2016 р. – 23,81 млн м³/МПа. Тобто за той же період у часі градієнт обводнення від тиску значно збільшився за рахунок підтримання пластового тиску.

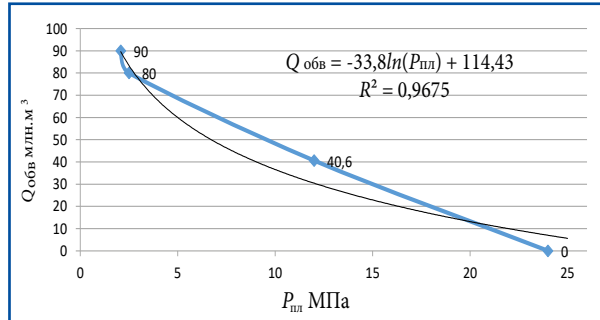


Рис. 4. Залежність об'ємів обводнення ШГКР від пластового тиску

Під час дослідження були враховані всі фактори, що можуть впливати на підтримання пластового тиску: обводнення, просідання поверхні, пружність гірських порід, пластової води та газу. Аналіз показав, що наведені фактори не можуть значною мірою підтримувати пластовий тиск [2]. Таким чином, вибіркове обводнення не є причиною підтримання пластового тиску і забезпечується пружністю локальних водонапірних систем окремих

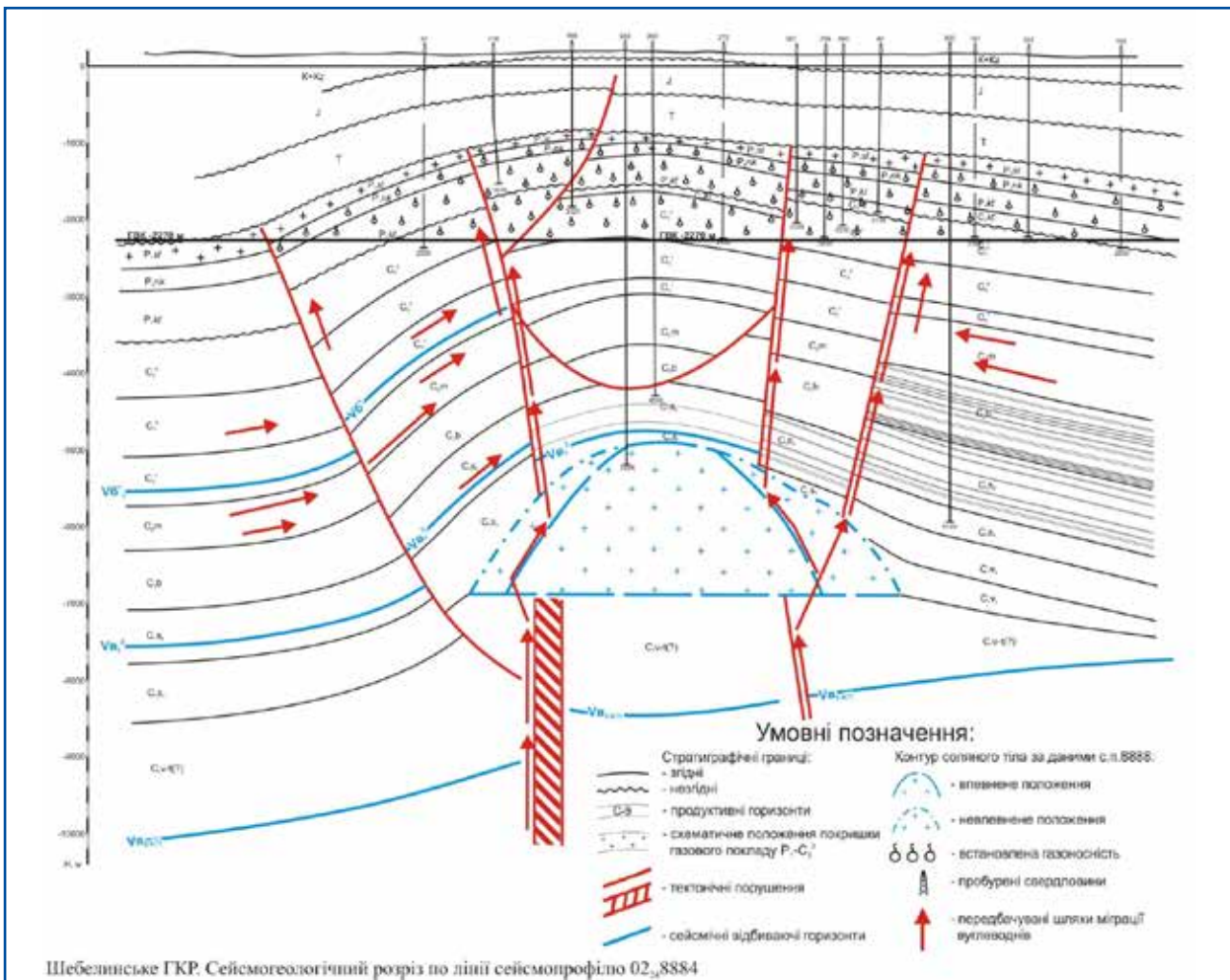


Рис. 5. Геологічний профіль ШГКР. Можливі шляхи перетоків газу. (Використані сейсмічні матеріали Придніпровської ГРЕ (Верповський М.М., Гладченко Ю.О., 1990 р.))

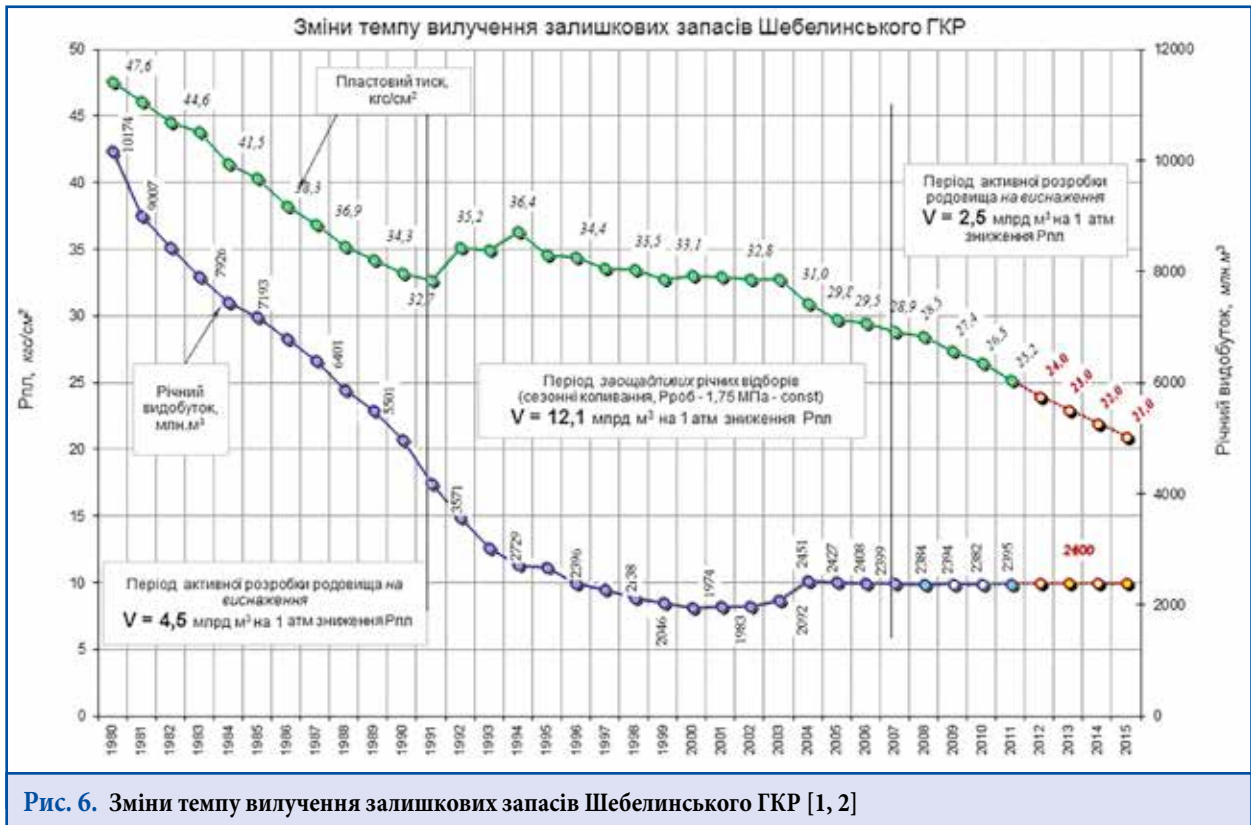


Рис. 6. Зміни темпу вилучення залишкових запасів Шебелинського ГКР [1, 2]

горизонтів, а родовище в основному працює у газовому режимі.

Виходячи із вищенаведеного, виникає питання природи цього явища, і можна припустити, що на Шебелинському ГКР є інший фактор підтримування пластового тиску; і таким фактором можуть бути перетоки газу з глибоких горизонтів.

У роботах Кривулі С.В., Терещенка В.О., Зарицького О.П., Волосника Е.О. відзначалася можливість наявності значних запасів газу на великих глибинах ДДЗ [1, 3–8].

Щодо Шебелинського ГКР, то найбільш вдало пояснюється як формування, так і можливість перетоків газу з глибоких горизонтів у поклади, що розробляються, в роботі [9], де обговорюється можливість «комбінованого» генезису вуглеводнів, коли родовища з органічним походженням вуглеводнів «підживлюються» глибинними флюїдами по зонах глибинних розломів як газопровідних каналах. Зв'язок формування нафтогазових покладів у тріасі й існування множинних глибинних диз'юнктивів на прикладі Шебелинської продуктивної площі підтверджується дослідженням Святенко Г.Є. [10].

Геологічний профіль Верповського М.М. та Гладченко Ю.О. (рис. 5) візуально показав, що міграція вуглеводнів можлива по тектонічних порушеннях [1].

Буріння 11 глибоких свердловин (до 5 тис. метрів) на Шебелинському ГКР показало наявність газоносних ущільнених колекторів, були навіть окремі викиди газу, що свідчить про загазованість відкладів карбону по всій глибині. Однак промислових покладів, як і надійних флюїдоупорів, виявлено не було.

З огляду на широку сітку диз'юнктивних дислокацій на Шебелинському родовищі (рис. 1), їх підтвердження глибоким бурінням (рис. 5), можна вважати, що тектонічні порушення можуть бути шляхами сучасної міграції вуглеводнів до покладів світи мідистих пісчаників та араукаризової світи, тим більше що пластовий тиск у них знизився до 2,5 МПа, а тиск на великих глибинах досягає 30–50 МПа, це і зумовило, за рахунок різниці тисків, можливість перетоків газу в поклади, що розробляються.

Баланс розподілу тиску газу з глибиною за рахунок розробки родовища було порушено, створилася гігантська міжпластова депресія, що і забезпечило посередництвом тектонічних порушень перетоки газу.

Отже, аналіз та прогноз видобутку газу за різними варіантами розробки компресорної і безкомпресорної експлуатації Шебелинського родовища з урахуванням підтримання пластового тиску та відновлення запасів за рахунок висхідних перетоків обрано за основну мету дослідження.

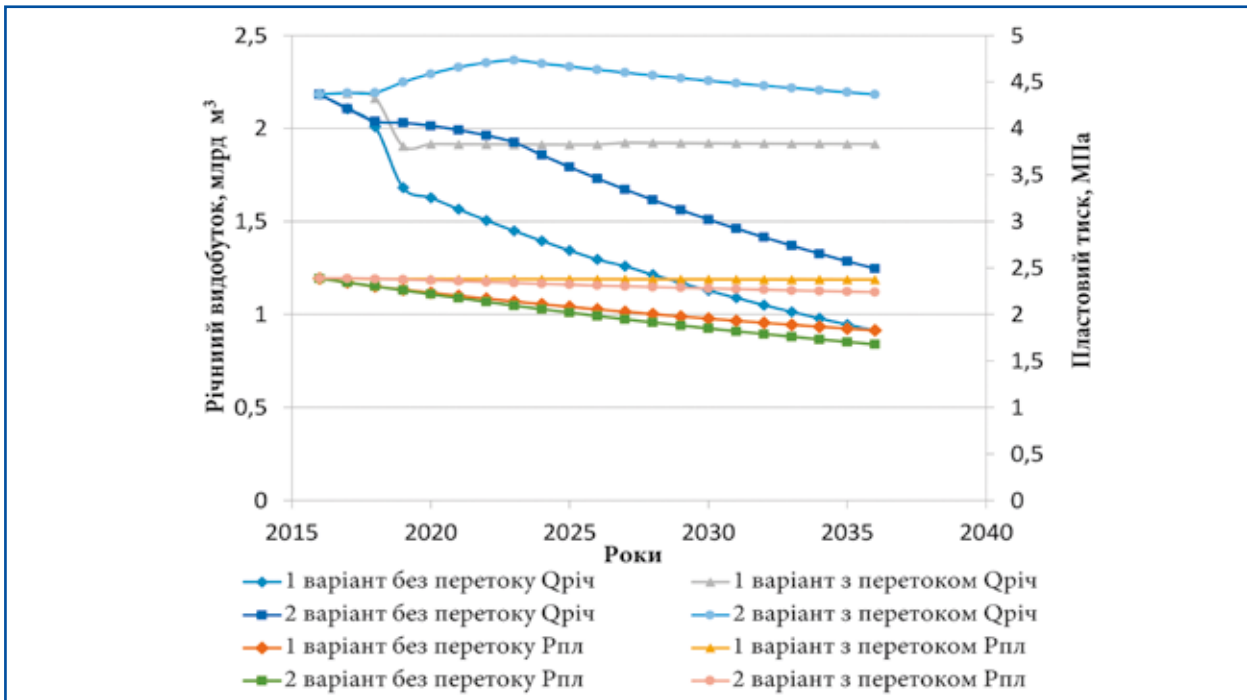


Рис. 7. Прогноз показників розробки Шебелинського ГКР за різними варіантами розробки

Результати дослідження перспектив розробки Шебелинського ГКР в умовах глибинних перетоків

Під час дослідження був проведений аналіз розробки родовища, в результаті якого можна припустити, що річний об'єм перетоку газу в поклад, що розробляється, із глибоких покладів становить у середньому 1,9 млрд м³.

На рис. 6 показано періоди розробки Шебелинського ГКР з 1980 по 2016 р. [1, 2]. Слід зауважити, що в період із 1999 по 2003 р. річні обсяги видобутку газу були знижені до 1800–1900 млн м³, при цьому пластовий тиск стабілізувався на рівні 33 МПа.

Але пізніше, в період з 2004 по 2016 р., як можна побачити на кривих рис. 6, річний видобуток газу знову збільшився до 2,4 млрд м³, при цьому продовжилася (відновилося) падіння пластового тиску.

Це дає підстави зробити припущення, що на Шебелинському ГКР спостерігається підтримання пластового тиску.

Згідно з діючим доповненням до проекту розробки заплановано ввести дотискувальну компресорну станцію, щоб знизити робочий тиск свердловин і таким чином інтенсифікувати видобуток газу починаючи з 2019 р.

Було проведено перерахунок річної продукції за варіантом 1 (розробка Шебелинського ГКР без нової ДКС) та варіантом 2 (з новою ДКС) з урахуванням очікуваного відновлення запасів газу (рис. 6) [6].

Із рис. 6 випливає, що за виконаним прогнозом варіанти 1 і 2 розробки родовища з урахуванням перетоків природного газу вигідно відрізняються від варіантів без урахування перетоків, що забезпечується стабілізацією пластового тиску і, відповідно, стабілізацією видобутку газу.

Висновки. Таким чином, перетоки газу з глибинних горизонтів підтримують пластовий тиск та забезпечують збільшення річного видобутку за будь-якого варіанту розробки, що дасть змогу продовжити термін розробки Шебелинського ГКР на десятиліття.

Встановлене виконаними дослідженнями явище відновлення запасів газу є перспективним для України і потребує подальших досліджень, оскільки:

1) У процесі розробки родовища депресія між основним резервуаром та глибинними пропластками газу буде тільки зростати (активізуватися), що може збільшити об'єм газових перетоків.

2) Перерахунок проектних показників розробки з урахуванням перетоку газу з глибоких горизонтів дасть змогу визначитися зі збільшенням енергоефективності родовищ та забезпечить зменшення ризиків інвестиційних надходжень у розвиток інфраструктури.

3) У разі введення нової ДКС на Шебелинському родовищі видобуток газу з урахуванням перетоків газу збережеться на рівні 2,2–2,4 млрд м³/рік у 2023–2040 рр.

4) У разі подальшої експлуатації Шебелинського родовища без введення нової компресорної станції за рахунок перетоків газу і підтримання пластового тиску річний видобуток газу на рівні не менше 1,9 млрд м³/рік збережеться 2040 р.

5) На часі є розроблення уточнених методів виявлення та вдосконалення експлуатації газоконденсатних родовищ Дніпровсько-Донецької западини з можливим відновленням запасів газу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кривуля С.В. Критерії дорозвідки великих родовищ вуглеводнів у нижнепермсько-верхньокам'яновугільних відкладах Дніпровсько-Донецької западини. Монографія. ТО Ексклюзив, Харків, 2014 р. УкрНДІгаз, НТУ «ХПІ». – С. 173.
2. Фесенко Ю.Л. Стан і перспективи розробки Шебелинського газоконденсатного родовища / Ю.Л. Фесенко, Є.О. Волосник, І.М. Фик // Нафтова і газова промисловість. – 2009. – № 5–6. – С. 24–28.
3. Фик І.М. К вопросу обводнения Шебелинского месторождения / И.М. Фик, В.С. Григор'єв, Д.Р. Сороченко // Нефтяная и газовая промышленность. – 1989. – № 4. – С. 26–29.
4. Кривуля С.В., Терещенко В.О. Особливості геологічної будови, нагорування запасів та розробка великих родовищ у відкладах Р1-С3 в ДДЗ на прикладі Шебелинського газоконденсатного родовища / С.В. Кривуля, В.О. Терещенко // Вісник ХНУ. – 2012. – № 1033. – С. 15–82.
5. Ментух І.О. Геологічні основи перспективи розробки Шебелинського родовища // Геологія нафти і газу: матеріали міжвузівської науково-практичної конференції студентів та аспірантів (м. Харків, 16–17 травня 2017 р.) / гол. оргкомітету В.А. Пересадько. – Х.: ХНУ ім. Каразіна, 2017. – 98 с.
6. Фик І.М. Стан обводнення Шебелинського газоконденсатного родовища // Актуальні питання наук про Землю: погляд молоді: матеріали II Наукової конференції студентів і аспірантів (м. Харків, 12–13 квітня 2018 р.) / Гол. Оргкомітету Пересадько В.А. – З.: Стиль-Издат, 2018. – С. 36–40.
7. Зарицкий А.П. Перспективы основной и глубинной зон нефтегазоаккумуляции Днепровско-Донецкой впадины / А.П. Зарицкий, С.В. Кривуля, А.В. Лизанец, Е.А. Волосник // Питання розвитку газової промисловості України: зб. наук. праць. Вип XXXIX. – Х.: УкрНДІгаз, 2011. – С. 11–17.
8. Фик І.М. Відновлення запасів на Шебелинському газоконденсатному родовищі // Геологія нафти і газу: матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції студентів та аспірантів (м. Харків, 19–20 квітня 2018 р.) / Гол. Ред. Колегії В.А. Пересадько. – Х.: ХНУ ім. Каразіна, 2018. – С. 27–31.
9. Орлюк М.И., Пашкевич И.К. Магнитная характеристика и разломная тектоника земной коры шебелинской группы газовых месторождений как составная часть комплексных поисковых критериев углеводородов / ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ. Издательство: Институт геофизики им. С.И. Субботина Национальной Академии Наук Украины (Киев). Т. 33, № 6, 2011, с. 136–151.
10. Святенко Г.Е. О поисках нефти и газа в мезозойских отложениях Днепровско-Донецкой впадины / Нефтегазовая геология. Теория и практика, Т. 11, № 4, 2016. https://doi.org/10.17353/2070-5379/39_2016, http://www.ngpr.ru/rub/4/39_2016.pdf.

70

РОКІВ

**26 ЛИСТОПАДА 2018 р. ВИПОВНИЛОСЯ 70 РОКІВ
ДОКТОРУ ТЕХНІЧНИХ НАУК, ПРОФЕСОРУ
ІЛЛІ МИХАЙЛОВИЧУ ФИКУ**



І.М. Фик – учений, винахідник, керівник та співавтор багатьох проєктів розробки газових, газоконденсатних та нафтогазоконденсатних родовищ України. Після закінчення ІФНТУНГ пройшов шлях від інженера до директора інституту «УкрНДІгаз». На початку ХХІ ст. став одним з організаторів та першим керівником Інституту транспорту газу, в 2009 р. створив нову кафедру в політехнічному університеті м. Харкова. Ілля Михайлович успішно продовжує свою трудову діяльність на ниві освіти та науки України – працює завідувачем кафедри видобування нафти, газу та конденсату НТУ «Харківський політехнічний інститут», видав низку монографій та підручників, передає вагомий досвід та знання студентам та аспірантам, консультує колег багатьох нафтогазових компаній.

Плідні результати професійної діяльності І.М. Фика відзначені низкою державних нагород та приватних грантів, він є членом ЦКР Мінернерговугілля, комісії з оцінки проєктів Міністерства освіти та науки, редакційної колегії журналу «Нафтогазова галузь України», академіком Української нафтогазової академії.

Бажаємо ювіляру доброго здоров'я та подальших творчих здобутків.

*Друзі, колеги по роботі,
редакція журналу «Нафтогазова галузь України»*